

69.5.72(528)  
С 44

# СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА- ДОРОЖНИКА

ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Под общей редакцией профессора **О. В. АНДРЕЕВА**

1988

Технический  
Институт  
«ОЖКОХОЗПРОЕКТ»



МОСКВА «ТРАНСПОРТ», 1977

Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Изд. 3-е, перераб. и доп. Под ред. О. В. Андреева. М., «Транспорт», 1977 559 с. Авт.: О. В. Андреев, В. Ф. Бабков, А. К. Бируля, Е. Н. Гарманов, Т. Н. Глаголева, М. А. Григорьев, В. П. Залуга, К. А. Казанский, М. С. Коганзон, С. В. Коновалов, Е. В. Крутецкий, Ю. С. Крылов, М. Л. Соколов, В. И. Федоров, В. А. Федотов, Г. И. Шейнис, Ю. М. Яковлев.

Справочник содержит данные о современных методах и нормах проектирования геометрических элементов дорог, земляного полотна, дорожных одежд и оборудования дорог, сведения об экономических и технических изысканиях дорог. Справочник не заменяет технических условий, строительных норм и ведомственных инструкций. Цель его издания — помочь инженерам и техникам в составлении проектов дорог на современном уровне с учетом перспектив развития методов проектирования трассы и элементов дорог.

Второе издание Справочника вышло в 1969 г.

Справочник предназначен для инженеров, занятых изысканиями, проектированием, эксплуатацией и строительством дорог, а также для студентов старших курсов автомобильно-дорожных институтов и факультетов.

Ил. 304, табл. 178.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной задачей десятой пятилетки является дальнейший подъем благосостояния советского народа на основе в первую очередь повышения эффективности использования ресурсов во всех сферах деятельности и повышения качества продукции. В связи с этим высокие требования предъявляются и к дорожному строительству, объем которого в десятой пятилетке значительно возрастет. Дороги должны обеспечивать безопасность и удобство при расчетных скоростях движения автомобилей. Увеличение сроков службы дорожных одежд, искусственных сооружений и земляного полотна должно быть достигнуто при высокой эффективности капиталовложений в строительство автомобильных дорог.

Обязательным условием является разработка и осуществление мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Выполнение этих требований должно быть предусмотрено еще на стадии изысканий и проектирования дорог. Этому должны способствовать как нормативные документы, так и методические и справочные пособия, которыми пользуются инженеры-дорожники.

Структура третьего издания Справочника инженера-дорожника (том «Изыскания и проектирование дорог») оставлена в основном, как и в предыдущем издании. Однако, учитывая большое значение определения эффективности дорожного строительства, этот вопрос выделен в самостоятельную главу. Также в самостоятельную главу выделены аэроизыскания автомобильных дорог, все шире используемые в проектных институтах. Несколько расширено и выделено в самостоятельную главу изложение вопросов проектирования мостовых переходов в связи с исключением этого раздела из тома Справочника «Проектирование мостов и труб».

Введена новая глава по инженерному оборудованию дорог, имеющему в ряде случаев решающее значение в повышении эксплуатационных качеств строящихся дорог.

В главу по организации проектирования автомобильных дорог включены данные о составе проектных работ, связанных с охраной окружающей среды, которые в настоящее время стали обязательными.

В связи с резким развитием использования ЭВМ в дорожном проектировании даны сведения о большом количестве программ, которыми могут располагать инженеры-проектировщики для расчетов, ранее выполнявшихся вручную. По наиболее сложным вопросам использования ЭВМ (проектирование продольного профиля дорог, расчет криволинейных трасс, проектирование транспортных развязок) приведены более подробные сведения, охватывающие принципы таких расчетов и проектирования.

Материалы, излагаемые в Справочнике, в известной мере обновлены по сравнению с предыдущим изданием. Это обусловлено прежде всего выходом в свет новых СНиП II-Д. 5-72, установлением новой стадийности проектирования автомобильных дорог, выходом в свет новой инструкции по расчету нежестких дорожных одежд (с переходом к расчету по упругой стадии работы одежды) и т. д.

Как известно, целый ряд инженерных расчетов может быть выполнен различными способами и приемами. Авторами отобраны для Справочника те приемы, которые, по их мнению, являются наиболее целесообразными и полными. Это не исключает возможности использования инженерами-дорожниками и других приемов расчетов и проектирования.

Третье издание Справочника подготовили: канд. техн. наук Т. Н. Глаголева — гл. I; канд. техн. наук Е. Н. Гарманов — гл. II; инж. Г. И. Шейнис — гл. III; инж. К. А. Казанский — гл. IV; д-р техн. наук В. И. Федоров — гл. V; инж. М. Л. Соколов — гл. VI и VII; канд. техн. наук Ю. С. Крылов — гл. VIII (кроме § VIII. 21 — VIII. 23), гл. X (кроме § X. 8), § XVI. 1; д-р техн. наук В. Ф. Бабков — гл. IX (кроме § IX. 8, IX. 9), гл. XI, гл. XII (§ XII. 8 — XII. 14); кандидаты техн. наук Ю. М. Яковлев, С. В. Коновалов, М. С. Коганзон — гл. XIII (совместно); проф. О. В. Андреев — гл. XIV, XV; канд. техн. наук В. П. Залуга — гл. XVI (кроме § XVI. 1); инж. М. А. Григорьев — § VIII. 22, IX. 8, IX. 9; инж. В. А. Федотов — § X. 8; доц. Е. В. Крутецкий — § VIII. 21, VIII. 23; д-р техн. наук А. К. Бируля — § XII. 1 — XII. 7.

## Глава I

### КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### § 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках в зависимости от их значения в общей транспортной сети СССР и от размеров расчетной интенсивности движения или расчетной годовой грузонапряженности в соответствии со СНиП II-Д. 5-72 подразделяются на пять категорий (табл. 1.1).

Категорию подъездных промышленных дорог, обслуживающих технологические перевозки, выполняемые автомобилями и автопоездами, различными по весовым параметрам и габаритам, в том числе и автомобилями особо большой грузоподъемности, допускается устанавливать как в соответствии с расчетной грузонапряженностью по табл. 1.1, так и с расчетной интенсивностью движения, приведенной к легковому автомобилю. При этом категорию дороги следует принимать при расчетной интенсивности движения, приведенной к легковому автомобилю, 2000 авт./сут и более — III-п, менее 2000 авт./сут — IV-п.

Значения коэффициентов приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю при назначении категории подъездных дорог промышленных предприятий, а также при расчете пропускной способности дорог даны в табл. 1.2.

Категорию дороги при наличии данных допускается назначать в соответствии с наибольшей перспективной часовой интенсивностью движения. При этом категорию дороги следует принимать при наибольшей перспективной часовой интенсивности движения в обоих направлениях:

Более 1200 авт./ч . . . . .	I категория
От 1200 до 800 » . . . . .	II »
» 800 » 400 » . . . . .	III »
250 авт./ч и более . . . . .	III-п »

Расчетную суточную или перспективную наибольшую часовую интенсивность движения, а также расчетную грузонапряженность дороги принимают суммарно в обоих направлениях на основе данных экономических обследований, обработки данных непосредственного учета движения или других данных (см. гл. III). При этом за расчетную принимают среднегодовую суточную интенсивность движения на последний год перспективного периода.

Перспективный период для дорог общей сети при назначении их категории, проектировании элементов плана, продольного и поперечного профилей принимают равным 20 годам, а для дорог, обслуживающих технологические перевозки промышленных предприятий, — из расчета полной их мощности. Перспективный период при проектировании дорожных одежд принимают с учетом средних сроков службы их до капитального ремонта: для дорог с усовершенствованными

Таблица 1.1

## Классификация автомобильных дорог

Общее народнохозяйственное значение автомобильных дорог и характер перевозок	Расчетная интенсивность движения, авт./сут	Расчетная грузонапряженность, млн. т/год	Категория дороги
Автомобильные дороги общегосударственного значения, основные магистральные дороги республиканского значения, подъезды от крупных городов к аэропортам, речным и морским портам	Более 7000	—	I
	Более 3000 до 7000	—	II
Дороги общегосударственного и республиканского значения (кроме отнесенных к I и II категориям), основные дороги областного значения или районного (при отсутствии областного деления), подъезды к населенным пунктам, железнодорожным узлам, речным и морским портам, местам массового отдыха населения, подъездные дороги предприятий, в том числе дороги, соединяющие отдельные предприятия или группы предприятий между собой, с сырьевыми разработками, железнодорожными станциями, речными и морскими портами, основные межпромысловые дороги	Более 1000 до 3000	—	III
	—	1,0 и более	III-п
Подъездные дороги промышленных предприятий, обслуживающие технологические перевозки, выполняемые автомобилями особо большой грузоподъемности и больших размеров (когда эти автомобили являются расчетными)	—	Менее 1,0	IV-п
	От 200 до 1000	—	IV
Автомобильные дороги областного или районного значения (кроме отнесенных к III категории), дороги местного значения, подъездные дороги общей сети, промышленных предприятий, строительных объектов, совхозов, колхозов	Менее 200	—	V

Примечания. 1. На дорогах I-V категорий (кроме дорог категорий III-п и IV-п) перевозки пассажиров и грузов осуществляются автомобилями и автопоездами, соответствующими требованиям ГОСТ 9314-59.

2. Расчетная интенсивность движения, если это специально не оговаривается, дается в физических транспортных единицах.

3. При проектировании автомобильных дорог преимущественно для пассажирских перевозок, на которых легковые автомобили будут составлять 70% и более от общего транспортного потока, значения расчетной интенсивности движения, приведенные в таблице, следует увеличивать в 1,3 раза.

ми капитальными покрытиями — 15—20 лет, с усовершенствованными облегченными — 10 лет, с переходными покрытиями — 6—8 лет. За начальный год расчетного перспективного периода принимают год завершения разработки проекта дороги (или самостоятельного участка дороги).

Показатели расчетной интенсивности движения для назначения категории дороги в случаях, когда среднемесячная суточная интенсивность наиболее напряженного в году месяца более чем в 2 раза превышает расчетную (среднегодную суточную), следует увеличивать в 1,5 раза по отношению к показателям, установленным на основе экономических обследований или расчетов.

## Коэффициенты приведения

Автомобили	Коэффициент приведения	Автомобили	Коэффициент приведения
Легковые	1,0	Автопоезда грузоподъемностью, т:	
Мотоциклы и мопеды	0,5	до 6	3,0
Грузовые грузоподъемностью, т:		> 6	3,5
	до 2	> 12	4,0
	> 5	> 20	5,0
	> 8	> 30	6,0
	> 14	свыше 30	
свыше 14	4,5		

Примечания. 1. При промежуточных значениях грузоподъемности транспортных средств коэффициенты приведения следует определять интерполяцией.

2. Значения коэффициентов для автобусов и специальных автомобилей следует принимать равными значениям коэффициентов для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности.

3. Значения коэффициентов, указанные для грузовых автомобилей и автопоездов, следует увеличивать в 1,4 раза в пересеченной местности и в 2 раза в горной местности.

В случаях когда по разным признакам (общему народнохозяйственному значению, расчетной интенсивности движения или расчетной грузонапряженности, расчетной интенсивности движения, приведенной к легковому автомобилю, и наибольшей перспективной часовой интенсивности движения) дороге можно отнести к различным категориям, в проектах следует принимать высшую категорию из полученных по разным признакам.

Направление вновь строящихся автомобильных дорог принимают с учетом генеральной схемы развития сети автомобильных дорог СССР.

При проектировании дорог в засушливых степных и полупустынных районах предусматривают их увязку с ирригационными и другими работами, осуществляемыми по планам преобразования природы в районе строительства дорог. В необходимых случаях при строительстве дорог создают пруды и водоемы с соответствующим озеленением. Дополнительные расходы на пруды и водоемы предусматривают в проектах дорог за счет долевого участия заинтересованных организаций.

Автомобильные дороги I—III категорий, а также дороги, обслуживающие технологические перевозки промышленных предприятий, независимо от их категории следует, как правило, прокладывать в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. Расстояние от бровки земельного полотна дорог I—III категорий до линии застройки населенных пунктов принимают в соответствии с их генеральными планами, но не менее 200 м.

В отдельных случаях, когда по технико-экономическим расчетам установлена целесообразность продолжения через населенные пункты дорог I—III категорий, для них необходимо выбирать улицы, наименее загруженные местным движением, а также не имеющие большого развития подземных коммуникаций. Для крупных городов разрабатывают варианты расположения дорог как в одном, так и в разных уровнях с сооружением тоннелей или эстакад.

Конструкции дорожных одежд, число полос проезжей части многополосных дорог, выбор решений по пересечениям и примыканиям дорог, состав комплексов зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы, элементы обстановки, инженерные устройства (в том числе велосипедные дорожки, освещение и средства связи) на дорогах принимают с учетом очередности их строительства по мере роста интенсивности движения. При проектировании автомобильных дорог, обслуживающих технологические перевозки промышленных предприятий, в том числе дорог III-п и IV-п категорий, вопросы очередности

строительства увязывают с генеральными планами соответствующих предприятий.

Отвод земельных участков для размещения автомобильных дорог, водосточных, защитных (включая полосы снегозащитного озеленения) и других сооружений, зданий дорожной и автотранспортной служб, полосы для размещения идущих вдоль дорог коммуникаций осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами по отводу земель для строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений. Земельные участки, отводимые на период строительства автомобильных дорог под притрассовые карьеры и резервы, размещение временных городков строителей, временных производственных баз, временных подъездных дорог и других нужд строительства, подлежат возврату тем землепользователям, у которых эти участки были изъяты, после приведения их в состояние, соответствующее «Основным положениям по восстановлению земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведению геологоразведочных, строительных и иных работ».

## § 1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ И ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основным общесоюзным нормативным документом на проектирование дорог являются Строительные нормы и правила, часть II, раздел Д, глава 5 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (СНиП II-Д. 5-72). Данные нормы и правила распространяются на проектирование вновь строящихся или реконструируемых автомобильных дорог общей сети, подъездных и внутренних дорог промышленных и сельскохозяйственных предприятий. При проектировании автомобильных дорог в пределах населенных мест необходимо дополнительно учитывать требования соответствующих Строительных норм и правил (см. § VI. 3). Во всех случаях необходимо осуществлять решения, обеспечивающие лучшие транспортно-эксплуатационные качества дороги, если это не приводит к существенному удорожанию строительства.

Основные технические решения по элементам плана, продольного и поперечного профилей, типам пересечений, конструкциям дорожных одежд и земляного полотна должны обосновываться разработкой вариантов со сравнением технико-экономических показателей: стоимости строительства, затрат на ремонт и содержание дорог, себестоимости перевозок, учитывающих степень безопасности движения и изменение производственных условий прилегающих хозяйств и территорий. При этом необходимо учитывать разницу в стоимости и продуктивности занимаемых земель, а при изменении положения дорог также затраты на приведение земель, ранее занимаемых ими, в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве. В Строительных нормах и правилах даются рекомендуемые и минимальные параметры геометрических элементов дорог. В случае необходимости изменения минимальных норм целесообразность должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

Проекты автомобильных дорог и сооружений на них (кроме дорог V категории и дорог местного значения IV категории) должны содержать мероприятия по обеспечению безопасности и организации движения и согласовываться с органами Госавтоинспекции МВД СССР, а также с дорожно-эксплуатационными органами, в ведение которых будут переданы эти дороги после окончания строительства. Оценка проектных решений следует производить по скорости движения (на основе показателей наибольших технических скоростей), по безопасности движения (по методу коэффициентов относительной безопасности) и по показателям пропускной способности. В проектах дорог должны быть разработаны схемы расстановки дорожных знаков и указателей с обозначением мест и способов их установки в соответствии с ГОСТ 10807—71, а для дорог I—III категории — рекомендации по разметке проезжей части в соответствии с ГОСТ 13508—74. В необходимых случаях следует предусмотреть электрическое освещение и связь.

Фактором, определяющим параметры геометрических элементов автомобильных дорог, является расчетная скорость движения одиночных автомобилей при

Таблица 1.3

Расчетные скорости движения

Категория дороги	Основные скорости, км/ч		Допускаемые скорости, км/ч, на трудных участках			
	для расчета элементов плана и продольного профиля	принятые при расчете поперечного профиля и других, зависящих от скорости	пересеченной местности		горной местности	
			для расчета элементов плана и продольного профиля	принятые при расчете элементов поперечного профиля и других, зависящих от скорости	для расчета элементов плана и продольного профиля	принятые при расчете элементов поперечного профиля и других, зависящих от скорости
I	150	120	120	100	80	80
II	120	100	100	90	60	60
III	100	90	80	80	50	50
IV	80	80	60	60	40	40
V	60	60	40	40	30	30

Примечания. 1. Для расчета элементов плана и продольного профиля в таблице приведены наибольшие возможные скорости движения одиночных автомобилей исходя из безопасности движения при нормальных условиях сцепления колес автомобиля с покрытием проезжей части (сухая или увлажненная чистая поверхность покрытия).

2. К трудным участкам пересеченной местности отнесен рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами с разницей отметок долин и водоразделов более 50 и на расстоянии не более 0,5 км, с боковыми глубокими балками и оврагами, в отдельных случаях с неустойчивыми склонами. К трудным участкам горной местности отнесены участки перевалов через горные хребты и участки горных ущелий со сложными, сильно изрезанными или недостаточно устойчивыми склонами.

3. Для автомобильных дорог, проектируемых на подходах к городам, при наличии вдоль трасс дорог канитальных дорожных сооружений и лесных массивов, а также в случаях пересечения дорогами территорий, занятых особо ценными сельскохозяйственными техническими культурами и садами, при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается принимать значения расчетных скоростей, установленные для трудных участков пересеченной местности.

нормальных условиях сцепления колес с покрытием проезжей части (сухая или сравнительно чистая увлажненная поверхность покрытия) на дорогах различных категорий (табл. 1.3). Скорости, установленные в табл. 1.3 для трудных участков пересеченной и горной местности, допускается принимать только при соответствующем обосновании с учетом местных условий для каждого конкретного участка проектируемой дороги.

Расчетные скорости при проектировании дорог III-й и IV-й категории для пропуска в основном грузовых автомобилей (90% и более общей интенсивности движения) преимущественно большой и особо большой грузоподъемности, а также для патрульных и служебных дорог при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается уменьшать против соответствующих значений, приведенных в табл. 1.3, но не более чем на 30%.

Нормативную подвижную нагрузку для расчета прочности дорожных одежд и инженерных устройств, а также проверки устойчивости земляного полотна принимают: по ГОСТ 9314—59 для дорог I—II категории исходя из условия пропуска автомобилей и автопоездов с весовыми параметрами автомобилей группы А; по ГОСТ 9314—59 для дорог IV и V категории из условия пропуска автомобилей и автопоездов группы Б; на основе данных технико-экономических расчетов для дорог III-й и IV-й категории из условия пропуска принятых расчетных типов автомобилей и автопоездов.

Прочность дорожных одежд на указание нагрузки рассчитывают: нежесткого типа согласно Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа (ВСН 46-72); жесткого типа — согласно общим методам конструирования и расчета бетонных и железобетонных плит на упругом основании.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### § II.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Научно-методической основой определения экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог является «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений», утвержденная Госпланом СССР, Госстроем СССР и АН СССР 8 сентября 1969 г.

Конкретные технико-экономические особенности автомобильного транспорта и дорожного хозяйства, методы их учета при обосновании необходимости строительства и реконструкции автомобильных дорог и титульных мостовых переходов при сравнении вариантов проектных решений изложены в отраслевых Указаниях<sup>1</sup>.

Различают два метода определения экономической эффективности: метод общей (абсолютной) эффективности; метод сравнительной (относительной) эффективности.

Общая экономическая эффективность капитальных вложений в автомобильные дороги определяется по дорожному хозяйству республик, административных областей и районов путем сопоставления величины капитальных вложений в дорожное хозяйство за определенный период с величиной прироста годовой прибыли на автомобильном транспорте и в нетранспортных отраслях за этот же период вследствие улучшения дорожных условий в результате осуществляемых капитальных вложений в дороги. Показатели общей (абсолютной) эффективности капитальных вложений в автомобильные дороги используются главным образом для целей экономического анализа в отраслевом разрезе.

Сравнительная эффективность характеризует, насколько один вариант капитальных вложений эффективнее другого.

Решение вопросов о целесообразности осуществления тех или иных транспортных связей выходит за рамки технико-экономических обоснований дорожного строительства и осуществляется в процессе народнохозяйственного планирования при разработке схем размещения производительных сил, развития специализации и кооперирования в отраслях народного хозяйства. В задачу транспортников входит выполнение главным образом оптимизационных расчетов, связанных с выявлением оптимальных вариантов осуществления перевозок, их распределением по видам транспорта, типам дорог, с назначением оптимальных типов и конструкций транспортных сооружений. На автомобильных дорогах экономическая эффективность проектируемых объектов или мероприятий определяется в сопоставлении с условиями (вариантом), когда эти объекты или мероприятия не реализуются, и выполнение необходимых перевозок обеспечивается другими способами, в частности имеющейся в настоящее время транспортной сетью.

Поэтому основным методом определения эффективности капитальных вложений в автомобильные дороги является метод сравнительной эффективности. Кроме того, метод сравнительной эффективности используется при сравнении проектных вариантов для экономического обоснования наиболее рациональных решений.

<sup>1</sup> Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог. ВСН 21-75. Минавтодор РСФСР. М., «Транспорт», 1976. 63 с.

### § II.2. РАСЧЕТ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ВАРИАНТОВ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Наиболее эффективные проектные решения выявляют путем сравнения вариантов по показателям, конкретный состав которых зависит от характера решаемой задачи. Основными показателями являются единовременные и текущие затраты.

При сравнении вариантов с многоэтапными единовременными затратами, осуществляемыми несколько раз за срок сравнения вариантов, в случае различной продолжительности строительства, различного распределения капитальных вложений по периодам строительства, а также в случае возможности строительства очередями без ущерба для выполнения заданных объемов производства и т. д. все единовременные затраты должны быть приведены к одному моменту (к году приведения затрат) с помощью коэффициентов приведения, учитывающих экономическую неравноценность разновременных затрат и рассчитываемых по формулам:

для затрат последующих лет за годом приведения

$$r_t = \frac{1}{(1 + E_{нп})^t}; \quad (II.1)$$

для затрат, осуществляемых в годы, предшествующие году приведения

$$r'_t = (1 + E_{нп})^t, \quad (II.2)$$

где  $E_{нп}$  — нормативный коэффициент для приведения разновременных затрат, равный 0,08;  $t$  — период времени в годах от года, когда осуществляются затраты, до года приведения.

В наиболее общих случаях сравнения вариантов проектных решений эффективность характеризуется суммарными приведенными затратами, рассчитываемыми по формуле

$$P_{пр} = \frac{E_{нп}}{E_{нп}} K_{пр} + \sum_{t=1}^{t_0} \frac{C_t}{(1 + E_{нп})^t}, \quad (II.3)$$

где  $K_{пр}$  — приведенная к одному моменту величина единовременных затрат;  $C_t$  — текущие затраты в год  $t$ ;  $E_{нп}$  — нормативный коэффициент эффективности для сравнения вариантов, равный 0,12;  $t_0$  — срок сравнения вариантов.

Год приведения как единовременных, так и текущих затрат должен быть один и тот же для всех вариантов. Срок сравнения вариантов принимается для всех вариантов одинаковым и равным сроку службы наиболее долговечного варианта (но не более чем 35 лет). При этом по менее долговечным вариантам должны быть учтены затраты на их усиление, замену или переустройство в течение срока службы наиболее долговечного варианта, обеспечивающие срок их функционирования, одинаковый с наиболее долговечным вариантом.

Затраты, одинаковые по всем сравниваемым вариантам, могут не учитываться. Все сравниваемые варианты должны иметь общие границы, т. е. обслуживать одни и те же транспортные связи. Объемы перевозок грузов (в тоннах) и количество пассажиров по вариантам должны быть одинаковыми. При неравенстве объемов перевозок необходимо учесть мероприятия и затраты, обеспечивающие выполнение дополнительных перевозок, не охваченных вариантами с меньшими объемами.

Наилучшим признается вариант, обеспечивающий минимум суммарных приведенных затрат.

В частных случаях при сравнении вариантов проектных решений с одноэтапными (однократными) единовременными затратами и неизменными во

Расчетный год эксплуатации

Коэффициент ежегодного прироста	Расчетный год	Коэффициент ежегодного прироста	Расчетный год	Коэффициент ежегодного прироста	Расчетный год
1,01	4	1,05	11	1,09	14
1,02	8	1,06	12	1,10	14
1,03	10	1,07	13	1,11	15
1,04	11	1,08	13	1,12	15

времени текущими затратами сравнительная эффективность характеризуется приведенными затратами, рассчитываемыми по формуле

$$P_{пр} = K + \frac{C}{E_n} \quad (II.4)$$

где  $K$  — единовременные затраты;  $C$  — годовые текущие затраты.

Если единовременные затраты являются одноэтапными, а текущие затраты растут по всем вариантам по одному закону (линейному или по сложным процентам) в течение всего срока сравнения вариантов, то эффективность также может определяться по формуле (II. 4). В этом случае величина годовых текущих затрат принимается по объему производства (перевозок) расчетного года эксплуатации объекта (табл. II. 1).

При возрастании величины ежегодных текущих затрат в арифметической прогрессии расчетным годом является двенадцатый год эксплуатации.

### § 11.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЕДИНОВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ

В состав единовременных затрат входят: капитальные вложения в дорожный объект, осуществляемые в период строительства  $K_0$ ;

капитальные вложения, необходимые для осуществления в плановом порядке в процессе эксплуатации объекта работ по его реконструкции, расширению, усилению или техническому перевооружению  $K_{рек}$ ;

затраты на капитальные ремонты объекта  $K_{кр}$ ;

капитальные вложения в автомобильный транспорт, соответствующие началу эксплуатации объекта  $K_0^{(a)}$ ;

дополнительные ежегодные капитальные вложения в автомобильный транспорт, соответствующие ежегодному увеличению объема перевозок  $\Delta K_t^{(a)}$ ;

капитальные вложения в железнодорожный и водный транспорт, соответствующие приходящемуся на эти виды транспорта объему перевозок в границах сравниваемых вариантов  $K_t^{(ж.д)}$   $K_t^{(в.т)}$ ;

величина потерь народного хозяйства от изъятия сельскохозяйственных угодий для размещения на них проектируемого объекта  $K_0^{(3)}$ ;

стоимость оборотных фондов народного хозяйства, соответствующая массе грузов круглогодичного производства и потребления, постоянно находящихся в транспортном процессе  $K_0^{(гр)}$ .

Если строительство или реконструкция автомобильной дороги приводит к ликвидации действующих основных фондов, например при выключении из эксплуатации отдельных участков существующих дорог, или если их дальнейшее использование неизвестно, остаточная стоимость этих фондов (за вычетом

суммы реализации) добавляется к соответствующим капитальным вложениям. Остаточная стоимость определяется как разность между восстановительной стоимостью и суммой начисленного износа. Общая величина приведенных единовременных затрат по вариантам определяется выражением:

$$K_{пр} = K_0 + \frac{K_{рек}}{(1 + E_{ин})^{t_{рек}}} + \sum_1^n \frac{K_{кр}}{(1 + E_{ин})^{t_{кр}}} + K_0^{(a)} + \sum_1^{t_c} \frac{\Delta K_t^{(a)}}{(1 + E_{ин})^t} + K_0^{(ж.д)} + \sum_1^{t_c} \frac{\Delta K_t^{(ж.д)}}{(1 + E_{ин})^t} + K_0^{(в.т)} + \sum_1^{t_c} \frac{\Delta K_t^{(в.т)}}{(1 + E_{ин})^t} + K_0^{(3)} + K_0^{(гр)} + \sum_1^{t_c} \frac{\Delta K_t^{(гр)}}{(1 + E_{ин})^t} \quad (II.5)$$

где  $t_c$  — срок сравнения вариантов;  $t_{рек}$  — год реконструкции;  $t_{кр}$  — год осуществления капитального ремонта;  $n$  — количество капитальных ремонтов за срок сравнения вариантов.

Сроки осуществления единовременных затрат и их величины по каждому слагаемому устанавливаются на основе прогнозирования условий эксплуатации объекта в течение срока сравнения вариантов. Показатели единовременных затрат по капитальным вложениям в объект  $K_0$  и по стоимости его капитального ремонта  $K_{кр}$  определяются на основе сметных расчетов по единичным расценкам или по укрупненным показателям стоимости.

Таблица II.2

### Удельные капитальные вложения в предприятия автомобильного транспорта

Предприятия	Удельные капитальные вложения на один среднесписочный автомобиль, тыс. руб.			
	грузовой	автобус	легковой ведомственный	легковая такси
Гаражи	5,66	13,71	5,81	4,02
Базы и станции централизованного технического обслуживания	1,92	2,58	1,29	3,84
Предприятия по капитальному ремонту автомобилей и агрегатов	0,07	0,28	0,02	0,02
Итого по всем видам предприятий	7,65	16,57	8,11	7,88

Примечания. 1. Нормативы по гаражам приведены: для грузовых автомобилей на 300 машин при открытой стоянке, для автобусов на 100 машин при закрытой стоянке, для легковых ведомственных на 300 машин, для такси на 800 машин при закрытой стоянке.

2. Нормативы по базам и станциям технического обслуживания установлены для станций на пять постов на условия выполнения на них ТО-2 в расчете: на один грузовой автомобиль 4 раза в год; на автобус 6 раз в год, на легковой автомобиль 3 раза в год, на такси 8 раз в год. Принято при этом, что работы ТО-1 выполняются в гаражах.

3. Нормативы по предприятиям капитального ремонта приведены для расширения и реконструкции действующих предприятий.

Таблица II.3

Нормы времени простоя грузовых автомобилей (автопоездов) в пунктах погрузки и разгрузки за один рейс (извлеченные из Прейскуранта № 13-01-01)

Грузоподъемность автомобилей (автопоездов)	Норма времени простоя, мин					
	под погрузкой		под разгрузкой		всего	
	а	б	а	б	а	б
До 1,5 т включительно	19	9	13	9	32	18
От 1,5 до 2,5 т включительно	20	10	15	10	35	20
Свыше 2,5 т до 4 т »	24	12	18	12	42	24
» 4 » » 7 » »	29	15	22	15	51	30
» 7 » » 10 » »	37	20	28	20	65	40
» 10 » » 15 » »	45	25	34	25	79	50
» 15 » »	52	30	40	30	92	60

Примечания. 1. Нормы простоя приведены для немеханизированного (графа а) способа выполнения погрузо-разгрузочных работ и механизированного (графа б).  
2. Нормы времени устанавливаются на всю возможную для данного груза грузоподъемность автомобиля (автопоезда).

Средняя техническая скорость автомобилей

Категория дороги	Дорожное покрытие	Равнинный рельеф	Пересеченный рельеф									Горный рельеф
			Средняя техническая скорость автомобилей, км/ч									
			грузо-вых	авто-бусов	легко-вых	грузо-вых	авто-бусов	легко-вых	грузо-вых	авто-бусов	легко-вых	
I	Усовершенствованное капитальное	капи-	65	70	100	60	65	90	50	55	80	
II	Усовершенствованное капитальное и облегченное	капи-	55	60	80	50	55	75	40	45	60	
III	Усовершенствованное капитальное	капи-	50	55	70	40	50	60	35	35	50	
III	Усовершенствованное облегченное	облег-	45	50	60	35	45	55	30	30	45	
III	Твердое переходного типа	облег-	35	40	50	30	35	45	25	25	40	
IV	Усовершенствованное облегченное	облег-	35	40	45	30	35	40	25	25	35	
IV	Твердое переходного типа	облег-	30	35	40	25	30	35	20	20	30	
IV	Нижшего типа	облег-	25	30	35	22	25	30	17	17	25	
V	Усовершенствованное облегченное	облег-	30	30	40	25	25	35	20	20	30	
V	Твердое переходного типа	облег-	25	25	35	22	22	30	17	17	25	
V	Нижшего типа	облег-	20	20	30	18	18	25	14	14	20	
—	Построенные грунтовые дороги в хорошем состоянии	до-	15-20	15-20	25-30	13-18	13-18	20-25	10-14	10-14	15-20	
—	Естественные грунтовые дороги в неудовлетворительном состоянии	до-	10-15	—	—	8-13	—	—	7-10	—	—	

Примечание. При движении автомобилей по покрытиям, находящимся в предельно допустимом по изношенности состоянии, расчетную норму скорости следует принимать на одну ступень ниже.

Таблица II.5

Удельные капитальные вложения и расходные ставки на перевозку грузов железнодорожным транспортом (данные ИКТП Госплана СССР)

Вид и назначение затрат	Удельные капитальные вложения и расходные ставки, коп.		
	на 10 ткм	на 10 т	на 1 км длины линии
<b>Капитальные вложения</b>			
В локомотивный парк при массе поезда:			
400 т	86,36	—	—
1200 »	29,37	—	—
5000 »	15,83	—	—
В вагонный парк	17,00	—	—
В постоянные устройства при объеме перевозок до 2 млн. т в год	—	—	75,5 тыс. руб.
<b>Эксплуатационные расходы</b>			
На перемещение поездов при массе поезда:			
400 т	8,22	—	—
1200 »	3,58	—	—
5000 »	2,23	—	—
На содержание подвижного состава при первоначальных операциях	—	137,3	—
На содержание постоянных устройств локомотивно-ремонтного хозяйства, станций и внутренних путей при объеме перевозок до 2 млн. т в год	—	85,6	—
На содержание постоянных устройств пути при объеме перевозок до 2 млн. т в год	0,60	—	6,25 тыс. руб.

Примечания. 1. Показатели, приведенные на 1 км длины линии, выражают затраты, не зависящие от размеров движения.  
2. Показатели даны для однопутных линий с тепловозной тягой на современный период и ближайшую перспективу при 100%-ном использовании грузоподъемности вагонов, при рельефе местности I категории.

Величину капитальных вложений в автомобильный транспорт, необходимый для выполнения установленного на какой-либо год объема перевозок с учетом всей совокупности дорожных условий в районе тяготения дороги, в границах сравниваемых вариантов, определяют по формуле:

$$K_i^{(a)} = \frac{A}{T_a} \left( \frac{t_{пр} Q_i}{q_c \beta_i} + \sum \frac{P_i^{(j)}}{q_c \beta_i} + t_{п} \right), \quad (II.6)$$

где A — удельные капитальные вложения в подвижной состав с учетом капитальных вложений в автотранспортные предприятия на один списочный автомобиль (табл. II. 2); T<sub>a</sub> — продолжительность работы одного списочного автомобиля в течение года, ч; t<sub>пр</sub> — средняя продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за один рейс, ч (табл. II. 3); Q<sub>i</sub> — общий объем перевозок грузов автомобилями по всей совокупности транспортных связей в границах сравниваемых вариантов в год i, т; t<sub>п</sub> — суммарные потери времени автомобилями за год, связанные с простоем на пересечениях дорог в одном уровне, на несовершенных мостовых переходах и паромных переправах и т. д.



Таблица II.6

Расходные ставки эксплуатационных затрат и капитальных вложений на перевозку грузов водным транспортом в сухогрузных и наливных самоходных судах (данные Министерства речного флота РСФСР)

Тип судна и грузоподъемность, т	Осадка, м	Содержание расходной ставки	Расходные ставки по операциям, кол.	Расходные ставки по операциям, кол.					Эксплуатационная скорость, км/сут
				Движение на 10 ткм	Начально-конечная на 10 т		Погрузка-выгрузка на 10 т	Шлизование на 10 т	
					Полные расходы	Дополнительные перевозки			
СС-4400	3,5	Эксплуатационные траты	за-	0,57	111,0	91,0	79,3	12,6	430
		Капиталовложения		7,60	700,0	640,0	1360,0	190,0	
СС-2000	3,3	Эксплуатационные траты	за-	0,60	197,0	147,0	36,1	13,3	430
		Капиталовложения		6,20	810,0	680,0	370,0	160,0	
СС-1500	2,2	Эксплуатационные траты	за-	0,66	155,0	115,0	23,9	11,2	335
		Капиталовложения		4,50	610,0	500,0	200,0	84,0	
СР-1000	1,4	Эксплуатационные траты	за-	0,80	188,0	138,0	17,6	12,5	290
		Капиталовложения		5,70	750,0	600,0	160,0	100,0	
СО-600	1,55	Эксплуатационные траты	за-	1,11	280,0	207,0	15,6	18,3	315
		Капиталовложения		6,30	1050,0	810,0	110,0	120,0	
СР-340	1,25	Эксплуатационные траты	за-	1,77	423,0	353,0	14,6	30,1	330
		Капиталовложения		9,80	1750,0	1350,0	110,0	200,0	
СР-150	1,0	Эксплуатационные траты	за-	3,35	854,0	614,0	11,4	49,8	275
		Капиталовложения		13,0	2750,0	2000,0	52,0	215,0	
Танкер НР-150	0,90	Эксплуатационные траты	за-	4,51	844,0	624,0	15,5	66,0	275
		Капиталовложения		21,0	3030,0	2330,0	82,0	34,0	

маш-ч;  $P_i^{(1)}$  — грузооборот автомобильного транспорта в границах сравниваемых вариантов, соответствующий одному характерному типу дорог в рассматриваемом районе в год  $i$ , ткм;  $i$  — количество типов дорог в районе в границах сравниваемых вариантов;  $v$  — техническая скорость грузовых автомобилей по дорогам соответствующего типа, км/ч (табл. II. 4);  $q_0$  — средняя номинальная грузоподъемность одного автомобиля, т;  $\beta, \gamma$  — коэффициенты использования пробега и грузоподъемности автомобилей.

Расчет дополнительных ежегодных капитальных вложений в автомобильный транспорт, соответствующих ежегодному увеличению объема перевозок, выполняются по формуле

$$\Delta K_i^{(a)} = \frac{K_0^{(a)}(N_i - N_{i-1})}{N_0} \quad (II.7)$$

где  $N_0$  — интенсивность движения на начало эксплуатации дороги;  $N_i, N_{i-1}$  — то же, на год  $i$  и на год, ему предшествующий.

Величину капитальных вложений в железнодорожный и водный транспорт, необходимый для выполнения перевозок в границах сравниваемых вариантов, определяют для установленных объемов перевозок и грузооборота по норма-

тивам удельных капитальных вложений в соответствующие виды транспорта (табл. II. 5 и II. 6).

Потери народного хозяйства от изъятия сельскохозяйственных угодий  $K_0^{(3)}$  учитывают по площади угодий, выделяемых для постоянного размещения самого дорожного объекта и сооружений дорожной службы. Величину потерь определяют исходя из стоимости чистой продукции, которая могла бы быть произведенной на изымаемых угодьях за 8 лет при условии их рационального использования в сельскохозяйственном производстве. Чистую продукцию исчисляют как разность между валовой продукцией сельскохозяйственного производства и материальными затратами.

Стоимость оборотных фондов народного хозяйства, соответствующих массе грузов круглогодичного производства и потребления, постоянно находящейся в транспортном процессе, определяется по формуле

$$K_i^{(rp)} = \frac{Q_i C_c T}{365} \quad (II.8)$$

где  $Q_i$  — количество грузов круглогодичного производства и потребления, перевозимых транспортом на  $i$ -й год;  $C_c$  — средняя цена 1 т перевозимых грузов;  $T$  — время пребывания грузов в пути, сут.

Стоимость оборотных фондов, соответствующих массе грузов, постоянно находящейся в транспортном процессе, учитывают только в тех случаях, когда разница в сроках доставки грузов по вариантам составляет не менее одних суток.

#### § II.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТЕКУЩИХ ЗАТРАТ

В состав текущих затрат входят: ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание дорожного объекта  $C_i^{(a,e)}$ ; затраты на средние ремонты объекта, отнесенные к одному году межремонтного срока службы  $C_i^{(a,p)}$ ; ежегодные затраты на осуществление перевозок в границах, соответствующих сравниваемым вариантам  $C_i^{(пер)}$ ; затраты на погрузочно-разгрузочные работы и перегрузку с одного вида транспорта на другой  $C_i^{(пр)}$ ; народнохозяйственные потери, связанные с затратами времени пассажиров в пути следования  $C_i^{(с)}$ ; народнохозяйственные потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями  $C_i^{(п)}$ ; народнохозяйственные потери от отсутствия регулярности проезда по дороге  $C_i^{(р)}$ ; ежегодные потери в отраслях народного хозяйства, использующих автомобильный транспорт, при его работе на неблагоустроенной дорожной сети  $C_i^{(н)}$ .

Величину текущих затрат на один год эксплуатации определяют поэлементным суммированием по формуле:

$$C_i = C_i^{(a,e)} + C_i^{(a,p)} + C_i^{(пер)} + C_i^{(пр)} + C_i^{(с)} + C_i^{(п)} + C_i^{(р)} + C_i^{(н)} \quad (II.9)$$

При расчетах текущих затрат на определенный год эксплуатации можно исходить из того, что все затраты и потери, связанные с перевозками, прямо пропорциональны их объемам и могут быть получены для любого года эксплуатации согласно закономерности изменения во времени объемов перевозок.

Ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание дороги или транспортного сооружения  $C_i^{(a,e)}$  ввиду их относительно малой величины по сравнению с другими элементами текущих затрат можно принимать независимо от размера движения на основе расчетных нормативов.

Расчетные нормативы затрат на эксплуатацию автомобилей  
(данные НИИАТ Минавтогоса РСФСР)

Автомобиль (грузоподъемность, т)	Нормативы затрат, коп.		Заработная плата водителя на 1 маш-ч работы, коп.
	переменные на 1 маш-ч пробега	постоянные на 1 маш-ч работы	
<b>Бортовые</b>			
УАЗ-452 (0,8 т)	2,97	36,8	49,5
ГАЗ-53А (4,0 т)	5,78	39,0	53,9
ЗИЛ-130Г (5,0 т)	7,29	39,0	53,9
МАЗ-500 (7,5 т)	7,99	45,0	59,6
Урал-377 (7,5 т)	12,48	45,0	59,6
КрАЗ-257 (12,0 т)	12,73	55,0	65,9
<b>Самосвалы</b>			
ГАЗ-53 Б (3,5 т)	6,67	36,0	59,6
ЗИЛ-ММЗ-555 (4,5 т)	7,94	39,0	59,6
МАЗ-500Б (7,0 т)	9,33	45,0	65,9
КрАЗ-256Б (11,0 т)	13,08	54,0	72,9
БелАЗ-540 (27,0 т)	45,88	79,0	80,7
БелАЗ-548А (40,0 т)	62,76	84,0	80,7
<b>Автопоезда</b>			
ЗИЛ-130В1 с полуприцепом ОлАЗ-885 (7,5 т)	10,94	45,0	72,9
Урал с полуприцепом ОлАЗ-935 (13,5 т)	17,59	59,0	72,9
МАЗ-504 с полуприцепом МАЗ-5245 (14,0 т)	12,49	59,0	72,9
КрАЗ-258 с полуприцепом ОлАЗ-740 (24,0 т)	18,28	79,0	80,7
ЗИЛ-130Г с прицепом ИАПЗ-754В (9,0 т)	10,75	45,0	59,6
МАЗ-500 с прицепом МАЗ-866 (16,0 т)	13,15	59,0	65,9
<b>Автобусы</b>			
РАФ-ДМ (мест 10)	3,80	22,0	56,6
КАВЗ-651А (> 20/25)	5,05	36,0	60,6
ПАЗ-652Б (> 23/42)	6,64	36,0	67,0
ЛиАЗ-677 (> 25/80)	13,32	60,0	83,5
ЛАЗ-695Е (> 32/62)	8,25	52,0	75,4
ЛАЗ-697Е «Турист» (мест 33)	8,55	52,0	75,4
<b>Легковые</b>			
«Москвич-408»	2,02	26,0	49,5
ГАЗ-24 «Волга»	3,30	27,0	51,2

Примечания. 1. При расчете затрат на 1 км пробега и 1 ч работы автомобилей приняты следующие исходные данные:

а) коэффициент использования пробега—для автомобилей грузоподъемностью до 2,5 т 0,55; для автомобилей грузоподъемностью от 2,5 до 5,0 т 0,60; для автомобилей грузоподъемностью свыше 5,0 т 0,65;

б) время в наряде—для грузовых автомобилей 8,6 ч; для автобусов 12,5 ч; для такси 9,6 ч; для легковых автомобилей 10,6 ч;

в) коэффициент выпуска автомобилей на линию—для грузовых автомобилей 0,6; для автобусов 0,72; для такси 0,65;

г) автомобиль-часы работы на линии за год эксплуатации—для грузовых автомобилей 1890 ч; для автобусов 3285 ч; для такси 2278 ч.

2. Расчеты выполнены для I-го класса груза и I категории эксплуатации, т. е. для автомобильных дорог вне города, в пригородной зоне и для улиц небольших городов с асфальтобетонными, цементобетонными и приравненным к ним покрытиями и I-III категорий дорог.

3. Заработная плата водителя на 1 ч работы приведена по соответствующей часовой тарифной ставке.

4. Для водителей автомобилей, работающих в Москве и Ленинграде, тарифные ставки повышаются на 10%.

5. Для водителей грузовых автомобилей на время работы в технологическом процессе на открытых горных, вскрышных работах и добыче полезных ископаемых, а также на вывозке древесины на лесозаготовках, тарифные ставки повышаются на 15%.

6. Количество мест в автобусах указано: в числителе—для сидения, в знаменателе—полная вместимость.

Затраты на средние ремонты дороги, отнесенные к одному году межремонтного срока службы  $C_i^{(р)}$ , рассчитывают по данным о стоимости проведения ремонтов и межремонтных сроках.

Ежегодные затраты на осуществление перевозок в границах, соответствующих сравниваемым вариантам, определяют суммарно по всем видам транспорта, участвующим в перевозках:

$$C_i^{(пер)} = C_i^{(а)} + C_i^{(ж.д)} + C_i^{(вод)}, \quad (II.10)$$

где  $C_i^{(а)}$ ,  $C_i^{(ж.д)}$ ,  $C_i^{(вод)}$  — затраты на перевозки автомобильным, железнодорожным и водным транспортом на рассматриваемый год в границах сравниваемых вариантов.

При различном для каждого варианта распределении перевозок по видам транспорта суммарный объем перевозок (в тоннах и пассажирах) для всех сравниваемых вариантов должен быть одинаковым.

При сравнении вариантов необходим учет всех затрат на осуществление перевозок автомобильным транспортом в границах сравниваемых вариантов, т. е. включая подвоз и вывоз к дороге по подъездным путям, имеющим различные дорожные условия и различную протяженность, на подвоз к станциям железных дорог и пристаням.

Величину затрат на автомобильном транспорте определяют по составляющим элементам: переменные расходы  $C_i^{(пер)}$ , постоянные расходы  $C_i^{(пост)}$ , заработная плата водителей  $C_i^{(з.пл)}$ :

$$C_i^{(а)} = C_i^{(пер)} + C_i^{(пост)} + C_i^{(з.пл)}. \quad (II.11)$$

Величину автотранспортных расходов по их переменной части (зависящей от пробега) определяют на основе соответствующих нормативов по каждому типу дорог в районе тяготения:

$$C_i^{(пер)} = P_i^{(е.гр)} S_{пер}^{(е.гр)} + P_i^{(гр.ул)} S_{пер}^{(гр.ул)} + P_i^{(пер)} S_{пер}^{(пер)} + P_i^{(ус)} S_{пер}^{(ус)}, \quad (II.12)$$

где  $P_i^{(е.гр)}$ ,  $P_i^{(гр.ул)}$ ,  $P_i^{(пер)}$ ,  $P_i^{(ус)}$  — грузооборот автомобильного транспорта по всей совокупности транспортных связей на дорогах в границах сравниваемых вариантов: естественных грунтовых, грунтовых улучшенных, переходных и усовершенствованных, ткм;  $S_{пер}^{(е.гр)}$ ,  $S_{пер}^{(гр.ул)}$ ,  $S_{пер}^{(пер)}$ ,  $S_{пер}^{(ус)}$  — средняя с учетом состава движения величина переменных затрат, зависящих от пробега, на 1 ткм для дорог соответствующего типа.

Величина переменных затрат для автомобиля соответствующей марки на 1 ткм получается путем деления данных, установленных нормами на 1 км пробега, на грузоподъемность автомобиля и коэффициенты использования пробега и грузоподъемности (табл. II.7, II.8).

Величину автотранспортных расходов, не зависящих от пробега (постоянные расходы), в расчете на объем перевозок по всей совокупности транспортных связей, обслуживаемых автотранспортом в границах сравниваемых вариантов, определяют по формуле

$$C_i^{(пост)} = \frac{S_{пост}^{(сп)}}{q_c \beta \gamma} \left( \frac{P_i^{(е.гр)}}{v^{(е.гр)}} + \frac{P_i^{(гр.ул)}}{v^{(гр.ул)}} + \frac{P_i^{(пер)}}{v^{(пер)}} + \frac{P_i^{(ус)}}{v^{(ус)}} \right) + (t_{пр} + t_n) \frac{Q_i}{q_c \beta \gamma} S_{пост}^{(сп)}, \quad (II.13)$$

где  $S_{пост}^{(сп)}$  — средняя с учетом состава движения (марок автомобилей) величина постоянных (не зависящих от пробега) расходов в расчете на 1 маш-ч.

Таблица II.8

Коэффициенты, учитывающие влияние дорожных условий эксплуатации автомобилей на величину переменных (зависящих от пробега) затрат в составе себестоимости автомобильных перевозок

Категория дороги	Дорожное покрытие	Коэффициенты при рельефе местности		
		равнинном	пересеченном	горном
I	Усовершенствованное капитальное	1,00	1,01	1,03
II	Усовершенствованное капитальное и облегченное	1,00	1,01	1,03
III	Усовершенствованное капитальное	1,00	1,02	1,04
	Облегченное	1,04	1,05	1,07
IV	Твердое, переходного типа	1,25	1,26	1,29
	Усовершенствованное облегченное	1,08	1,09	1,11
	Твердое, переходного типа	1,30	1,31	1,34
V	Нижнего типа	1,60	1,62	1,65
	Усовершенствованное облегченное	1,13	1,14	1,16
—	Твердое, переходного типа	1,35	1,36	1,39
	Нижнего типа	1,70	1,72	1,75
—	Построенные грунтовые дороги в хорошем состоянии	2,00	2,02	2,06
—	Естественные грунтовые дороги в неудовлетворительном состоянии	2,50—3,00	2,50—3,00	2,50—3,00

Примечание. При движении автомобилей по покрытиям, находящимся в предельно допустимом по изношенности состоянии, коэффициент влияния дорожных условий следует принимать как для покрытия на одну ступень ниже.

Таблица II.9

Сдельные расценки заработной платы водителей автомобилей (кроме самосвалов, цистерн и фургонов) при ручном способе производства погрузочно-разгрузочных работ

Грузоподъемность автомобиля, т	Сдельная расценка за 1 т, коп.	Грузоподъемность автомобиля, т	Сдельная расценка за 1 т, коп.	Грузоподъемность автомобиля, т	Сдельная расценка за 1 т, коп.
1,0	18,4	2,5	12,0	6,0	8,52
1,2	17,9	3,0	11,9	6,5	7,80
1,3	17,8	3,5	10,8	7,0	7,28
1,5	17,7	4,0	9,43	7,5	7,10
2,0	15,1	4,5	9,25	8,0	6,92
2,25	13,4	5,0	9,16		

Примечание. Сдельные расценки за 1 т перевезенного груза установлены на погрузку и разгрузку грузов 1-го класса. При погрузке и разгрузке грузов 2, 3 и 4-го классов сдельные расценки применяются со следующими поправочными коэффициентами: для грузов 2-го класса — 1,25; 3-го класса — 1,66 и 4-го класса — 2.

Таблица II.10

Сдельные расценки оплаты труда водителей, работающих на грузовых бортовых автомобилях

Грузоподъемность автомобиля, т	Расценки на 1 ткм, коп., для дорог				Грузоподъемность автомобиля, т	Расценки на 1 ткм, коп., для дорог			
	в городах	вне города				в городах	вне города		
		с усовершенствованным покрытием	с покрытием переходного типа	естественных грунтовых			с усовершенствованным покрытием	с покрытием переходного типа	естественных грунтовых
1,0	4,48	2,46	3,13	4,12	4,5	1,09	0,59	0,75	1,00
1,2	3,74	2,05	2,61	3,44	5,0	0,98	0,54	0,68	0,90
1,3	3,45	1,89	2,41	3,18	6,0	0,90	0,50	0,62	0,82
1,5	2,99	1,64	2,09	2,75	6,5	0,83	0,46	0,58	0,76
2,0	2,32	1,27	1,61	2,13	7,0	0,77	0,43	0,54	0,70
2,25	2,06	1,12	1,43	1,89	8,0	0,70	0,37	0,47	0,62
2,5	1,85	1,02	1,30	1,71	10,0	0,57	0,30	0,38	0,50
3,0	1,54	0,84	1,07	1,42	11,0	0,57	0,30	0,37	0,49
3,5	1,39	0,76	0,97	1,28	12,0	0,52	0,27	0,35	0,46
4,0	1,22	0,67	0,85	1,12	15,0	0,43	0,22	0,28	0,38

Примечание. Расценки установлены на перевозку грузов 1-го класса. При перевозке грузов 2, 3 и 4-го классов сдельные расценки применяются со следующими поправочными коэффициентами: для грузов 2-го класса — 1,25; для грузов 3-го класса — 1,66; для грузов 4-го класса — 2.

Расходы на заработную плату водителей определяют в расчете на весь объем автомобильных перевозок с учетом действующей системы оплаты труда водителей по сдельным расценкам за 1 ткм и 1 т перевозимого груза. Величины сдельных расценок водителей принимаются для средней грузоподъемности автомобильного парка.

Затраты на заработную плату водителей по всему объему перевозок могут быть определены по формуле

$$C_i^{(з.пл)} = P_i^{(с.гр)} m_1 + P_i^{(гр.ул)} m_2 + P_i^{(ус)} m_3 + P_i^{(пер)} m_4 + Q_i p, \quad (II.14)$$

где  $m_1, \dots, m_4$  — сдельная расценка на 1 ткм для соответствующей средней грузоподъемности автомобиля и типа дороги (табл. II.10);  $p$  — сдельная расценка на 1 т (табл. II.9).

В наиболее простых случаях сравнения вариантов, когда по каждому из них перевозки автомобильным транспортом осуществляются в однородных дорожных условиях, например, когда все варианты располагаются в границах, не выходящих за пределы трассы основной дороги, величина текущих затрат на автомобильном транспорте может быть определена через стоимость 1 маш-км пробега автомобиля в соответствующих дорожных условиях:

$$C_i^{(a)} = 365L \sum_j N_j^{(i)} S_{(j)}, \quad (II.15)$$

где  $L$  — длина участка по сравниваемым вариантам, км;

$N_j^{(i)}$  — интенсивность движения автомобилей соответствующего типа ( $i$ ), авт./сут;  $S_{(j)}$  — себестоимость 1 маш-км пробега автомобиля или автобуса соответствующего типа.

Таблица 11.11

Себестоимость погрузочно-разгрузочных работ  
(данные ИКТП Госплана СССР)

Грузы	Операции	Себестоимость погрузочно-разгрузочных работ, коп. на 1 т, по видам транспорта		
		Автомобильный	Железнодорожный	Речной
В контейнерах	Погрузка	17,0	17,0	24,0
	Выгрузка	17,0	17,0	24,0
Тарно-штучные массой до 3000 кг	Погрузка	28,0	28,0	42,0
	Выгрузка	28,0	28,0	42,0
Тяжеловесные	Погрузка	7,0	7,0	11,0
	Выгрузка	7,0	7,0	7,0
Овощи	Погрузка	23,0	21,0	30,0
	Выгрузка	23,0	23,0	30,0
Сыпучие, навалочные	Погрузка	3,0	3,0	4,0
	Выгрузка	3,0	3,0	4,0

Расчетную величину себестоимости пробега 1 км автомобиля в конкретных дорожных условиях определяют по формуле

$$S^{(i)} = S_{\text{пер}}^{(i)} + \frac{S_{\text{пост}}^{(i)} + d^{(i)}}{v^{(i)}}, \quad (11.16)$$

где  $S_{\text{пер}}^{(i)}$  — величина переменных затрат на 1 км пробега автомобилей и автобусов данного типа с учетом коэффициента влияния дорожных условий (см. табл. 11.7 и 11.8);  $S_{\text{пост}}^{(i)}$  — величина постоянных затрат на 1 маш-ч работы легковых, грузовых автомобилей и автобусов данного типа (см. табл. 11.7);  $d^{(i)}$  — часовая тарифная ставка водителя легкового, грузового автомобиля или автобуса (см. табл. 11.7);  $v^{(i)}$  — средняя техническая скорость легковых, грузовых автомобилей или автобусов в пределах сравниваемых вариантов дороги, км/ч (см. табл. 11.4).

Если по сравниваемым вариантам различны потери времени, связанные с простоем автомобилей у средств регулирования движения (светофоров, шлагбаумов, нерегулируемых пересечений в одном уровне и пр.), их стоимостная оценка включается дополнительно в состав транспортных затрат по каждому варианту исходя из средней величины постоянных затрат на 1 маш-ч и часовой тарифной ставки водителей.

Величину текущих затрат на перевозку по железной дороге определяют по формуле

$$C_i^{(ж.д)} = P_i^{(ж.д)} C' + Q_i^{(ж.д)} C'', \quad (11.17)$$

где  $P_i^{(ж.д)}$  — грузооборот железной дороги по перевозкам, относящимся к рассматриваемому варианту, ткм;  $Q_i^{(ж.д)}$  — количество грузов, перевозимых железной дорогой;  $C'$  — суммарная расходная эксплуатационная ставка на 1 ткм (см. табл. 11.5);  $C''$  — суммарная расходная эксплуатационная ставка на 1 т (см. табл. 11.5).

Текущие затраты на перевозку по подным путям определяют на основе нормативов для водного транспорта (см. табл. 11.6).

Затраты на погрузочно-разгрузочные работы и перегрузку с одного вида транспорта на другой рассчитывают по нормативам, приведенным в табл. 11.11.

Народнохозяйственные потери, связанные с затратами времени на проезд пассажиров по дороге  $C_i^{(в)}$  рассчитывают по формуле

$$C_i^{(в)} = 365 \left[ N_i^{(л)} \left( \frac{L}{v^{(л)}} + t^{(л)} \right) p^{(л)} + N_i^{(а)} \left( \frac{L}{v^{(а)}} + t^{(а)} \right) p^{(а)} \right] C, \quad (11.18)$$

где  $p^{(л)}$ ,  $p^{(а)}$  — среднее количество пассажиров в одном легковом автомобиле и в одном автобусе;  $C$  — средняя величина потерь народного хозяйства, приходящаяся на 1 ч пребывания пассажиров в пути.

Приближенная стоимостная оценка времени может быть получена исходя из стоимости 1 чел-ч, равной 30—40% среднечасовой оплаты труда контингента, пользующегося услугами транспорта. При отсутствии данных о составе контингента пассажиров, стоимость 1 пасс-ч может быть принята ориентировочно в размере 0,25 руб.

Величину потерь в народном хозяйстве, связанных с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП), определяют по участкам дорог с однородными дорожными условиями по формуле

$$C_i^{(н)} = 3,65 \cdot 10^{-6} \sum_i L_i a_{ii} C_{\text{ср. ит}} m_{ii} N_{ii}, \quad (11.19)$$

где  $a_{ii}$  — количество дорожно-транспортных происшествий на 100 млн. авт-км в  $t$ -м году;  $C_{\text{ср. ит}}$  — средняя величина потерь от одного дорожно-транспортного происшествия в  $t$ -м году, руб.;  $m_{ii}$  — итоговый коэффициент, учитывающий тяжесть дорожно-транспортного происшествия;  $N_{ii}$  — среднегодовая суточная интенсивность движения на участке дороги в  $t$ -м году, авт./сут;  $L_i$  — протяженность участка дороги с однородными дорожными условиями, км.

Количество дорожно-транспортных происшествий определяется выражением:

$$a_{ii} = 0,009K^2 - 0,27K + 34,5, \quad (11.20)$$

где  $K$  — итоговый коэффициент аварийности, может быть установлен путем построения линейного графика коэффициентов аварийности.

В качестве исходного показателя средней величины потерь от одного дорожно-транспортного происшествия может быть принята величина, соответствующая потерям от одного происшествия на прямолинейном участке дороги при незначительных продольных уклонах, ширине проезжей части 7,5 м, наличии укрепленных обочин и сухом шероховатом покрытии:

Годы	1980	1985	1990	1995	2000
Средняя величина потерь от одного ДТП, руб.	3580	3900	4200	4520	4680

Влияние дорожных условий, в которых произошло дорожно-транспортное происшествие, учитывается итоговым поправочным коэффициентом  $m_i$ , равным произведению частных коэффициентов:

$$m_i = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots \cdot m_{11}, \quad (11.21)$$

Частные коэффициенты  $m_1, m_2, \dots, m_{11}$  учитывают влияние сочетания элементов плана, продольного и поперечного профилей, наличие населенных пунктов, предметов на обочинах и разделительной полосе и других факторов на изменение величины потерь от дорожно-транспортных происшествий. Значения частных коэффициентов приведены в табл. 11.12.

Таблица П.12

Коэффициенты влияния дорожных условий на величину потерь от одного дорожно-транспортного происшествия

Учитываемый фактор	Значения учитываемого фактора	Значения поправочных коэффициентов
Ширина проезжей части, м	4,5	0,7
	6	1,2
	7—7,5	1,0
	9	1,4
	10,5	1,2
	14	1,0
Ширина обочины, м	Более 2,5	0,85
	Менее 2,5	1,0
Продольный уклон, %	Более 3	1,25
	Менее 3	1,0
Радиусы кривых в плане, м	≥ 350	0,9
	Более 350	1,0
Недостаточная видимость	—	0,7
Мосты и путепроводы	С бордюром высотой до 30 см	2,1
	То же, более 30 см	1,4
Пересечения в разных уровнях	—	0,95
	—	0,8
Пересечения в одном уровне	—	1,6
	—	1,1
Населенные пункты	2	1,0
	4	1,3
	3	1,5
Деревья, опоры путепроводов и т. п. на обочинах и разделительной полосе	—	—
	—	—

Народнохозяйственные потери от отсутствия регулярности проезда по дороге  $C_i^{(P)}$  определяют для дорог и подъездов, не имеющих твердого покрытия, для сезонных дорог, для переходов через реки и другие препятствия, не обеспеченные мостами постоянного типа, а также для горных дорог, не проезжаемых в зимнее время. Эти потери обусловлены дополнительной потребностью народного хозяйства в оборотных средствах, необходимых для создания запасов сырья, готовой продукции, предметов потребления на период перерыва сообщения. Величину ежегодных потерь определяют по формуле

$$C_i^{(P)} = \frac{Q_i \cdot C_c \cdot t_n^2 \cdot E_{in}}{288} \quad (П.22)$$

где  $Q_i$  — количество грузов круглогодичного производства и потребления, перевозимых по дороге, на год  $t$ ;  $C_c$  — средняя цена одной тонны грузов, находящихся в сезонных запасах;  $t_n$  — продолжительность перерыва, мес.

Если в течение года возникает несколько перерывов в сообщении, расчет по этой формуле выполняют для каждого из них и результаты складывают.

Ежегодные потери в отраслях народного хозяйства, использующих автомобильный транспорт на неблагоустроенной дорожной сети,  $C_i^{(M)}$ , должны устанавливаться по данным обследований или на основании укрупненных нормативов.

## П.13. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

Эффективность дорожного строительства оценивается путем сопоставления условий, возникающих в результате строительства дороги, с тем состоянием, которое было бы в данном районе при отказе от строительства (с эталонным вариантом).

Величина экономического эффекта определяется разностью соответствующих единовременных и текущих затрат для эталонных условий и условий, возникающих в результате строительства дорог.

В качестве количественного измерителя уровня эффективности капиталовложений рассчитывается коэффициент эффективности  $E$

$$E = \frac{C_p^I - C_p^{II}}{K_{пр}^{II} - K_{пр}^I} \quad (П.23)$$

где  $C_p^I, C_p^{II}$  — текущие затраты по вариантам («отсутствует дорога» и «построена дорога») за один расчетный год эксплуатации дороги;  $K_{пр}^I, K_{пр}^{II}$  — приведенные единовременные затраты для тех же вариантов.

Расчетный год эксплуатации устанавливается в зависимости от величины коэффициента ежегодного прироста текущих затрат. В частном случае при односторонних единовременных и неизменных во времени текущих затратах может быть также рассчитан срок окупаемости капиталовложений  $T$

$$T = \frac{K^{II} - K^I}{C^I - C^{II}} \quad (П.24)$$

Капитальные вложения считаются эффективными, если коэффициент эффективности, полученный расчетом по формуле П.24, больше нормативного коэффициента, равного 0,12, а срок окупаемости меньше нормативного срока, равного  $\frac{1}{0,12} = 8,4$  года.

Единовременные и текущие затраты для проектируемых и существующих условий определяются в расчете на одни и те же транспортные связи и на одинаковый объем перевозок. Если строительство или реконструкция дороги вызывает увеличение объемов перевозок, которое было бы невозможным в эталонных условиях, экономический эффект от осуществления дополнительных перевозок по дороге должен быть выявлен в результате специального анализа. В состав единовременных и текущих затрат по эталону и по проектируемой дороге затраты на эти перевозки включаться не должны.

Административно-политическое и хозяйственное значение конкретной автомобильной дороги определяет выбор эталона (исходной базы) для сравнения.

Автомобильные дороги областного и местного значения обеспечивают главным образом внутриобластные и внутрирайонные перевозки на относительно небольшие средние расстояния, а также выполняют функции подъездных путей к станциям железных дорог, пристаням, крупным промышленным и сельскохозяйственным комплексам. Направления, обслуживаемые дорогами этого типа, обычно не обеспечиваются железнодорожными линиями и лишь по отдельным транспортным связям дублируются водными путями. Поэтому эталонным вариантом является сеть дорог, фактически сформировавшаяся к настоящему времени, с соответствующим распределением на ней грузопотоков.

Автомобильные дороги общегосударственного и республиканского значения обеспечивают в первую очередь межобластные и межреспубликанские перевозки на относительно большие расстояния, а также используются на отдельных участках для осуществления внутриобластных и внутрирайонных перевозок. Направления, обслуживаемые дорогами этого типа, обычно дублируются железно-

дорожными, водными и воздушными линиями. Поэтому эталонным вариантом, служащим базой для сравнения и характеризующим транспортные условия в данном районе при отказе от строительства (реконструкции) рассматриваемой дороги, является выполнение перевозок теми видами транспорта, которые имеются в существующих условиях.

При сравнении вариантов мостовых переходов (титовых) и определении эффективности капиталовложений в их строительство или реконструкцию необходимо выявить те связи, которые будут осуществляться по переходу после его постройки, объем перевозок, расстояние перевозок и грузооборот по этим связям за отчетный год и на перспективу. Эти данные должны быть получены для ряда схем организации транспортных связей в районе тяготения: одна схема — организация перевозок в условиях, существовавших до постройки или реконструкции перехода, и другие схемы — организация перевозок в проектируемых условиях, возникающих в случае постройки каждого из намеченных вариантов перехода. При этом должны учитываться транспортные связи внутри населенных пунктов (если переход расположен в населенном пункте) и возможные сезонные изменения направления перевозок, связанные с изменением возможности проезда через водоток (устройство в зимний период ледяных переправ, перерывы движения по несовершенным типам переходов). Следует также иметь в виду, что интенсивность движения по автодорожному переходу через водоток, как правило, значительно превышает интенсивность движения по дороге, составной частью которой этот переход является.

## Глава III

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

#### § III.1. ЗАДАЧИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

XXV съезд КПСС поставил одну из важных экономических задач — всемерно повышать эффективность капитальных вложений в народное хозяйство. Выбор конкретных путей рационального использования капитальных вложений требует проведения серьезных экономических и инженерных расчетов и глубоких технико-экономических обоснований принимаемых проектных решений. Эти работы начинаются в предпроектной стадии при формировании прогнозных и перспективных планово-проектных материалов и разработке долгосрочных и пятилетних планов капитальных вложений по каждой отрасли народного хозяйства. Необходимость тщательных предпроектных проработок вызывается огромными масштабами современного производства, усложнением внутри- и межотраслевых производственных и хозяйственных связей, необходимостью тесной увязки проектов строительства отдельных объектов с перспективой развития отрасли, экономических районов, народного хозяйства в целом и с прогнозами развития науки и техники.

Общая цель технико-экономических обоснований — решение оптимизационных задач на каждой стадии планирования и проектирования, основные принципы решения которых вытекают из положений «Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений», утвержденной постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума Академии наук СССР 8 сентября 1969 г., а именно:

народнохозяйственный подход к оценке эффективности возможных решений, т. е. необходимость учитывать не только непосредственные затраты и получаемые результаты в пределах отрасли, но и совокупность затрат и эффекта в других отраслях хозяйства, которые возникнут при реализации решения;

учет ограниченности в каждый момент времени всех видов (воспроизводимых и невозпроизводимых, материальных и денежных) ресурсов в связи с тем

и возникает проблема наиболее эффективного их использования путем поиска оптимальных решений;

необходимость анализа процессов в динамике и учета иерархичности взаимосвязей (т. е. правильного отражения вертикальных — отраслевых и горизонтальных — территориальных связей в первую очередь в системе распределения ресурсов);

возможно полное использование всей имеющейся полезной информации при наличии четко сформулированной цели процесса оптимизации и нахождения наилучшего, единственного в данных условиях решения<sup>2</sup>;

непрерывность планирования, т. е. многократный пересчет с течением времени планов развития народного хозяйства в целом и его отдельных отраслей на основе непрерывного уточнения исходной информации и в связи с этим особая ответственность процесса принятия решения на ближайшую перспективу.

При определении оптимального решения в узкой отрасли следует таким образом учитывать последствия (эффект и потери) в сопряженных отраслях. Однако следует иметь в виду, что многообразие этих связей и последствий для всего народного хозяйства учесть практически невозможно. Поэтому одним из основных требований, которое необходимо выполнять, является условие, при котором исходная информация соответствовала бы оптимальным показателям функционирования народного хозяйства.

Всесторонний народнохозяйственный подход можно проиллюстрировать на примере учета в технико-экономическом обосновании дорожного строительства скоростей движения и пропускной способности дорог.

Рассчитывая оптимальный уровень применительно к отрасли «автомобильный транспорт», следовало бы исходить из условий, обеспечивающих минимум транспортно-эксплуатационных затрат (себестоимости перевозок), которые в конечном итоге обусловлены минимальным расходом топлива. Это требование выполнимо при средних скоростях движения автомобилей. В то же время для народного хозяйства в целом это условие не является оптимальным, так как снижение скорости (т. е. неполное использование технических возможностей автомобиля и дороги) вызывает: увеличение размеров грузовой массы в пути, тем самым исключая ее из сферы производственного или личного потребления; увеличение потерь и снижение цен скоропортящихся грузов, требующих срочной доставки; увеличение длительности пребывания пассажиров в пути; увеличение подвижного состава и другие косвенные потери, которые в совокупности, как правило, перекрывают возможную экономию непосредственно на автомобильном транспорте.

Поскольку выбор оптимальных решений при технико-экономических обоснованиях производится на основе неполной информации, особо существенное значение имеет принцип непрерывности проектирования, т. е. периодическое уточнение исходных данных с появлением новой информации на каждом этапе планирования и проектирования сетей и отдельных объектов дорожного строительства.

Виды и содержание предпроектных работ определены постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 390 от 28 мая 1969 г. «Об улучшении проектно-сметного дела», в котором установлено, что решения о проектировании и строительстве предприятий и сооружений должны приниматься исходя из схем развития и размещения соответствующих отраслей народного хозяйства и промышленности и схем развития и размещения производительных сил по экономическим районам и союзным республикам, а по крупным и сложным предприятиям и сооружениям — также на основе технико-экономических обоснований (ТЭО), подтверждающих экономическую целесообразность и хозяйственную необходимость проектирования и строительства предприятий и сооружений. Включение каждого отдельного объекта в титульный список капитального строительства или в тематический план проектно-исследовательских работ, а также представление технического проекта в утверждающие инстанции может

<sup>1</sup> Полезной называется информация, затраты на получение и использование которой не больше эффекта ее применения.

<sup>2</sup> Критерий оптимальности — совокупность требований, при выполнении которых рекомендуемое решение в наилучшей степени удовлетворяет поставленным целям.

производиться только при условии, если строительство данного объекта предусмотрено планом (схемой) развития народного хозяйства, утвержденным в установленном порядке, или технико-экономическим обоснованием.

Применительно к дорожному строительству разрабатываются: схемы развития сети автомобильных дорог с соответствующими технико-экономическими докладами (ТЭО) по обоснованию предложений по размещению, развитию и повышению технического уровня дорожного хозяйства и технико-экономические обоснования (ТЭО) строительства, расширения или реконструкции отдельных объектов этой отрасли (дорог, мостовых переходов, путепроводов, предприятий строительной индустрии и дорожной службы).

Работы по составлению схем развития и размещения отраслей народного хозяйства регламентируются соответствующими установками Госплана СССР, определяемыми конкретно для каждого перспективного периода исходя из решений съездов КПСС и в соответствии с постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров СССР.

Применительно к развитию единой транспортной системы СССР разработка схем развития дорожной сети страны и каждой союзной республики осуществляется в соответствии с координационным планом Госплана СССР и Государственного Комитета Совета Министров СССР по науке и технике и рекомендациями Института комплексных транспортных проблем при Госплане СССР.

Разработка схем развития сети автомобильных дорог имеет конечной целью наметить и обосновать перспективы развития сети района изысканий для планирования проектно-изыскательских работ и капитального строительства. В схеме развития сети автомобильных дорог определяются потребности в мощности сети и экономически целесообразные исходы из перспектив развития производительных сил, размеры, очередность и источники финансирования капитальных вложений в дорожное строительство с учетом наиболее рационального обеспечения транспортных связей народного хозяйства и населения; обосновываются основные технические рекомендации по строительству как сети в целом, так и отдельных дорог, потребные натуральные ресурсы; рассчитывается народнохозяйственная эффективность затрат. Схема развития сети автомобильных дорог разрабатывается на перспективу в 20—25 лет и является основой для последующей разработки перспективных десятилетних или пятилетних планов строительства и реконструкции автомобильных дорог.

Объектами схем развития сети дорог могут быть сети автомобильных дорог области (края), союзной или автономной республики, экономического района или всей страны в целом. Схема может разрабатываться для обоснования развития и переустройства сети автомобильных дорог отдельных промышленных и транспортных узлов и других производственно-территориальных комплексов. В зависимости от целей планирования схема развития сети дорог может разрабатываться на отдельные группы дорог, например магистральные автомобильные дороги общегосударственного и республиканского значения, основные дороги общего пользования, дороги, обслуживающие внутрихозяйственные перевозки колхозов и совхозов и т. д.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) имеет конечной целью подтверждение экономической целесообразности и хозяйственной необходимости проектирования и строительства или реконструкции отдельных автомобильных дорог, титульных мостовых переходов и путепроводов и других крупных инженерных сооружений на автомобильных дорогах. ТЭО является предпроектным документом, уточняющим и дополняющим схемы развития сети автомобильных дорог в части обоснования оптимального варианта направления трассы дороги (размещения мостового перехода), обоснования технических параметров и основных проектных решений, важнейших технико-экономических показателей строительства или реконструкции, целесообразности сооружения объекта, очередности и народнохозяйственной эффективности капитальных вложений.

В ТЭО должны также приниматься решения о выделении пусковых комплексов, т. е. участков дорог или отдельных сооружений, ввод в действие которых обеспечивает возможность улучшения на них транспортно-эксплуатационных показателей независимо от других участков или объектов.

Согласно постановлению Госстроя СССР от 15 сентября 1975 г. № 156 «Об уточнении порядка разработки ТЭО и проектов на строительство (реконструк-

цию) объектов» принятые в ТЭО или заменяющей его предпроектной документации технико-экономические показатели при разработке проектной документации не должны быть ухудшены, а сметная стоимость строительства не должна превышать расчетной стоимости, определенной в ТЭО.

ТЭО должны разрабатываться для: всех автомобильных дорог общегосударственного и республиканского значения; автомобильных дорог в труднодоступных районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера и в высокогорных районах: соединительных (обходных) и кольцевых автомобильных дорог вблизи городов; узлов автомобильных дорог; титульных мостовых переходов и крупных путепроводов, а также отдельных крупных автомобильных дорог областного значения. Кроме того, ТЭО должны разрабатываться по всем предполагаемым к строительству и реконструкции крупным и сложным объектам дорожного строительства, необходимость сооружения которых возникла после разработки и утверждения схемы развития сети автомобильных дорог<sup>1</sup>.

Технико-экономическими обоснованиями, подтверждающими экономическую целесообразность и хозяйственную необходимость строительства (реконструкции) некрупных и несложных объектов дорожной сети могут служить схемы развития сетей автомобильных дорог и другая предпроектная документация, установленная министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик по согласованию с Госпланом СССР и Госстроем СССР.

## § 111.2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБОСНОВАНИЙ

При составлении технико-экономических обоснований (ТЭО) и проектно-сметной документации на строительство автомобильных дорог общей сети Союза ССР, разработке планов капитальных вложений в дорожное хозяйство и учете их выполнения необходимо руководствоваться следующими определениями понятий: новое строительство (новостройка), расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующего предприятия, здания, сооружения.

К новому строительству (новостройкам) относятся: строительство автомобильных дорог (или участков) по новому направлению или по направлению дорог (участков), не имеющих твердых покрытий; сооружение мостовых переходов и автодорожных тоннелей, строящихся по отдельному титулу: строительство предприятий, зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы, предприятий строительной индустрии для дорожного строительства, осуществляемое на новых площадках и по первоначально утвержденному в установленном порядке проекту (комплексы линейной службы, гаражи, предприятия автосервиса, полигоны для испытания автомобилей).

К расширению действующих предприятий и сооружений относятся: осуществляемое по утвержденному в установленном порядке новому проекту, связанное со значительным увеличением интенсивности движения и пропускной способности дорог строительства автомобильных дорог I категории по направлению действующих двухполосных автомобильных дорог II или III категории; сооружение дополнительных полос движения на автомобильных дорогах I категории (или отдельных участках), осуществляемое как вторая и последующие очереди строительства; строительство дополнительных производственных комплексов и расширение действующих предприятий дорожной и автотранспортной службы и предприятий строительной индустрии на территории действующих объектов или на примыкающих к ним площадках.

К реконструкции относятся: осуществляемый по единому проекту и связанный с ростом интенсивности движения комплекс работ, повышающих транспортно-эксплуатационные качества (и безопасность движения) автомобильных дорог III—V категорий (или отдельных участков) с переводом их соответственно в более высокую категорию, включающий подъем и уширение земляного полотна и проезжей части, спрямление отдельных участков трассы,

<sup>1</sup> Содержание и порядок утверждения ТЭО определяется ведомственными «Указаниями о составе, порядке разработки и утверждения технико-экономического обоснования ТЭО проектирования и строительства автомобильных дорог».

увеличение радиусов кривых в плане и продольном профиле; усиление конструкции дорожной одежды, уширение или замена постоянных мостов; строительство дополнительной полосы для грузового движения, транспортных развязок, путепроводов через железные дороги; устройства тоннелей на горных участках и другие работы на эксплуатируемых дорогах; полное или частичное переоборудование объектов дорожной и автотранспортной службы; строительство других объектов вспомогательного или обслуживающего назначения взамен ликвидируемых на территории действующих объектов.

В случае когда по техническим и экономическим условиям целесообразно или по хозяйственным соображениям необходимо одновременно с реконструкцией автомобильной дороги или других сооружений и предприятий осуществлять расширение объекта, то при разработке проектно-сметной документации, титульных списков и планов капитального строительства следует относить такие объекты к расширяемым или реконструируемым в зависимости от преобладания работ соответствующего характера.

К техническому перевооружению автомобильных дорог относится осуществление по проектам и сметам на отдельные объекты или виды работ комплекса мероприятий по повышению технического уровня сооружений (строительство на отдельных пересечениях в зависимости от условий автомобильного движения транспортных развязок и путепроводов; устройство связи, электроосвещения, ограждений, систем автоматического регулирования движения на эксплуатируемых автомобильных дорогах; внедрение на действующих предприятиях новой техники и технологии, механизации и автоматизации производственных процессов; модернизация и замена устаревшего или изношенного оборудования, а также внедрение других организационных и технических мероприятий, направленных на улучшение технико-экономических показателей предприятий и сооружений).

Разработка ТЭО по новым и реконструируемым автомобильным дорогам и другим сооружениям на автомобильных дорогах осуществляется министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик.

Перечень объектов дорожного строительства сметной стоимостью, равной или более 25 млн. руб., по которым должны разрабатываться ТЭО, включается в «План работ по составлению технико-экономических обоснований проектирования и строительства крупных и сложных предприятий и сооружений», утверждаемый министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик, с последующим представлением этого перечня в Госплан СССР и Госстрой СССР с учетом сроков разработки проектов соответствующих дорог (сооружений). Перечень прочих объектов дорожного строительства, по которым должны разрабатываться ТЭО, включается в «План работ по составлению технико-экономических обоснований проектирования и строительства предприятий и сооружений», утверждаемый соответствующими министерствами и ведомствами СССР и союзных республик.

Работы по составлению технико-экономических обоснований осуществляются за счет средств, предусмотренных на финансирование капитальных вложений, установленных министерствами и ведомствами СССР и союзных республик.

Разработка ТЭО выполняется в сроки, устанавливаемые министерствами и ведомствами СССР или советами министров союзных республик в зависимости от величины объекта, природных, экономических особенностей и степени изученности предполагаемого района изысканий, наличия и полноты проектных и изыскательских материалов прежних лет. Как правило, технико-экономические обследования и составление ТЭО должны осуществляться в срок от 12 до 24 мес в зависимости от сложности объекта и завершаться за 2—3 года до планируемого начала его строительства.

ТЭО разрабатывается, как правило, головной проектной организацией по изысканиям и проектированию автомобильных дорог с обязательным участием организации, разрабатывающей схему развития и размещения сети автомобильных дорог союзной республики (экономического района или области), на территории которой размещается объект технико-экономического обоснования. В случае необходимости к разработке отдельных вопросов ТЭО привлекаются

другие специализированные проектно-изыскательские и научно-исследовательские организации.

Задание на разработку ТЭО составляется министерством-заказчиком в соответствии с утвержденной схемой развития сети автомобильных дорог. Задачей определяются порядок и сроки разработки ТЭО и перечень ведомств и организаций, с которыми должно проводиться предварительное согласование основных проектных решений.

При составлении схем и ТЭО строительства (реконструкции) автомобильной дороги (мостового перехода, путепровода) проектной организацией должны быть проведены соответствующие проблемные предпроектные экономические и технические обследования и изыскания в объемах, обеспечивающих получение необходимых для разработки схем и ТЭО исходных данных. Содержание работ и методика проблемных предпроектных обследований в зависимости от характера объекта проектирования определяются ведомственными «Методическими указаниями по проведению экономических изысканий автомобильных дорог».

Технико-экономические обоснования (ТЭО) строительства и реконструкции автомобильных дорог (объектов) общегосударственного значения утверждаются Министерством транспортного строительства СССР или советами министров союзных республик по согласованию с Госпланом СССР и Госстроем СССР.

Технико-экономические обоснования строительства и реконструкции автомобильных дорог (объектов) республиканского и областного значения сметной стоимостью строительства, равной или более 25 млн. руб. утверждаются советами министров союзных республик по согласованию с Госпланом СССР и Госстроем СССР.

Технико-экономические обоснования строительства и реконструкции автомобильных дорог (объектов) республиканского и областного значения сметной стоимостью до 25 млн. руб. утверждаются советами министров союзных республик или по их поручению соответствующими республиканскими министерствами и ведомствами по согласованию с Госпланом и Госстроем союзной республики.

Технико-экономические обоснования строительства и реконструкции автомобильных дорог ведомственного подчинения сметной стоимостью равной или более 25 млн. руб. утверждаются соответствующими министерствами и ведомствами СССР по согласованию с советами министров союзных республик, Госпланом СССР и Госстроем СССР.

На основе утвержденного в установленном порядке технико-экономического обоснования (ТЭО) составляется задание на разработку технического (техно-рабочего) проекта.

На стадии разработки технического (техно-рабочего) проекта производится детализация и дальнейшее уточнение технико-экономических показателей, отражаемое в экономической части проекта.

В техническом проекте дается технико-экономическое обоснование выбора направления дороги, если ему не предшествовала разработка ТЭО, или уточняется трасса дороги (сравнением местных вариантов), производится окончательное сопоставление и выбор вариантов дорожной одежды, местоположения и параметров отдельных искусственных и специальных сооружений, уточняются технические параметры и стоимость строительства отдельных участков дороги, транспортных развязок, обходных и городских участков дороги, а также окончательно определяются показатели эффективности капитальных вложений в данный объект проектирования. Экономическая часть проекта разрабатывается и оформляется в соответствии с действующими образцами оформления (эталоном) технического (техно-рабочего) проекта.

За последнее десятилетие технико-экономическому обоснованию проектирования и строительства автомобильных дорог посвящены многочисленные исследования и изданы монографии и отдельные статьи, посвященные как проблеме в целом, так и отдельным ее аспектам. На основе исследований и проверки их результатов на практике разработан ряд методических указаний, а также алгоритмов и программ, позволяющих для оптимизации проектных рекомендаций и решений использовать электронные вычислительные машины.



### § III. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ И СОСТАВ СХЕМ РАЗВИТИЯ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Разработка схем (генеральных схем) развития сети автомобильных дорог общей сети Союза ССР осуществляется: по магистральным и другим автомобильным дорогам общегосударственного значения Министерством транспортного строительства СССР; по автомобильным дорогам республиканского и местного (включая областного) значения советами министров союзных республик и республиканскими министерствами строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Схемы разрабатываются по каждой союзной республике и области (АССР, краю).

Работы по составлению схем развития дорожной сети выполняются за счет средств государственного бюджета в соответствии с государственными «Планами по составлению схем и других материалов по развитию отраслей народного хозяйства».

Схемы разрабатываются по заданиям соответствующих министерств (транспортного строительства СССР или республиканских министерств строительства и эксплуатации автомобильных дорог) подчиненными им дорожными проектно-исследовательскими институтами.

Разработка схем развития сети автомобильных дорог как части Генеральной схемы развития единой транспортной системы СССР производится на перспективный период 10—15 лет с прогнозом на более отдаленную перспективу (до 2000 г.).

Работа проводится в три этапа:

I этап. Определение основных направлений развития дорожной сети на перспективный период. На первой стадии этого этапа определяется расчетная мощность сети автомобильных дорог на начало очередного планового пятилетнего периода, на второй стадии дается обоснование основных направлений дорожной сети.

II этап. Разработка схем развития сети автомобильных дорог отдельных республик и других административно-территориальных единиц на основе принятых директивными и плановыми органами основных положений развития дорожной сети с краткими технико-экономическими обоснованиями отдельных объектов, включаемых в эти схемы.

III этап. На основе одобренных Госпланом СССР или Госпланами союзных республик схем развития дорожной сети разработка и технико-экономическое обоснование предложений к плану дорожного строительства на очередной плановый пятилетний период с подробными характеристиками и рекомендациями по каждому элементу и объекту дорожной сети, включенному в схему.

Содержание работ I этапа:

определение расчетной мощности сети автомобильных дорог на начальный год долгосрочного перспективного периода — анализ существующего состояния сети автомобильных дорог по республикам: уровень загрузки дорог; плотность сети дорог с твердым покрытием (относительно территории, площади сельскохозяйственных угодий, численности населения) в динамике за предыдущее к началу года десятилетие; данные о вводе в действие дорог с твердым покрытием, объемах и источниках капитальных вложений и финансирования (по двум предыдущим пятилеткам); оценка ожидаемого состояния сети автомобильных дорог с твердым покрытием на начальный год долгосрочного перспективного периода с указанием протяжения дорог, требующих реконструкции и капитального ремонта;

разработка основных направлений развития сети автомобильных дорог на долгосрочную перспективу — установление потребности страны в развитии сети автомобильных дорог на обозримую перспективу и разработка основных направлений ее развития; корректировка материалов основных направлений, включающая: распределение объемов строительства и реконструкции по союзным республикам с учетом структуры сети по всем типам дорог; установление цикла работ по оптимизации конфигурации и структуры по всем звеньям дорожной сети, уточнение структуры сети дорог общегосударственного, респуб-

ликанского, областного и местного значения; упорядочение нормативной и методической базы для технико-экономических обоснований на расчетный перспективный период.

Содержание работ II этапа:

уточнение данных о соответствии обследованной сети дорог современному и перспективному размещению производительных сил и, в частности, размещению населения с учетом обеспечения обслуживания административных и культурных потребностей;

разработка принципов и расчеты по определению наиболее рациональной с народнохозяйственной точки зрения (оптимальной) конфигурации дорожной сети и ее технико-экономических параметров во взаимосвязи с другими видами транспорта;

составление схемы (проекта) размещения и развития дорожной сети и обоснование технических показателей отдельных ее элементов;

уточнение (упорядочение) административной классификации отдельных дорог с учетом их административно-политического значения, перспектив развития грузовых и пассажирских потоков, характера обслуживаемых транспортных связей;

обоснование очередности строительства или реконструкции;

подробное технико-экономическое обоснование объектов первой пятилетки долгосрочной перспективы;

разработка рекомендаций для дальнейших стадий проектирования отдельных объектов;

составление и оформление технико-экономического доклада.

Технико-экономический доклад (ТЭД) по обоснованию схемы должен состоять из текстового и иллюстративного материалов, сгруппированных по четырем основным разделам: 1. Текстовая часть. 2. Графические материалы. 3. Табличные материалы. 4. Технико-экономические характеристики отдельных автомобильных дорог.

Текстовая часть должна в самом сжатом изложении содержать: транспортно-экономическую характеристику объекта исследований, обзор существующего состояния транспортной сети, характеристику природных условий для эксплуатации и строительства автомобильных дорог и обеспеченности строительными материалами, сведения об объемах перевозок, основных грузо- и пассажиропотоках, грузонапряженности и интенсивности движения автомобилей, принципы и предложения о построении перспективной сети автомобильных дорог, обоснование основных технических решений и нормативов, расчеты ориентировочной стоимости строительства и очередности капитальных вложений с оценкой экономической эффективности намеченных мероприятий.

К тексту доклада должны быть приложены: копия задания на разработку технико-экономического доклада; важнейшие документы согласования с плановыми и директивными органами; титульные списки дорог, рекомендуемых для строительства, расширения и реконструкции; основные технико-экономические показатели проектируемой сети автомобильных дорог с выделением первой пятилетки перспективного периода.

Графические материалы должны содержать: карту-схему размещения производительных сил; карту-схему существующей транспортной сети; карту-схему транспортных связей на отчетный год и на заданные перспективные сроки; эпюры грузонапряженности за отчетный год и на заданные перспективные сроки; эпюры интенсивности движения за отчетный год и на заданные перспективные сроки; карту-схему перспективного развития сети основных автомобильных дорог, отражающую административную классификацию, технические категории и очередность строительства; карту-схему районирования по природным условиям дорожного строительства (инженерное районирование); карту-схему обеспеченности дорожно-строительными материалами.

Табличные материалы должны содержать: перечни существующих автомобильных дорог, сводную ведомость объемов автомобильных грузовых перевозок на отчетный год и перспективные сроки; сводные ведомости грузонапряженности, грузооборота и интенсивности движения по проектируемым дорогам (участкам) за отчетный год и перспективные сроки; сводные таб-

даны объемы пассажирских перевозок и пассажиронапряженности на отчетный год и перспективные сроки; обоснование принятых стоимостей строительства и реконструкции автомобильных дорог (по аналогам, по сметным документам предшествующих изысканий, ориентировочным объемам и калькуляциям с учетом местных единичных расценок и др.); расчет средних стоимостей строительства 1 км дорог по укрупненной схеме ландшафтного районирования (не более пяти-шести зон на экономической район); обоснование классификации зон и признаков, положенных в основу районирования; расчеты и таблицы по определению народнохозяйственной эффективности капитальных вложений; итоги расчетов, обосновывающих и чертание сети автомобильных дорог; ведомости месторождений дорожно-строительных материалов.

В состав четвертого раздела входят текстовые характеристики каждой из рекомендуемых к строительству (реконструкции) автомобильных дорог, включенных в титульный список с приложением карточки со схемой дороги и таблицей основных показателей.

Технико-экономические характеристики должны содержать оценку технического состояния существующей (сопутствующей) дороги, основные сведения об экономическом и административном значении проектируемой дороги (народное хозяйство и транспортные связи района тяготения, важнейшие промышленные центры и города, обслуживаемые дорогой, данные о грузо- и пассажиронапряженности и интенсивности движения автомобилей на расчетные сроки), основные рекомендации, предусмотренные схемой (техническая категория, очередность, стоимость строительства или реконструкции дорог и отдельных участков, административная классификация).

Примерная схема текстовой части технико-экономического доклада по обоснованию схемы развития сети дорог:

#### 1. Введение.

Основание для разработки схемы. Сведения о содержании работ на предшествующих этапах и материалах, использованных при разработке схемы.

Краткая характеристика произведенного технико-экономического обследования.

#### 2. Транспортно-экономическая характеристика.

Общие сведения. Географическое положение и административный состав территории. Численность городского и сельского населения на отчетный год и перспективные сроки. Краткая характеристика природных условий и ресурсов. Общая характеристика экономики.

Размещение хозяйства и транспортные связи.

Промышленность и строительство. Основные отрасли и особенности размещения. Промышленные центры и их производственные связи. Строительная индустрия и особенности ее размещения, транспортные связи. Перспективы развития промышленности и строительства и связанное с этим изменение транспортных связей и объемов автомобильных перевозок.

Сельское хозяйство. Специализация и особенности размещения. Товарная продукция отдельных отраслей, направление и пункты ее вывоза и сдачи. Связи с промышленностью по переработке сельскохозяйственного сырья. Базы снабжения. Перспективы развития сельского хозяйства и сельского строительства и связанное с этим изменение транспортных связей и объемов автомобильных перевозок.

Лесное хозяйство. Основные лесные массивы. Характеристика запасов. Годичная лесосека. Объем заготовок леса. Основные пункты вывоза древесины. Перспективы развития лесозаготовок и связанное с этим изменение транспортных связей и объемов автомобильных перевозок.

Заготовительная и торгово-снабженческая сеть. Особенности ее размещения. Товароборот и перспективы его роста и связанное с этим изменение объемов перевозок по автомобильным дорогам.

Важнейшие города и их транспортные связи.

#### 3. Размещение населения. Пассажирские перевозки.

Численность населения основных населенных пунктов. Подвижность населения за отчетный год и на перспективу. Размещение санаторно-курортных зон и зон отдыха. Пригородные и междугородные пассажирские связи. Перспек-

тивный рост населения и его подвижности и связанный с этим рост пассажирских автомобильных перевозок.

Примечание. В каждом из указанных выше пунктов должны быть приведены нормативы и исходные показатели, положенные в основу расчетов объемов грузовых и пассажирских перевозок.

#### 4. Транспортная сеть.

Общая характеристика путей сообщения. Роль отдельных видов транспорта в обслуживании перевозок.

Автомобильные дороги. Протяжение и плотность сети существующих автомобильных дорог. Типы покрытия. Краткая характеристика проежаемости и технического состояния автомобильных дорог с указанием ведомств и организаций, в ведении которых находятся дороги. Важнейшие автомобильные дороги и подъездные пути. Важнейшие мостовые переходы и переправы через крупные водотоки. Характеристика степени обслуживаемости дорогами населенных мест и населения.

Автомобильный парк. Современное размещение, состав и основные технико-эксплуатационные показатели работы автомобильного парка в районе изысканий. Перспективы развития автопарка.

Железные дороги. Общее протяжение. Плотность сети. Важнейшие линии, узлы и крупные станции. Перспективы реконструкции железных дорог и нового строительства.

Водные пути. Судосходные и сплавные реки. Навигационный период. Перспективы развития водного транспорта и строительства гидроузлов, каналов и морских портов.

Трубопроводы и ЛЭП. Их размещение и перспективы строительства.

Воздушный транспорт. Основные грузовые и пассажирские линии и перспективы развития воздушных перевозок. Размещение и перспективы строительства аэропортов.

#### 5. Природные условия строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Особенности климата. Средние годовые и месячные температуры воздуха (°С). Абсолютный максимум и минимум. Безморозный период. Переход температур через 0°С. Господствующее направление и сила ветра. Осадки и распределение их по месяцам в сезон. Снежный покров. Глубина промерзания почв. Метели, оттепели, гололед. Продолжительность светлого времени дня.

Геологическое строение и особенности рельефа.

Инженерно-геологические условия. Наличие районов, в пределах которых отмечаются оползневые, осыпные, карстовые и просадочные явления, пойменные участки, подверженные размывам, многолетне-мерзлые грунты. Другие особые условия, влияющие на характер и организацию строительных работ.

Гидрография. Важнейшие реки и водохранилища. Озера и болота.

Краткая гидрологическая характеристика. Типы рек. Сроки вскрытия и замерзания рек. Колебание уровней воды в реках. Сроки ледостава. Характеристика стока. Мощность ледового покрова. Сведения о паводках и торосистости, наледи и других условиях.

Гидрогеологические условия.

Краткая характеристика почво-грунтов и растительности.

Подвижные пески, солончи, солончаки и другие неблагоприятные условия.

Краткая характеристика обеспеченности дорожно-строительными материалами (камень, естественный щебень, гравий, песок, лес) района строительства автомобильной дороги и перспективы выявления новых месторождений. Выборочное описание характерных месторождений дорожно-строительных материалов.

Инженерное районирование территории, типы местности (с обоснованием классификации районов и зон).

#### 6. Объем перевозок, грузо-пассажиронапряженность, грузо-пассажирооборот и интенсивность движения.

Объем грузо- и пассажироперевозок в отчетном году и на перспективные сроки. Анализ структуры перевозок по видам грузов. Формирование грузо- и пассажиропотоков (короткопробежные и основные, межобластные, внутрив-

ластные и внутрирайонные) на перспективные сроки. Грузо- и пассажиронапряженность и грузооборот дорог на перспективные сроки.

Интенсивность движения автомобильного транспорта (грузового, автобусного и легкового) за отчетный год и перспективные сроки. Анализ данных непосредственного учета движения автомобильного транспорта.

7. Принципы и предложения по построению и перспективному развитию сети автомобильных дорог.

Краткий очерк развития дорожной сети и анализ исторически сложившейся конфигурации сети дорог в зависимости от развития экономики и особенности природных условий. Взаимодействие автомобильных дорог с другими видами транспорта.

Соответствие технического состояния сети современным и перспективным транспортным связям.

Принципы развития сети основных автомобильных дорог. Варианты. Обоснования и расчеты по оптимизации конфигурации дорожной сети. Принципы последовательности и очередности построения дорожной сети.

Принципы административной классификации.

8. Основные технические решения и рекомендации по строительству и реконструкции дорог и их обоснование.

Технические категории проектируемых дорог по участкам. Обоснование расширения или реконструкции существующих дорог.

Особенности трассирования дорог, принципиальные рекомендации по сооружению земляного полотна, дорожной одежды, искусственных и специальных инженерных сооружений. Обоснование дорожных конструкций и сооружений по типам местности.

Потребность основных дорожно-строительных материалов и источники их получения.

Обоснование мероприятий по охране окружающей среды.

Общие соображения об организации дорожной службы.

9. Стоимость строительства и реконструкции дорог.

Стоимость строительства и реконструкции дорог. Средние стоимости строительства 1 км дороги с учетом районирования территории по условиям дорожного строительства по укрупненным зонам.

Примечания. 1. Обоснование и ориентировочные расчеты стоимости строительства и реконструкции проектируемых дорог приводится в обосновывающих материалах.

2. Стоимость строительства и реконструкции отдельных дорог указываются в «итоговом списке» дорог, рекомендуемых для строительства и реконструкции, и в характеристиках проектируемых дорог.

10. Народнохозяйственная эффективность строительства и определение очередности работ.

Принятый метод, исходные данные для расчета эффективности капиталовложений (грузооборот, себестоимость перевозок, дорожно-эксплуатационные расходы и т. д.). Эффект в других отраслях хозяйства.

Обоснование очередности строительства и финансирования по пятилетиям с подробными данными на первую пятилетку перспективного периода.

11. Выводы и предложения.

Рекомендации по начертанию сети автомобильных дорог, категориям, очередности производства строительных работ. Характеристика обслуживания территории дорогами в результате реализации предложенной схемы.

Рекомендации по административной классификации дорог. Рекомендации для последующих стадий изысканий и проектирования.

Материалы III этапа разрабатываются в порядке уточнения ранее разработанных материалов по схемам развития дорожной сети и должны содержать:

основные показатели технического состояния и загрузки существующих автомобильных дорог всех групп за отчетный год и начальный год перспективного периода;

данные о распределении грузо- и пассажирооборота и транспортной работы по административным группам и категориям дорог;

показатели интенсивности и состава движения на всех дорогах за отчетный и перспективный сроки; показатели годовой и максимальной интенсивности движения на подходах к важнейшим городам;

сведения о протяжении дорог, требующих расширения, реконструкции или усиления дорожных одежд;

характеристику обслуженности населенных мест и населения дорогами общего пользования; анализ современных темпов дорожного строительства и реконструкции дорог за предыдущие 10 лет; изменение соотношения между объемами строительства и реконструкции;

уточнение потерь народного хозяйства от неудовлетворительного состояния и недостаточного развития дорожной сети.

На этом этапе уточняются предложения и технико-экономические обоснования объемов работ и объемов первой пятилетки очередного перспективного периода с разработкой и представлением материалов: об общих объемах строительства, расширения и реконструкции на расчетные периоды; о структуре ввода дорог в эксплуатацию по категориям на первую (очередную) пятилетку с распределением по годам; об общих объемах капитальных вложений на расчетные периоды с разбивкой по источникам финансирования; об ориентировочной потребности дорожного строительства в основных материалах, машинах и механизмах; об ожидаемом состоянии сети автомобильных дорог в результате реализации рекомендаций схемы на расчетные сроки со структурой их по административным группам и категориям; о распределении грузооборота, пассажирооборота и транспортной работы по тем же группам и категориям с оценкой пропускной способности сети на расчетные сроки. Уточнению, детализации и обоснованию подлежат: конкретные предложения на долгосрочную перспективу о строительстве и реконструкции дорог; конкретные предложения к пятилетнему плану строительства и реконструкции дорог с потитульными технико-экономическими характеристиками с обоснованием очередности мероприятий.

В качестве приложений должны разрабатываться перечни (титовые списки) объектов строительства, расширения и реконструкции с основными показателями по общей экономической оценке мероприятий по сети, которые должны включать: объемы капитальных вложений и источники финансирования; данные об экономической эффективности мероприятий; данные о сокращении потребности в транспортных средствах и топливе; данные о сокращении потребности в кадрах на автомобильном транспорте; данные об изменении показателей транспортной обслуженности населения и населенных пунктов; соображения об усилении и модернизации материально-технической базы дорожного строительства, необходимых для реализации мероприятий, рекомендуемых схемой.

Материалы III этапа оформляются в пояснительной записке с приложенным таблиц и графических материалов как соответствующее дополнение к технико-экономическому докладу по обоснованию схемы развития дорожной сети.

Генеральные схемы развития сети магистральных автомобильных дорог и других автомобильных дорог общегосударственного значения утверждаются Госпланом СССР по согласованию с советами министров союзных республик.

Схемы развития сети автомобильных дорог республиканского и местного (включая областные) значения утверждаются советами министров союзных республик по согласованию с советами министров автономных республик и исполкомами областных (краевых) Советов депутатов трудящихся.

#### § III.4. СОСТАВ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБОСНОВАНИЙ

Разработка ТЭО производится за 2—3 года до начала предполагаемого строительства, расширения или реконструкции объектов дорожного хозяйства. На основе сбора необходимой экономической и технической информации должны быть выполнены следующие работы:

по автомобильной дороге — установление на основе анализа размещения производства, населения и транспортных связей перспективной интенсивности движения и мощности проектируемой дороги; определение технико-экономи-

ческих характеристик вариантов направления дороги, технико-экономическое трассирование вариантов; установление и обоснование наиболее целесообразных технических нормативов (категория дороги, количество полос движения, ширина проезжей части, типы дорожной одежды), размещение и принятыяые решения по крупным искусственным сооружениям и комплексам линейно-эксплуатационной и автотранспортной службы; согласование отвода земель для данного объекта; определение расчетной стоимости и обоснование очередности и этапности и строительства автомобильной дороги; расчеты эффективности капитальных вложений, выбор наиболее эффективного варианта; расчеты технико-экономических показателей пусковых комплексов; разработка рекомендаций для дальнейших стадий изыскания и проектирования;

по мостовому переходу (путепроводу) — установление на основе анализа размещения населения и производства и транспортных связей перспективной интенсивности движения и мощности проектируемого сооружения; определение вариантов возможного места мостового перехода (путепровода) и их технико-экономическая характеристика; обоснование основных технических параметров сооружения и подходов к нему (по вариантам); определение объемов работ и расчетной стоимости строительства; согласование отвода земель; расчеты эффективности капитальных вложений и выбор варианта; разработка рекомендаций для последующих изысканий и проектирования объекта.

Технико-экономические обоснования состоят из следующих разделов: I. Исходные положения. II. Обоснование мощности объекта дорожного строительства. III. Обоснование и выбор направления автомобильной дороги (или места размещения проектируемого сооружения). IV. Основные проектные решения. V—VII. Экономика и организация строительства. VIII. Выводы и предложения.

Ниже приведено содержание разделов ТЭО для различных видов строительства.

### **ТЭО проектирования и строительства (расширения, реконструкции) автомобильной дороги**

#### **I. Исходные положения.**

Основание для разработки ТЭО. Транспортно-экономическая характеристика района тяготения дороги и ее роли в обслуживании перевозок грузов и пассажиров. Соответствие решений ТЭО схемам развития сетей автомобильных дорог соответствующих экономических районов (союзных республик), генеральным планам развития городов и проектам районных планировок, утвержденным в установленном порядке. Характеристика современного состояния существующей дороги: техническая, эксплуатационная и экономическая ее оценка. Сведения о сроках и составе выполненных работ по технико-экономическим обследованиям и изысканиям для ТЭО. Сведения о согласовании основных проектных решений.

#### **II. Обоснование мощности автомобильной дороги.**

Объемы грузовых и пассажирских перевозок, грузопассажиропотоки по видам сообщений и интенсивность движения автомобилей на расчетные сроки. Анализ технической возможности и экономической целесообразности использования существующей дороги для обеспечения перспективных автомобильных перевозок. Обоснование мощности проектируемой дороги (категория, число полос движения).

#### **III. Обоснование и выбор направления дороги.**

Основные принципы назначения вариантов направления дороги и рассмотренные варианты. Проложение и оценка трассы по вариантам с учетом экономических, эксплуатационных, технических показателей, особенностей физико-географических условий. Характеристика проложения вариантов трассы дороги с точки зрения соблюдения действующего законодательства СССР и союзных республик об использовании минеральных, водных и лесных ресурсов и охраны природы. Технико-экономическое обоснование потребности отвода земельных угодий для строительства автомобильной дороги. Сведения о предва-

тельном согласовании направления автомобильной дороги с заинтересованными министерствами и ведомствами. Транспортно-эксплуатационные расходы в зависимости от распределения автомобилепотоков по вариантам. Основные технические решения по каждому из вариантов и определение расчетных стоимостей строительства (реконструкции). Технико-экономическое сравнение вариантов по минимуму приведенных затрат. Оценка экономической эффективности капитальных вложений в строительство (расширение, реконструкцию) автомобильной дороги по оптимальному варианту в соответствии с действующей отраслевой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений.

IV. Основные проектные решения по рекомендуемому варианту.

Строительные нормы, правила и стандарты, принятые для проектирования. Характеристика трассы дороги по рекомендуемому варианту. Полосность дороги, ее пропускная способность. Обоснование проектных решений по земляному полотну, конструкции дорожной одежды, искусственным и специальным сооружениям, пересечениям и примыканиям, обстановке дороги на основе сравнения вариантов с учетом обеспечения максимальной безопасности движения. Рекомендации по размещению дорожной и автотранспортной служб.

V. Организация и сроки строительства (расширения, реконструкции).

Объемы основных строительномонтажных работ. Потребность в дорожно-строительных материалах и конструкциях. Рекомендации по механизации строительных работ и потребности в основных видах машин и механизмов. Предложения по транспортной схеме снабжения, созданию производственной базы, технологии работ. Особенности организации строительства, сроки начала и продолжительности его осуществления.

VI. Стоимость строительства (расширения, реконструкции).

Расчетная стоимость строительства (расширения, реконструкции) автомобильной дороги с составлением сводных и при необходимости объектных расчетов применительно к главам сметы.

#### **VII. Экономика строительства.**

Обоснование целесообразности и последовательности осуществления строительных работ с выделением пусковых комплексов. Сравнение технико-экономических показателей проектируемой дороги с показателями построенных и запроектированных отечественных и зарубежных автомобильных дорог. Сравнение технико-экономических показателей существующей и проектируемой автомобильных дорог.

#### **VIII. Выводы и предложения.**

Оценка экономической целесообразности и хозяйственной необходимости проектирования и строительства дороги. Рекомендуемая очередность и последовательность строительства (расширения, реконструкции) автомобильной дороги. Расчетная стоимость строительства в целом и по очередям. Срок окупаемости капитальных вложений. Основные показатели, рекомендуемые к утверждению. Перечень необходимых научно-исследовательских работ и экспериментальных работ. Рекомендуемая стадийность проектирования.

### **ТЭО проектирования и строительства мостового перехода**

#### **I. Исходные положения.**

Основание для разработки ТЭО. Транспортно-экономическая характеристика района тяготения мостового перехода и его роль в обслуживании перевозок грузов и пассажиров. Соответствие решений ТЭО схемам развития сетей автомобильных дорог соответствующих экономических районов (союзных республик), генеральным планам развития городов и проектам районных планировок, утвержденным в установленном порядке. Краткая характеристика места проектируемого перехода (наличие и характеристика переправы и ее пропускная

способность, наименование и категория реки, характеристика автомобильной дороги на подходах к реке и т.п.). Сведения о сроках и составе выполненных работ по технико-экономическим обследованиям и изысканиям для ТЭО. Сведения о согласовании основных проектных решений.

II. Обоснование основных параметров мостового перехода.

Объемы грузовых и пассажирских перевозок по мосту и на подходах к нему, грузопассажиропотоки и интенсивность движения автомобилей на расчетные сроки. Определение категории автомобильной дороги на подходах к проектируемому мосту. Определение проектных габаритов моста.

III. Обоснование размещения (места) мостового перехода.

Основные принципы назначения вариантов размещения мостового перехода, а также вариантов типов перехода (высокоотводный мост, паромная переправа, наплавной мост и т.д.). Размещение и оценка мостового перехода по вариантам с учетом экономических, эксплуатационных, технических показателей и особенностей физико-географических условий. Характеристика размещения вариантов мостового перехода с точки зрения соблюдения действующего законодательства СССР и союзных республик об использовании минеральных, водных и лесных ресурсов и охране природы. Сведения о предварительном согласовании места размещения мостового перехода с заинтересованными министерствами и ведомствами. Основные технические решения по каждому из вариантов и определение расчетных стоимостей строительства. Технико-экономическое сравнение вариантов по минимуму приведенных затрат. Оценка экономической эффективности капитальных вложений в строительство мостового перехода по оптимальному варианту в соответствии с действующей отраслевой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений.

IV. Основные проектные решения.

Строительные нормы, правила и стандарты, принятые для проектирования. Характеристика мостового перехода по рекомендуемому варианту (габариты моста, пропускная способность, схемы моста). Рекомендуемые проектные решения по подходам к мосту: по земляному полотну, дорожной одежде, искусственным и инженерным сооружениям.

V. Организация и сроки строительства мостового перехода.

Объемы основных строительно-монтажных работ. Потребности в дорожно-строительных материалах и конструкциях. Рекомендации по механизации строительных работ и потребности в основных видах машин и механизмов. Предложения по транспортной схеме снабжения, созданию производственной базы, технологии работ. Особенности организации строительства, сроки начала и продолжительности его осуществления.

VI. Стоимость строительства.

Расчетная стоимость строительства мостового перехода с составлением сводных и при необходимости объектных расчетов применительно к главам сметы.

VII. Экономика строительства.

Обоснование целесообразной очередности и последовательности осуществления строительных работ. Сравнение технического уровня и важнейших технико-экономических показателей проектируемого мостового перехода с уровнем и показателями ранее построенных мостовых переходов на отечественных и зарубежных автомобильных дорогах.

VIII. Выводы и предложения.

Оценка экономической целесообразности и хозяйственной необходимости проектирования и строительства мостового перехода. Рекомендуемая очередность и последовательность строительства мостового перехода. Расчетная стоимость строительства в целом и по очередям. Срок окупаемости капитальных вложений. Перечень необходимых научно-исследовательских и экспериментальных работ. Рекомендуемая стадийность проектирования. Основные показатели, рекомендуемые к утверждению.

## Основные материалы и документы, включаемые в ТЭО строительства (реконструкции) автомобильной дороги

Документы, представляемые на утверждение:

I. Пояснительная записка.

II. Приложения: 1) копия задания на разработку технико-экономического обоснования; 2) таблица основных технико-экономических показателей по объекту в целом и пусковым комплексам; 3) схема вариантов трассы дороги; 4) карта-схема транспортной сети; 5) схема транспортных связей на расчетный срок; 6) эпюры грузопассажиронапряженности перегонов автомобильной дороги (по вариантам); 7) графики перспективной годовой среднесуточной интенсивности движения автомобилей (по вариантам); 8) схематическая инженерно-геологическая карта; 9) сокращенный продольный профиль автомобильной дороги; 10) рекомендуемые поперечные профили земляного полотна; 11) линейный календарный график организации строительства; 12) схема размещения важнейших искусственных и других специальных инженерных сооружений на дороге.

Обосновывающие материалы (предъявляемые экспертирующим органам): документы согласований; перечень автомобильных дорог района тяготения проектируемой дороги (с основными данными о их техническом состоянии); материалы о техническом состоянии существующей дороги (линейный график или выкопировки из паспорта дороги); материалы учета движения автомобилей; ведомости транспортных связей; ведомости грузопассажиронапряженности по вариантам проектируемой дороги за отчетный год и на перспективу; варианты конструкций дорожной одежды; ведомость месторождений дорожно-строительных материалов; материалы и расчеты, обосновывающие объемы работ и стоимость строительства; материалы по расчету эффективности капитальных вложений.

## Основные материалы и документы, включаемые в ТЭО строительства мостового перехода (путепровода)

Документы, представляемые на утверждение:

I. Пояснительная записка.

II. Приложения: 1) копия задания на разработку технико-экономического обоснования; 2) таблица основных технико-экономических показателей; 3) карта-схема транспортной сети района тяготения с вариантами размещения сооружений; 4) схема транспортных связей района тяготения на расчетный срок; 5) схема вариантов размещения сооружений с подходами; 6) схема рекомендуемого варианта; 7) схематическая инженерно-геологическая карта района размещения сооружения; 8) инженерно-геологический разрез створа сооружения (по вариантам); 9) календарный график организации строительства.

Обосновывающие материалы (предъявляемые экспертирующим органам): документы согласований; материалы о техническом состоянии существующего моста, паромной переправы (перезезда через железную дорогу); материалы хронометража и учета движения автомобилей; ведомость транспортных связей; варианты схемы моста (путепровода); гидравлические, статистические и конструктивные расчеты и другие вспомогательные таблицы и графики;

материалы и расчеты, обосновывающие объемы работ и стоимость строительства;

материалы по расчету эффективности капитальных вложений.

**Примечание.** Отдельные разделы технико-экономического обоснования в зависимости от характера объекта и конкретных условий строительства следует по усмотрению главного инженера проекта иллюстрировать дополнительно диаграммами, схемами, фотографиями, картограммами и таблицами.

### § III.5. ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЭО И ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Разработка схем развития сетей автомобильных дорог, ТЭО и экономической части технического (техно-рабочего) проекта производится на основе исходной информации, полученной в результате экономических и технических обследований, а также на основе данных инженерных изысканий, состав, содержание, масштабность, детальность и степень точности которых зависят от вида и стадии работ, сложности объекта разработки, категории местности и других факторов, которые должны определяться и детализироваться программой обследований. Техничко-экономические обследования и изыскания, осуществляются в соответствии с государственными планами работ по составлению схем и других материалов по развитию отраслей народного хозяйства и планам работ по составлению технико-экономических обоснований проектирования и строительства предприятий и сооружений, которые отражаются в тематических планах проектно-изыскательских организаций.

Для технико-экономических обследований, как правило, формируются отдельные группы или экспедиции, в которые включаются инженеры-экономисты-дорожники, мостовики, геологи и другие специалисты. Возглавляются работы главным инженером проекта. Состав подразделений, выполняющих работы, зависит от этапов и стадий проектирования, территории и экономической насыщенности района изысканий, наличия материалов прежних лет и заданных сроков исполнения работ.

Техничко-экономические изыскания и разработка технической документации выполняются в сроки, установленные заказчиком. Эти сроки, как правило, не должны быть менее следующих:

Для изысканий и разработки схемы развития сети автомобильных дорог . . . . .	18—24 мес
Для изысканий и разработки ТЭО . . . . .	12—18* »
Для сбора исходных экономических данных и разработки экономической части технического (техно-рабочего) проекта . . . . .	6 »

Вне зависимости от этапов и стадий изыскания имеют три периода работы: подготовительный, полевой и камеральный.

В подготовительный период выполняются: изучение задания на проведение технико-экономических изысканий или обследований или участие в его разработке; изучение по мелкомасштабным картам района предстоящих изысканий с учетом возможных вариантов; изучение по материалам научно-исследовательских и проектных институтов, а также по литературным источникам особенностей размещения производительных сил района изысканий и перспектив их развития; изучение в центральных статистических органах показателей, характеризующих современное состояние и развитие производительных сил района изысканий; ознакомление с размещением и перспективами развития транспорта и состоянием сети автомобильных дорог района изысканий; определение перечня административно-территориальных единиц, подлежащих обследованию; предварительное определение всех заслуживающих внимания вари-

\* Планирование и установление сроков разработки ТЭО должны производиться с таким расчетом, чтобы ТЭО представлялось к утверждению за 2—3 года до установленного народнохозяйственным планом срока начала строительства сооружения.

антов направления проектируемой дороги (размещения сооружения) или сети дорог, отбор наиболее вероятных в экономическом и строительско-эксплуатационном отношении вариантов и объектов для полевого обследования; разработка программы работы применительно к стадии работ, специфике района изысканий и наличию материалов изысканий прежних лет; составление сметы на проведение изысканий и обследований; комплектование личного состава группы (экспедиции), распределение обязанностей и объектов обследования между отдельными сотрудниками, составление заданий и календарных графиков отдельным бригадам (партиям) и исполнителям; дальнейшее изучение материалов по месту нахождения проектной организации (или в центральных организациях, если проектная организация размещена в других городах).

В полевой период выполняются следующие работы: составление списка грузо- и пассажирообразующих точек (в том числе строящихся и проектируемых предприятий, ввод в действие которых предусмотрен в течение расчетного срока); составление перечня автомобильных дорог и подъездов в районе изысканий с характеристикой их технического состояния; сбор сведений о размещении и производственных связях грузо- и пассажирообразующих точек и перспективах развития отраслей народного хозяйства района изысканий; сбор сведений об объемах и направлениях перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом; сбор сведений о перевозках, осуществляемых другими видами транспорта для решения вопросов координации их работы с автомобильным транспортом; изучение работы автотранспортных организаций и сбор данных, характеризующих транспортно-эксплуатационные показатели работы автомобильного транспорта для последующих расчетов интенсивности движения автомобилей; изучение материалов местных проектных и научно-исследовательских организаций и плановых органов, характеризующих перспективы развития отраслей хозяйства и населения района тяготения; предварительные расчеты объемов и транспортных связей грузо-пассажирообразующих пунктов; сбор и изучение данных непосредственного регулярного учета движения автомобилей на дорогах, проводимого дорожно-эксплуатационной службой; получение исходных данных для определения экономической эффективности капитальных вложений; получение материалов для определения народнохозяйственных потерь в условиях существующего состояния сети автомобильных дорог; сбор данных в органах ГАИ и БД о дорожно-транспортных происшествиях; проведение непосредственных обследований и контрольного учета грузового и пассажирского движения путем специальных натурных наблюдений (преимущественно при титульных изысканиях); получение консультаций у местных специалистов; составление рабочих карт и схем по вариантам сети или вариантам обследуемого титула.

Расчитанные объемы перевозок грузов и пассажиров за отчетный год и на перспективные сроки подлежат согласованию с местными плановыми или другими советскими органами и оформляются протоколом (или письмом), в котором должны быть отмечены: полнота и качество собранных материалов; ожидаемый в перспективе объем перевозок по дороге (сети дорог) или сооружению и принципиальные варианты направления трассы дороги или размещения сооружения (подлежащие сравнению в дальнейшей работе); предварительные соображения и рекомендации местных организаций об объектах первоочередного дорожного строительства и реконструкции, а также пожелания, которые должны быть учтены при проектировании. До начала работ необходимо ознакомить местные исполкомы депутатов трудящихся, плановые и статистические органы с задачами и методикой предпринимаемой работы с целью получения необходимого содействия при проведении изысканий.

Источниками получения необходимых сведений являются: областные (краевые), республиканские статистические управления, подразделения госпланов и областных (краевых) плановых комиссий, министерств и ведомств, автотранспортные тресты и управления, управления и отделы железных дорог, паро-

1 Порядок проведения и методы работ по техническим изысканиям автомобильных дорог приведены в гл. IV и V.

ходств, гражданского воздушного флота, проектные и научно-исследовательские институты, а также непосредственно плановые и снабженческо-сбытовые подразделения промышленных, сельскохозяйственных, строительных, торговых и других предприятий и организаций, пользующихся автомобильным транспортом.

В камеральный период обрабатываются материалы, собранные в подготовительный и полевой периоды, применительно к объекту проектирования, составу и стадии проектных работ. Важнейшими работами этого периода являются: составление ведомостей учета автомобильных перевозок и транспортных связей грузообразующих точек за отчетный год и на перспективные сроки по населенным пунктам; составление ведомостей учета короткопробежных железнодорожных грузов, подлежащих переклещению на проектируемые автомобильные дороги; составление ведомости учета пассажирских перевозок за отчетный год и на перспективные сроки; составление ведомостей транспортных связей и объемов перевозок грузов за отчетный год и на перспективные сроки по области (краю), республике, экономическому району (для схемы развития сети автомобильных дорог) и по району тяготения дороги (для ТЭО и технического проекта); расчет грузовых и пассажирских потоков, грузонапряженности и интенсивности движения на перспективные сроки по объектам и перегонам; разработка и сравнение технико-экономических показателей по вариантам и обоснование проектных решений; определение народнохозяйственной эффективности капитальных вложений; составление и издание технической документации.

При проведении экономических обследований важно достаточно достоверно определить две группы исходных экономических показателей, влияющих на правильность рекомендаций и окончательных выводов: первая — для определения мощности и технических параметров объектов дорожного строительства, вторая — для расчетов эффективности капитальных вложений в дорожное строительство. Обе группы показателей являются объектом изучения при проведении экономических изысканий.

Показателем, определяющим мощность и технические параметры объектов дорожного строительства, является интенсивность движения автомобилей, рассчитанная на перспективный период. Она определяется как для сети автомобильных дорог, так и для отдельных титулов двумя основными методами: методом экономико-статистическим (косвенным), который базируется на сборе сведений и показателей, позволяющих путем изучения размещения производства и населения, объемов перевозок грузов и пассажиров, совокупности транспортных связей (корреспонденций) между пунктами района тяготения объектов проектирования определить на заданные сроки направления и размеры грузо- и пассажиропотоков, на основе которых производятся расчеты интенсивности движения; методом прямого непосредственного учета движения автомобилей на дорогах, изучение динамики его развития, состава транспортных средств и автомобилей различного назначения, основных транспортно-эксплуатационных показателей. Наибольшее полнота и точность достигаются при разумном сочетании обоих методов.

Основной исходной базой для всех видов экономических изысканий являются производственно-транспортные связи, определяющие объемы и направления перевозок грузо- и пассажирообразующих пунктов района изысканий проектируемого объекта. Следует учитывать, что обязательная статистическая отчетность не включает прямых показателей, характеризующих объемы и направления внегородских перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом. Эти данные могут быть достаточно достоверными при условии получения взаимно дополняющих друг друга материалов государственной статистической отчетности по транспорту, сведений об объемах и направлениях перевозок, получаемых непосредственно от производственных и других организаций, и плановых разработок автотранспортных организаций.

Сбору сведений об объемах и направлениях перевозок в транспортных связях должно предшествовать изучение размещения производства и населения и перспектив их развития в районе изысканий. Под районом изысканий

подразумевается производственно-территориальный комплекс, предположительно подлежащий обслуживанию проектируемой сетью дорог или отдельной дорогой (мостом) при перевозке грузов и пассажиров. Ориентировочные границы района изысканий устанавливаются еще в подготовительный период, что позволяет определять предстоящий объем изыскательских работ.

В период полевого обследования границы района изысканий уточняются и в конечном итоге выявляется район тяготения, т. е. территория, весь народнохозяйственный комплекс которой будет обслуживаться проектируемой сетью дорог или отдельной дорогой (мостом) для грузовых и пассажирских перевозок автомобильным транспортом.

Районом изысканий при проектировании сети автомобильных дорог служит вся административно-территориальная единица (область, край, республика, экономический район), а также сопредельные районы и города соседних административно-территориальных единиц. При проектировании отдельных титулов (дорог или мостов) район изысканий, как правило, представляет собой территорию, примыкающую к проектируемой дороге (мосту) и ограниченную крупными естественными рубежами или ближайшими автомобильными дорогами, имеющими такую же или более высокую техническую категорию или административный класс.

Материалы, характеризующие развитие производительных сил в перспективе и изменение в связи с этим размеров и направлений транспортных связей, должны быть получены в государственных республиканских или областных (краевых) плановых комиссиях, а также в научно-исследовательских и проектных организациях, разрабатывающих схемы перспективного развития и размещения народного хозяйства отдельных областей, промышленных районов, промышленно-территориальных комплексов, районов сельскохозяйственного освоения (Совет по изучению производительных сил при Госплане СССР, институты по проектированию городов, научно-исследовательские институты районной планировки, институты Генплана и т. п.). Аналогичные материалы по отдельным отраслям народного хозяйства следует получать в отраслевых научно-исследовательских и проектных организациях (Гипрозем, Гипроводхоз, Гипролеспроект, Гипротрансэи, Промтрансстройпроект, Союзморнипроект, Гипроречтранс и т. п.). Перечень этих организаций уточняется в процессе обследования в зависимости от особенностей народнохозяйственной специализации района изысканий.

В тех случаях, когда упомянутые проектные разработки отсутствуют, необходимо по согласованию с плановыми органами определять контуры и основные направления развития хозяйства района изысканий и произвести исходные расчеты, определяющие качественные и количественные показатели транспортных связей, на основе балансовых, нормативных и других расчетов.

В период изысканий изучению подлежат: все виды транспорта в районе изысканий и их взаимодействие, размещение и перспективы развития железных дорог, водного, трубопроводного транспорта и гражданской авиации; размещение и перспективы роста населения и населенных мест; размещение и перспективы освоения природных ресурсов; размещение, специализация, производственные связи и перспективы развития всех отраслей народного хозяйства как в сфере производства, так и в сфере обслуживания населения.

При выполнении перечисленных работ железные дороги должны быть охарактеризованы как по протяжению отдельных железнодорожных линий, так и по наличию станций и узлов с оценкой их грузооборота. Особое внимание должно уделяться тем станциям, грузооборот которых может оказывать влияние на работу проектируемой сети дорог, отдельной дороги (моста) в перспективе с учетом нового железнодорожного строительства.

Водные пути изучаются с точки зрения протяжения судоходных участков, сроков навигации, строительства каналов и водохранилищ, размещения портов и пристаней и их грузооборота, а также возможного взаимодействия водного транспорта с автомобильным при проектировании сети дорог, отдельного титула.

Подробно изучается размещение и техническое состояние существующих автомобильных дорог. При сетевых изысканиях изучаются, как правило, все

автомобильные дороги общего пользования в районе изысканий, при титульных изысканиях — лишь те дороги, которые могут иметь экономическое значение по взаимосвязи с проектируемым объектом.

Изучение всех указанных выше вопросов должно быть подчинено последующему решению основной задачи: наиболее полному учету транспортных связей и грузо- и пассажиропотоков, подлежащих обслуживанию автомобильными дорогами.

Во избежание сбора излишних сведений и показателей следует сосредоточить внимание на изучении данных, которые позволяют: выявить производственно-транспортные связи и произвести расчеты грузопотоков и пассажиропотоков; определить границы района тяготения; произвести народнохозяйственную оценку проектируемой сети дорог, отдельной дороги (мостового перехода).

Необходимо собрать все экономико-статистические, экономико-географические данные применительно к основным разделам документации соответствующей стадии проектирования, определяемой ведомственными инструкциями и образцами (эталонами) оформления предпроектной и проектной документации.

При определении объемов перевозок, грузо- и пассажирооборота необходимо исходить из следующих основных требований, предъявляемых к транспорту: перевозки грузов должны наиболее рационально распределяться между отдельными видами транспорта; перевозки грузов должны выполняться в соответствии с требованиями обслуживаемой клиентуры в сроки, установленные народнохозяйственным планом как для производящих, так и для потребляющих предприятий; грузы должны доставляться в необходимом количестве при высокой сохранности качества и с наименьшими потерями; грузы должны находиться в пути минимальное время; перевозки пассажиров должны выполняться с полным удовлетворением потребностей населения в передвижении с необходимыми удобствами и минимальной затратой времени; транспортные расходы на перевозку грузов и пассажиров и связанные с ними операции должны быть минимальными.

При составлении перечня (списка) грузо- и пассажирообразующих точек в него включаются все предприятия государственной добывающей и перерабатывающей промышленности, сельскохозяйственные предприятия, строительные организации, предприятия государственной и кооперативной торговли, базы по заготовке сельскохозяйственных продуктов, а также дома отдыха, санатории, пионерские и туристские лагеря, базы и автотранспортные организации, осуществляющие грузовые и пассажирские перевозки. Перечни грузо- и пассажирообразующих точек составляются по данным областных статистических управлений.

Сбор экономических показателей, характеризующих транспортную работу объектов проектирования, производится, как правило, за отчетный (отправной) год и на перспективные расчетные сроки (20 лет)\* с разбивкой на промежуточные сроки, определяемые конечными годами периодов перспективного планирования (конечного года соответствующих пятилеток).

В качестве отчетного (отправного) года принимается год, предшествующий году проведения экономических изысканий, за который производится сбор сведений о существующих (современных) перевозках и других экономических показателях. При отсутствии отчетных данных за указанный год сведения о существующих перевозках получают из плановых материалов года обследования (отправной год). Начальным годом перспективного расчетного срока считается год завершения разработки проектной документации. Последний год расчетного периода рекомендуется принимать кратным 5 или 10 (например: 1990, 1995, 2000 и т. д.).

### § III.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

Источниками сведений об объемах и направлениях грузовых автомобильных перевозок служат: анкеты, бланки или карточки обследования, рассылаемые во все грузообразующие точки; выписки из планов перевозок грузов по

\* Расчетные сроки принимаются в соответствии с указаниями СНиП II-Д.5-72, п. 18, дифференцированно. (См. § I.1 настоящего Справочника).

предприятиям и организациям областей, составляемые автотранспортными предприятиями общего пользования на основании заявок грузоотправителей и договоров на перевозку грузов; материалы статистического учета о работе автомобильного транспорта, получаемые органами ЦСУ от всех предприятий, имеющих более 10 автомобилей; нормативные и балансовые расчеты объемов производства и транспортирования по отдельным отраслям и предприятиям, проводимые как отраслевыми проектными организациями, так и подразделениями, осуществляющими экономические изыскания.

По материалам статистического учета автотранспортных предприятий можно получить следующие данные: в форме № 1-тр указывается наличие автомобилей, в том числе технически исправных, количество поступивших (в том числе новых) и выбывших автомобилей; форма № 2-тр содержит сведения о работе грузового автомобильного транспорта и себестоимости грузовых автомобильных перевозок; в форме № 3-тр приводятся данные о распределении перевозок, выполненных автомобильным транспортом общего пользования по грузоотправителям и по родам грузов (уголь, нефтепродукты, руда и т. п.); форма № 3а-тр дает представление о регулярных междугородных (централизованных) перевозках грузов по каждому маршруту и выполненном грузообороте.

Сбор сведений об объемах и направлениях перевозок производится по каждой грузообразующей точке. В качестве грузообразующих точек принимаются: промышленные предприятия, заводы, фабрики, рудники, прииски, шахты, промыслы, электростанции, артели; кохозы и совхозы (центральные усадьбы, а также в ряде случаев фермы и отделения), подсобные хозяйства; лесхозы и леспромхозы, лесосклады; строительные организации (с учетом дислокации объектов строительства); торговые и снабженческие базы, склады, торги, потребсоюзы. Во все предприятия и организации, включенные в список, рассылаются запросы от имени Госплана республики, областного (краевого) исполнительного комитета Совета народных депутатов, в которых кратко излагаются задачи экономических изысканий и предлагается представить сведения обо всех автомобильных перевозках в районе изысканий (сети дорог, отдельной дороге, мостового перехода) за отчетный год и на перспективные сроки.

При группировке и анализе сведений о направлениях и объемах перевозок грузов следует исключить возможность дублирования уже учтенных транспортных связей, не смешивая при этом понятие «дублирование» с понятием «повторные перевозки», которые вполне правомерны (например, ввоз овощей с полей на базы хранения, а затем транспортирование этих овощей в торговую сеть) и подлежат обязательному учету. Во избежание дублирования группировку и учет грузов, подлежащих перевозке автомобильным транспортом, следует, как правило, производить по принципу «вывоза». Принимать во внимание перевозки, учтенные по категории «вывоза», следует лишь в случае, когда данные по категории «вывоза» получены быть не могут.

Для характеристики грузопотоков, а также для определения потребности в подвижном составе и исчисления интенсивности движения автомобилей необходимо установить структуру грузопотоков по определенной номенклатуре, отражающей отраслевую принадлежность, способ перевозки или виды отправок.

По отраслевому признаку грузопотоки распределяются (шифруются) по следующим группам: А — промышленные грузы, Б — грузы сельского хозяйства, В — грузы лесопромышленные, Г — строительные грузы, Д — грузы торговли, Е — прочие грузы.

По способу перевозки различают: навалочные (сыпучие и прочие), наливные, скоропортящиеся, длинномерные и негабаритные, тарные, грузы в контейнерах. По видам отправки (подсортировки) — повагонные, мелкопартионные, контейнерные.

При группировке сведений о перевозках грузов тот или иной груз относят к определенной группе (шифр груза) — по группировочному признаку предприятия или организации, осуществляющих вывоз груза. Так, например,

\* При автоматизации обработки материалов экономических обследований группы следует шифровать в цифровой форме: 1 — промышленные грузы, 2 — грузы сельского хозяйства, 3 — грузы лесопромышленные, 4 — строительные грузы, 5 — грузы торговли, 6 — прочие грузы.



овощи, вывозимые из совхоза на заготовительные базы, должны быть отнесены к группе сельскохозяйственных грузов, а овощи, вывозимые с торговых баз в розничную сеть, должны быть отнесены к группе торговых грузов.

В составе грузов промышленности учитывают вывоз готовой продукции, полуфабрикатов и отходов производства, а также внешний вывоз сырья, топлива, комплектующих изделий оборудования и других снабженческих грузов. Следует иметь в виду, что удельный вес автомобильных перевозок в общем транспортном балансе предприятий тяжелой промышленности сравнительно невелик. Однако, они создают значительные грузопотоки на автомобильных дорогах. При определении перспективных объемов перевозок рекомендуется использовать нормативы автомобильных перевозок относительно объемов производства за отчетный год, экстраполируя их на перспективу с учетом улучшения транспортно-эксплуатационных показателей.

Отчетные данные о перевозках грузов в сельском хозяйстве получают из годовых отчетов колхозов в органах ЦСУ. В расчет следует принимать, как правило, вывоз товарной части всей продукции, удобрений, тары, если вывоз осуществляется по участкам дорог общего пользования, а по ввозу — стройматериалы, топливо, горюче-смазочные материалы, удобрения, запасные части, сельскохозяйственный инвентарь и т. д.

Данные о перспективных объемах перевозок грузов для сельского хозяйства получают в областных (республиканских) сельскохозяйственных и плановых органах, используя одновременно материалы имеющихся районных планировок. В случае отсутствия данных о перспективах перевозок грузов для сельского хозяйства следует выполнить ориентировочные расчеты и балансовые прикидки исходя из роста посевных площадей и поголовья скота, повышения урожайности культур и продуктивности скота, консультируясь с местными специалистами.

Товарную продукцию полеводства в перспективе определяют путем вычитания из валовой продукции расходов по каждой культуре на месте, включающих: личное потребление сельского населения исходя из норм, разработанных Академией медицинских наук СССР; потребность в фураже, определяемую по нормам, установленным планируемыми органами; потребность в семенах, определяемую на основании размеров посевных площадей по культурам и норм высева семян на 1 га посевных площадей.

Показатели, характеризующие массовую перевозку хлебных грузов, должны быть получены в управлениях хлебопродуктов. Там же получают сведения о размещении элеваторов и глубинных хлебоприемных пунктов.

В специализированных хозяйствах, производящих технические культуры (хлопок, сахарную свеклу и др.), товарная продукция, как правило, соответствует валовой продукции.

По животноводству валовую продукцию определяют по продуктивности скота исходя из его перспективной численности. Для определения размеров товарной продукции из валовой продукции исключают: личное потребление молока, мяса, шерсти и яиц в соответствии с нормами потребления; расход молока на выпойку телят и поросят; расход яиц на инкубацию.

Перспективную потребность колхозов и совхозов в минеральных удобрениях, концентрированных кормах, топливе и смазочных материалах, запасных частях, сельскохозяйственном инвентаре, строительных материалах определяют исходя из перспектив роста посевных площадей, поголовья скота, численности населения и др.

К учитываемым перевозкам грузов лесной промышленности относятся внехозяйственные перевозки, осуществляемые лесхозами, леспрохозами и их отделениями. Учету не подлежат перевозки внутри лесоучастков, подвоз древесины к сплавным рекам, а также грузы лесопильной промышленности, лесохимии, которые учитываются по группе А. Следует также иметь в виду, что в перспективе возможно перебазирование некоторых грузобразующих точек лесной промышленности.

В группу строительных грузов включают все строительные материалы, направляемые непосредственно на стройки и строительные базы. Сведения о перевозках строительных грузов (их объемах и направлениях) получают в

соответствующих плановых и строительных организациях. Перевозки строительных грузов учитывают при расстоянии более 2 км (т. е. вне пределов строительной площадки). В случае отсутствия данных, характеризующих объемы перевозок строительных грузов в настоящее время и на расчетные сроки, следует их рассчитывать на основе нормативов расхода строительных материалов на 1 млн. руб. сметной стоимости строительства или строительно-монтажных работ и отдельно для промышленного, сельского и гражданского строительства в соответствии с намеченными объемами капитальных вложений.

Перевозки торговых грузов рассчитывают по данным центральных и областных организаций государственной и кооперативной торговли. Отчетные данные об объемах и направлениях перевозок грузов торговой сети получают из годовых отчетов о товарооборотах. Стоимостные показатели в весовые переводят на основе исчисления норматива средневзвешенной стоимости одной тонны продовольственных и промышленных товаров. Перспективные расчеты объемов перевозок торговых грузов следует выполнять исходя из норм потребления товаров на душу населения и перспектив роста населения на расчетный период (по данным статистических органов). Объем перспективных перевозок торговых грузов определяют из запланированного объема розничного товарооборота на расчетный период. При этом учитывают изменения в размещении пунктов вывоза потребительских грузов в торговую и снабженческую сеть.

Помимо перевозок грузов, учтенных по грузообразующим точкам, указанным выше, часть грузов, так называемые прочие грузы, поступает от различного рода коммунальных, культурно-бытовых, административных и общественных организаций. Эти грузы в связи с их незначительностью и нерегулярностью поступления, а также разпыленностью клиентуры не поддаются учету и планированию, но тем не менее обслуживаются автомобильным транспортом. К ним относятся, например, перевозка всех почтовых отправлений, грузов службы быта и обслуживания населения, лечебно-оздоровительных учреждений и другие, им подобные, а также различные случайные перевозки, потребность в которых возникает на каждом предприятии и в организации в процессе их текущей организационно-хозяйственной деятельности, не связанной с основным производством. Исследованиями установлено, что доля прочих грузов зависит в конечном итоге от специализации и уровня развития экономики района тяготения. Рекомендуется принимать в расчетах долю прочих грузов в размере 35% от учтенного объема перевозок для дорог, обслуживающих экономически высокоразвитые районы и 15—20% для остальных районов.

При экономических изысканиях для обоснования строительства кольцевых и соединительных (обходных) дорог у крупных населенных пунктов дополнительно собирают сведения о внутригородских перевозках грузов с целью выявления возможности переключения их на проектируемую дорогу.

При выявлении объемов грузовых автомобильных перевозок следует предусматривать возможность перераспределения отдельных категорий грузов между основными видами транспорта.

Перспективный объем перевозок грузов автомобильным транспортом определяют с учетом короткопробежных грузов, которые могут быть переключены для перевозок с железнодорожного или водного транспорта на автомобильный. С целью установления возможных размеров короткопробежных перевозок в управлениях (отделениях) железных дорог, народнохозяйств собирают данные об объемах перевозок железнодорожных станций, портов и пристаней в районе изысканий, осуществляемых на расстоянии до 300 км. Повಾಗовые короткопробежные перевозки могут быть определены по заявкам грузоотправителей, подаваемым в управлениях (отделениях) железных дорог.

При наличии в районе изысканий большого количества железнодорожных станций, портов и пристаней со значительными объемами перевозок грузов по прибытию и отправлению к определению размеров короткопробежных перевозок следует привлекать станции механизированного учета, которые выполняют эту работу на базе статистической отчетности.

Сведения о короткопробежных перевозках грузов должны отражать условия перевозки: пункт отправления, пункт назначения, схему перевозки (с уче-

том наличия подъездных железнодорожных путей)<sup>1</sup>; наименование груза (согласно тарифным схемам, принятым на железнодорожном транспорте); вид отправки (вагонные, контейнерные, мелкопартияные); указание отправителя и получателя; род и вес груза, протяженность железнодорожных подъездных путей; расстояние перевозки и направление (грузовое или порожнее); тип дорожного покрытия проектируемой дороги.

При определении объемов короткопребжных железнодорожных перевозок по заявкам отправителей последние не всегда содержат подробные данные о массе перевозимого груза. В этих случаях массу груза определяют на основании утвержденных МПС технических норм загрузки вагонов.

Объемы короткопребжных перевозок рассчитывают по укрупненным группам грузов в зависимости от их характера и дальности рациональной перевозки автомобильным транспортом по сравнению с железнодорожным и водным. Перспективные объемы перевозок короткопребжных грузов устанавливают на основании анализа существующих перевозок и имеющихся плановых и проектных разработок по развитию соответствующих отраслей народного хозяйства с учетом перспектив развития транспортной сети района изысканий.

Объем перевозок грузов, передаваемых с железнодорожного транспорта на автомобильный в связи с закрытием малодеятельных железнодорожных станций, и сроки их передачи устанавливают по согласованию с управлением железной дороги.

Целесообразность переключения короткопребжных железнодорожных перевозок на автомобильный транспорт определяется условием, что перевозка автомобилями будет осуществляться на расстояние меньше критического. Критическим называется расстояние перевозки, при котором оба вида транспорта дают равноценные результаты по народнохозяйственным издержкам на перевозки.

Критическое расстояние можно определить по формуле

$$I_{кр} = \frac{C_{ж.д} - C_a + b_n (P_{ж.д} - P_a) + a_n I_n + a_a I_a}{a_a - a_{ж.д}}, \quad (III.1)$$

где  $C_{ж.д}$  — расходы на начально-конечную операцию при перевозке по железной дороге, коп/т;  $C_a$  — расходы на начально-конечную операцию при прямой автомобильной перевозке, коп/т;  $b_n$  — затраты на погрузку (выгрузку), коп/т;  $P_{ж.д}$  и  $P_a$  — количество погрузок-выгрузок соответственно при перевозке по железной дороге и автомобилями;  $a_n$ ,  $a_a$  — соответственно затраты на 1 ткм подвоза (вывоза) к железнодорожным станциям, коп;  $I_n$ ,  $I_a$  — соответственно расстояния подвоза (вывоза), км;  $a_{ж.д}$  — затраты, зависящие от расстояния перевозки автотранспортом, коп/ткм;  $a_a$  — то же, по железной дороге, коп/ткм.

Сопоставление расходов на перевозки не всегда является решающим при определении целесообразности переключения перевозок на автомобильный транспорт, поскольку на величину целесообразной дальности прямой автомобильной перевозки влияет скорость доставки груза, затраты на складирование грузов и связанная с ними экономия оборотных средств.

Дополнительный экономический эффект (руб./т) может быть исчислен по формуле

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{C (T_{ж.д} - T_a) E_n}{365}, \quad (III.2)$$

где  $C$  — оптовая цена 1 т груза, руб.;  $T_{ж.д}$  — срок доставки груза железнодорожным транспортом, дней;  $T_a$  — срок доставки груза прямой автомобильной перевозкой, дней;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности. При сравнении расходов на перевозки следует сумму экономии от ускоре-

ния доставки прибавить к затратам на перевозку груза железнодорожным транспортом или вычесть из затрат на прямую автомобильную перевозку и соответственно увеличить расчетное критическое расстояние.

Более подробно методика расчета экономически целесообразных расстояний (критических расстояний) применению автомобильного транспорта вместо короткопребжных перевозок по железной дороге освещена в «Методических указаниях по технико-экономическому обоснованию распределения перевозок грузов между железнодорожным и автомобильным транспортом» (ИКТП при Госплане СССР).

При разработке ТЭО можно пользоваться данными гл. II настоящего справочника.

Сбор материалов о грузовых перевозках завершается подведением итогов и исчислением объемов перевозок по группам грузов, которые согласовываются с местными плановыми органами. Общие итоги за отчетный год следует сопоставить с данными транспортной статистики в республиканских, областных (краевых) статистических управлениях.

Работы по сбору данных о перевозках завершаются группировкой грузов по парам корреспондирующих пунктов и составлением основной исходной ведомости транспортных связей (или шахматки корреспонденций) района изысканий (форма № 6), которая используется для дальнейшей камеральной обработки материалов и экономического проектирования.

Ведомость транспортных связей (форма № 6) составляют в два приема. Первоначально, поскольку каждую пару корреспондирующих пунктов записывают в ведомости лишь один раз, повторяющиеся в ведомости автомобильных перевозок (форма № 3) корреспонденции следует предварительно суммировать в черновой ведомости транспортных связей или в косой таблице<sup>1</sup>.

Ведомости транспортных связей составляют раздельно по каждой группе транспортных связей. Различают следующие группы транспортных связей: внутрирайонные, межрайонные (внутриобластные), межобластные, межреспубликанские, международные.

Внутрирайонные транспортные связи отражают наиболее распыленные корреспонденции местных населенных пунктов между собой, с районными центрами, станциями железных дорог, речными пристанями, местными аэропортами. Они отличаются наименьшими дальностями перевозки (до 20 км).

Межрайонные (внутриобластные) связи осуществляются на расстояние до 100 км (а в малозоселенных в экономическом отношении территориях и более 100 км) между промышленными центрами, транспортными узлами и станциями и тяготеющими к ним глубинными пунктами и районами по дорогам общего пользования областного и республиканского значения. Эти транспортные связи имеют, как правило, наибольший удельный вес в грузообороте автомобильных дорог общего пользования.

Межобластные и межреспубликанские транспортные связи характеризуются наиболее дальними перевозками между соседними областями или краями (в пределах одного экономического района), между отдельными областями соседних республик и экономических районов. В настоящее время в связи с недостаточным еще развитием сети республиканских и общегосударственных дорог с капитальными типами дорожных покрытий эти связи во внегородских перевозках занимают небольшое место. Однако в перспективе, а тем более с развитием движения автомобильных поездов эти перевозки будут возрастать ускоренным темпом.

Группировка транспортных связей дает возможность: определить направление перевозок в районе тяготения; выявить соответствие между производственно-транспортными связями и направлением путей сообщения; выявить и рассчитать грузовые потоки, а затем грузонапряженность отдельных дорог и экономических перегонов.

<sup>1</sup> Схемы перевозки могут быть следующие: ПП-МЖД-ПП, А-МЖД-ПП, А-МЖД-А. Обозначение перевозок: МЖД — перевозка по магистральной железной дороге, ПП — по подъездному железнодорожному пути, А — автомобильным транспортом.

<sup>1</sup> При автоматизации обработки материалов экономического обследования корреспонденции суммируют непосредственно по черновой таблице по форме № 3 или по карточкам обследования с разработкой на их основе всех данных о грузопотоках.

Для наглядного изображения величины и направления отдельных транспортных связей составляют карту-схему транспортных связей (на каждый расчетный срок).

Разработка ведомости транспортных связей завершается суммированием объемов перевозок и составлением сводной ведомости объемов автомобильных перевозок.

На основе ведомости транспортных связей разрабатывают схемы грузопотоков по дорогам и вычерчивают грузонапряженность и грузооборот дорог или отдельных перегонов. Для определения грузонапряженности перегонов, т. е. количества грузов в тоннах-нетто, следующих по перегону в обоих направлениях за год, вычерчивают графики-схемы существующей и проектируемой сети дорог или вариантов дороги с подъездами, на которые заносят данные по каждой группе грузов с размерами и направлениями следования от начального к конечному пункту транспортной связи. Распределение грузового движения по перегонам дороги (разноску грузов) производят применительно к кратчайшему маршруту следования (или применительно к минимальному времени сообщения). Каждую корреспонденцию фиксируют справа от условной оси дороги или перегона на графике-схеме, записывая справа от оси дороги величину транспортной связи по каждой группе грузов.

Полученная схема грузопотоков служит для составления сводной ведомости грузонапряженности, грузооборота и интенсивности движения по перегонам дорог (форма № 8). Рекомендуется при составлении сводной ведомости грузонапряженности перегонов для ТЭО учитывать перестройку транспортных потоков и увеличение полосы тяготения после сооружения дороги. Для этого перспективную расчетную грузонапряженность дороги можно исчислить по формуле

$$Q = Q_{э.о} K_{п.т.} K_{т.с.} \quad (III.3)$$

где  $Q_{э.о}$  — перспективная грузонапряженность перегонов, определенная на основании экономических обследований;  $K_{п.т.}$  — коэффициент увеличения полосы тяготения к дороге после постройки ее по сравнению с полосой, соответствующей состоянию путей сообщения в период экономических обследований;  $K_{т.с.}$  — коэффициент, учитывающий перестройку транспортных связей после сооружения дороги, технически более совершенной по сравнению с дорогами, имевшимися при обследовании.

Значения коэффициентов  $K_{п.т.}$  и  $K_{т.с.}$  зависят от многих факторов и могут быть установлены лишь с учетом конкретных особенностей района проектирования. Для ориентировочных расчетов могут быть использованы числовые значения  $K_{п.т.}$  и  $K_{т.с.}$ , выявленные на основе специальных контрольных экономических обследований широкой сети автомобильных дорог за многие годы эксплуатации их после сооружения<sup>1</sup>.

Коэффициент увеличения полосы тяготения  $K_{п.т.}$  равен:

1,25 для дорог, сооружаемых в районах со средним удельным протяжением дорог с твердым покрытием более 0,2 км на 1 км<sup>2</sup> территории;

1,5 для дорог, сооружаемых в районах со средним удельным протяжением дорог с твердым покрытием 0,2—0,05 км на 1 км<sup>2</sup> территории;

1,75 для дорог, сооружаемых в районах со слабо развитой сетью дорог, при среднем удельном протяжении дорог с твердым покрытием менее 0,05 км на 1 км<sup>2</sup> территории.

Коэффициент, учитывающий изменение транспортных связей при сооружении технически более совершенных дорог по сравнению с ранее существовавшими дорогами совпадающих направлений,  $K_{т.с.}$  принимается в зависимости от изменения технических категорий дорог:

1,2 для дорог, сооружаемых в порядке реконструкции существующих дорог с твердыми покрытиями с повышением технической категории не более чем на одну категорию против существующей;

1,5 при сооружении дорог в порядке коренной реконструкции ранее существовавшей дороги с повышением на две-три технические категории;

1,5—1,8 при сооружении дорог по новым направлениям (более высокие значения коэффициентов следует принимать на дорогах высших категорий).

По показателям ведомости грузонапряженности перегонов дорог может быть исчислен грузооборот дороги или сети дорог. Грузооборот — транспортную работу определяют как произведение грузонапряженности перегонов (участков) дороги или количества перевезенных грузов на протяжении перегонов (участков) дороги или на дальность перевозки грузов (ткм):

$$Z_r = q l.$$

Общий грузооборот сети или отдельной дороги определяется суммированием грузооборота отдельных перегонов или участков всех дорог района изысканий или района тяготения:

$$\sum Z_r = \sum q l.$$

Транспортная работа может измеряться произведением интенсивности движения на средний пробег автомобиля (авт.-км):

$$\sum Z_r = \sum M l.$$

Важным показателем, используемым в дальнейших расчетах, является средняя дальность перевозки 1 т груза, которая определяется как частное от деления общего грузооборота всех дорог (или для отдельной дороги — грузооборота всех участков) на общий объем перевозок грузов за 1 год:

$$l_{ср} = \frac{\sum q l}{Q},$$

где  $l$  — расстояние перевозки (или длина перегона либо участка дороги);  $q$  — количество перевезенных грузов (по корреспонденциям или грузонапряженности перегонов либо участков дорог);  $Q$  — общее количество перевезенных грузов.

На основе ведомости по форме № 8 вычерчивают эпюры грузонапряженности сети или отдельных дорог и перегонов, дающие наглядное представление о направлении и структуре грузопотоков.

### § III.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Пассажирские перевозки занимают значительное место в транспортной работе автомобильных дорог, и в перспективе они будут расти гораздо большими темпами, чем грузовые перевозки, особенно в районах размещения крупных предприятий истроек, на пригородных участках дорог, на подъездах к железнодорожным станциям, в местах размещения зон отдыха, санаторно-курортных учреждений, исторических и других объектов массовых экскурсий и туризма, а также в районах, не обеспеченных другими видами транспорта.

Перевозки пассажиров осуществляются транспортом общего пользования (автобусы, такси), ведомственным (автобусы, легковые автомобили), индивидуального пользования (легковые автомобили, мотоциклы, мотороллеры). При учете пассажирских перевозок различают регулярные и эпизодические, пригородные и дальние перевозки.

Объем перевозок пассажиров автобусами учитывают по данным пассажирских автотранспортных предприятий общего пользования (облавтогостов, управлений пассажирского транспорта и т.п.), а также ведомственных автокозлайств, осуществляющих регулярные перевозки рабочих и служащих к месту работы (вахты в районах нефтедобычи, смены горнорудных предприятий, строительных организаций, линейных предприятий и т.п.). Сведения об автобусных перевозках должны отразить количество и направление автобусных маршрутов, а также данные о развитии автобусного движения в перспективе при условии реализации планов дорожного строительства (по сети дорог, отдельной дороге или мостовому переходу).

Статистические отчетные данные об автобусных перевозках содержатся в ведомостях формы № 4-5-тр, находящихся на автотранспортных предприятиях. Форма № 4-тр содержат данные о внутригородских, пригородных и разо-

<sup>1</sup> По данным Сюздорнии.

вых автобусных перевозках с указанием количества автобусных маршрутов, их протяженности, количества перевезенных пассажиров и выполненных пассажиро-километров.

Сведения о междугородных автобусных перевозках с указанием наименования маршрутов (начальные, промежуточные, конечные пункты), их протяженности, количества перевезенных пассажиров и выполненных пассажирокилометров берут из ведомости формы № 5-тр.

Для наглядности составляют схему автобусных маршрутов с нанесением основных пассажирообразующих и пассажиропоглощающих пунктов.

Сведения об автобусных перевозках по всем видам автотранспортных предприятий группируют в ведомости пассажирских автобусных линий (форма 5). По заполнении таблицы по маршрутным, заказным и ведомственным автобусам составляют сводную таблицу пассажирооборота на автобусном транспорте, в которой указывают количество автобусов и пассажирооборот, среднюю дальность ездки.

Изучение объемов пассажирских перевозок, осуществляемых легковыми автомобилями, затрудняется отсутствием статистических данных. В связи с этим целесообразно проводить обследование двумя дополняющими друг друга методами; изучением отчетных данных; проведением контрольных наблюдений за движением легковых автомобилей по дорогам. Объемы перевозок пассажиров легковыми автомобилями могут быть определены по данным таксомоторных парков и наблюдений за движением легковых автомобилей.

Общее количество перевезенных пассажиров легковыми автомобилями за период времени находят по формуле

$$P_T = T_{п.ср} \gamma_{ср} \sum_{i=1}^m A_i q_i, \quad (III.4)$$

где  $T_{п.ср}$  — среднее количество посадок в автомобиль;  $\gamma_{ср}$  — средний коэффициент использования вместимости;  $A_i$  — количество легковых автомобилей  $i$ -й марки;  $q_i$  — пассажироместность одного автомобиля  $i$ -й марки;  $m$  — количество марок легковых автомобилей.

Общий объем транспортной работы легковых автомобилей (пассажиро-километры) выражается зависимостью

$$Q_T = P_T l_{ср}, \quad (III.5)$$

где  $P_T$  — общее количество перевезенных пассажиров;  $l_{ср}$  — среднее расстояние поездки.

Среднее расстояние поездки определяют как отношение величины пробега на количество посадок.

Пассажироместность и удельный вес внегородских перевозок такси могут быть определены по результатам разовых наблюдений за движением с заполнением специальной ведомости.

Общее количество пассажиров, перевезенных легковыми автомобилями индивидуальных владельцев, подсчитывают в два приема. Первоначально по данным статистических органов ГАИ определяют общее количество легковых автомобилей индивидуальных владельцев; по данным организаций нефтесбыта определяют количество проданного топлива. На основе этих сведений находят общий пробег автомобилей (согласно норме расхода топлива на 100 км пробега) и пробег одного автомобиля. Затем по данным контрольного учета движения легковых автомобилей определяют количество их внегородских поездок.

С учетом этих данных устанавливается норматив: отношение поездок по внегородским дорогам к общему количеству поездок, осуществленных легковыми автомобилями индивидуальных владельцев. Данные о количестве и направлении поездок могут быть получены также путем выборочного анкетного обследования владельцев легковых автомобилей.

На основе суммарных данных об объемах перевозок пассажиров за отчетный период определяют транспортную подвижность населения как отношение количества перевезенных пассажиров к численности населения района изысканий.

Объемы перевозок на перспективу вычитывают по показателю транспортной подвижности, т. е. показателю вероятных поездок, совершаемых одним жителем в среднем за год.

Транспортную подвижность населения находят по формуле

$$B_{тп} = \frac{\sum P}{N}, \quad (III.6)$$

где  $P$  — количество перевезенных пассажиров;  $N$  — перспективная численность населения в районе изысканий (тяготения)

или по формуле

$$B_{тп} = \frac{\sum P}{\sigma F}, \quad (III.7)$$

где  $\sigma$  — плотность населения района изысканий (тяготения);  $F$  — площадь района изысканий (тяготения).

Для перспективных расчетов пассажиропотоков можно пользоваться формулой

$$\sum P = B_{тп} N, \text{ или } \sum P = B_{тп} \sigma F. \quad (III.8)$$

К числу факторов, оказывающих влияние на формирование пассажиропотоков и их распределение по транспортной сети, относятся сложившаяся экономика района, расселение жителей относительно места их работы и отдыха, плотность населения, степень обеспеченности транспортом. Подвижность населения зависит от характера и целей поездок в соответствии со структурой постоянного населения (рабочие и служащие, учащиеся, крестьяне, несамодеятельное население и т. д.) и приезда населения (командированные, отдыхающие).

Для определения подвижности населения целесообразно проводить анкетные выборочные обследования направлений и целей поездок применительно к каждой структурной группе населения. При этом следует различать поездки трудовые, культурно-бытовые и др.

Важно при определении пассажиропотоков подробно изучать размещение и пассажироемость пассажиропоглощающих и пассажирообразующих точек (пункты и зоны расселения и отдыха населения, санатории и курорты, пионерские и туристские лагеря, места массового туризма и экскурсий и т. п.) и перспективы их развития, а также сезонность их деятельности. Эти сведения могут быть получены в организациях, разрабатывающих проекты районных планировок (Гипротранс и др.), проекты развития туризма, лечебно-оздоровительных учреждений и зон отдыха (ЦНИИ проектирования лечебно-курортных зданий и др.).

Перспективное пассажирское движение может быть рассчитано с учетом вышеизложенного на основе расчета пассажирских транспортных связей в районе тяготения и определения пассажиронапряженности перегонов дорог (аналогично грузовым перевозкам). Транспортные связи определяют исходя из поездок жителей городов и населенных пунктов района тяготения дороги на отдых (длительный, кратковременный и местный), на работу в крупные города, поездок культурно-бытовых в административно-культурные центры, на аэродромы.

Для расчета пассажирских перевозок необходимо получить следующие исходные материалы: варианты перспективной сети автомобильных дорог или варианты проектируемой дороги; сведения органов ЦСУ о численности населения района по городским и сельским населенным пунктам на перспективные годы; схему размещения зон отдыха и их вместимость на перспективный срок с указанием направлений пассажиропотоков на отдых (кратковременный и длительный); сведения о трудовых поездках населения в районе тяготения дороги; сведения о размещении пассажирооборота аэропортов на перспективу.

Из общего объема пассажиропотоков  $Q$  самыми значительными являются поездки жителей городов в места отдыха района тяготения проектируемой

дороги. Объем пассажирских перевозок при поездках на отдых  $Q_0$  определяют по следующей формуле:

$$Q_0 = \frac{2qTK}{t} \quad (III.9)$$

где  $Q_0$  — объем пассажирских перевозок за год при поездках на отдых, тыс. чел.;  $q$  — одновременная емкость зоны отдыха жителей города, тыс. чел.;  $K$  — коэффициент сезонности, учитывающий продолжительность отдыха жителей города по периодам года (при кратковременном отдыхе  $K=0,4$ , при длительном отдыхе  $K=0,8$ );  $t$  — средняя продолжительность отдыха одного отдыхающего, дней (при кратковременном отдыхе  $t=1,5$ , при длительном отдыхе  $t=20$ );  $T$  — число дней в году, принятое для расчета 300.

Объем пассажирских перевозок, связанных с местным отдыхом, можно рассчитать по показателю подвижности населения по поездкам на отдых.

$$h_0 = \frac{P}{H_T}$$

где  $h_0$  — подвижность населения на местный отдых, кол-во поездок на 1 жителя в год;  $P$  — полная годовая емкость мест массового отдыха в районе тяготения дороги, тыс. чел.;  $H_T$  — численность городского населения всех населенных пунктов района тяготения проектируемой дороги, тыс. чел. Объем пассажирских перевозок при поездках населения района тяготения дороги на работу (трудовые поездки) рассчитывают по показателю подвижности населения по трудовым поездкам

$$P_T = \frac{V}{H} \quad (III.10)$$

где  $P_T$  — средняя подвижность населения по трудовым поездкам;  $V$  — общее количество трудовых поездок за год, тыс. чел.;  $H$  — численность населения всех населенных пунктов района тяготения проектируемой дороги, тыс. чел.

При подсчете объемов трудовых поездок следует иметь в виду, что подвижность населения на работу неодинакова в различных зонах района тяготения дороги. Она больше средней подвижности около крупных городов и значительно меньше средней подвижности по мере удаления от них. Это учитывается дополнительными коэффициентами, равными соответственно  $\sim 1,5$  и  $\sim 0,5$ .

Объем пассажирских перевозок при поездках жителей на работу (трудовые поездки) определяют по формуле

$$Q_T = H_1 1,5n_T + H_2 n_T + H_3 0,5n_T \quad (III.11)$$

где  $Q_T$  — объем пассажирских перевозок за год при поездках на работу, тыс. чел.;  $H_1, H_2, H_3$  — население всех населенных пунктов по различным зонам района тяготения дороги, тыс. чел.;  $n_T$  — средняя подвижность населения на работу.

Объем пассажирских перевозок при культурно-бытовых поездках принимается условно в 2—3 раза больше объема пассажирских перевозок при поездках на работу.

Объем пассажирских перевозок при поездках на аэродром определяют аналогично расчету при поездках на работу.

### § III.3. ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ТЭО СТРОИТЕЛЬСТВА ОТДЕЛЬНЫХ ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Обходные (соединительные) и кольцевые дороги. Особенности технико-экономического обоснования и проектирования обходных и кольцевых автомобильных дорог определяются целевым назначением и специальными требованиями, к ним предъявляемыми.

При определении района экономического обследования кольцевых и обходных дорог в его пределы необходимо включать: территорию фактической

застройки города, обходяемого обходной (полукольцевой, кольцевой) дорогой; перспективную планировочную территорию; пригородную зону в соответствии с материалами генерального плана развития города и с проектами районной планировки.

Для правильного определения границ района изысканий необходимо детально изучить экономическое значение населенного пункта, обходяемого проектируемой дорогой, а также особенности его планировки и расселения жителей. Как правило, границам района изысканий определяются административными границами области, в пределах которой расположен обследуемый город.

В дополнение к обычному перечню организаций, у которых в полевой период надо получить отчетные статистические и плановые материалы при производстве изысканий обходных и кольцевых дорог, за полученным исходным сведениям следует обращаться: в городское статистическое управление, в Горплан, в Управление городского архитектора, в городские транспортные организации, а также во все организации, осуществляющие руководство сосредоточенными в городе и его пригородах промышленными предприятиями и строительными объектами, торговыми и заготовительными базами и складами.

При определении района тяготения необходимо дополнительно изучить не только транспортные условия непосредственно прилегающей к дороге территории, но и транспортные условия в черте города. При этом, учитывая размещение грузообразующих и грузопоглощающих точек и характер их производственно-транспортных связей, необходимо определить часть городской территории, которая будет обслуживаться проектируемой дорогой после ввода ее в эксплуатацию (исходя из сопоставления затрат, требуемых для осуществления перевозок по городским улицам и проездам с затратами на перевозки с использованием проектируемой дороги).

В связи с этим должны проводиться натурные обследования и хронометраж различных принципиально возможных вариантов маршрутов городского и транзитного движения с учетом их выходов на проектируемую дорогу.

В списке грузообразующих точек следует включать все городские грузообразующие объекты, указывая, в каких секторах города они размещаются. Необходимо также составить схему размещения важнейших грузообразующих объектов, расположенных в городе и в тяготеющих к нему пригородах с распределением их по секторам.

Детальному изучению подлежат протяженность, техническое состояние, условия проезжаемости и режим автомобильного движения на основных городских магистралях, городских дорогах, улицах, площадях и проездах, а также на дорогах пригородной зоны.

В итоге исследования современного состояния и перспектив развития городского и пригородного транспорта должна быть составлена карта-схема дорожной сети района изысканий, в том числе основных магистралей города и дорог, расположенных в пригородной зоне.

Проектируемая дорога, как правило, должна разделяться на экономические перегоны, границами которых обычно являются радиальные дороги или примыкания подъездов к крупным грузообразующим точкам.

Учет перевозок пассажиров наряду с изучением внегородского автобусного движения, осуществляемого транспортными организациями, крупными промышленными предприятиями, а также санаторно-курортными и другими учреждениями, располагающими собственным автотранспортом, должен опираться на данные о внутригородских регулярных пассажирских автобусных линиях, обслуживающих периферийные части города и его пригороды.

В отдельных случаях целесообразно проводить непосредственные опросные учеты пассажиров с выявлением целей поездок.

При выявлении перспективных транспортных связей, которые предположительно будут обслуживаться проектируемой дорогой, надлежит четко разграничивать следующие разновидности транспортных связей (между попарно корреспондирующими пунктами): транспортные связи города — между отдельными секторами города; между городом и его пригородом; между городом и пунктами, расположенными вне данной области за пределами пригородной зоны; между городом и пунктами, расположенными вне данной области; транзитные

транспортные связи — между пунктами, которые оба расположены в пригородной зоне, между пунктами, один из которых расположен в пригородной зоне, а другой за пределами пригородной зоны, но в пределах обследуемой области; между пунктами, которые расположены в обследуемой области, но вне пригородной зоны; между пунктами, один из которых расположен в обследуемой области (вне пределов пригородной зоны), а другой вне обследуемой области; между пунктами, которые расположены вне обследуемой области.

Все перечисленные разновидности транспортных связей, за исключением транспортных связей между пунктами, расположенными вне обследуемой области, должны группироваться по секторам и коррелироваться по данным экономических обследований и по данным непосредственного опросного учета водителей.

Для выявления перевозок, которые целесообразно направить на проектируемую дорогу, следует предварительно на основе расчета транспортных затрат определять для каждого сектора удельный вес (долю) этих транспортных связей в общем объеме перевозок и корреспонденций и произвести соответствующую их группировку.

**Мостовые переходы.** Особенности экономических обследований при технико-экономическом обосновании строительства мостовых переходов определяются необходимостью решения трех основных специфических задач — определением оптимального места перехода, эффективности и параметров сооружения.

В дополнение к сбору сведений и расчетам, которые осуществляются при разработке ТЭО автомобильных дорог, необходимо получить данные о перевозках на действующих переправах через водоток как в месте предполагаемого строительства, так и на ближайших автодорожных переправах и мостах выше и ниже по течению, а также на железнодорожных переправах.

При условии постройки мостового перехода, группировке и анализу подлежат:

транспортные связи, реализуемые только автотранспортом при сохранении существующих условий переправы;

транспортные связи, реализуемые автомобильным и железнодорожным транспортом совместно, которые в случае строительства моста будут осуществляться только автотранспортом;

транспортные связи, которые будут вызваны сооружением мостового перехода.

При сборе сведений о перевозках необходимо дополнительно запрашивать организации и предприятия о количестве и качестве потерь, которые имеют место в связи с отсутствием постоянной переправы и перерывами движения через водоток, а также о нереализованных в связи с этим возможностях развития производства, более рационального использования трудовых и природных ресурсов. В дорожно-эксплуатационных или коммунальных органах необходимо получить сведения о затратах на содержание и периодическую ликвидацию и организацию переправы; количестве перевезенных грузов, пассажиров и интенсивности движения автомобилей; времени, необходимом для переправы одного автомобиля; периодах эксплуатации и продолжительности перерывов движения (при ликвидации переправы в период паводка или ледостава и в периоды проводки судов).

Для получения необходимых исходных данных следует также изучить в натуре режим работы переправы, провести хронометраж движения автомобилей и контрольные опросы водителей о маршрутах следования в периоды перерыва работы переправы. При обосновании выбора места перехода следует иметь в виду, что переправы через реки на автомобильных дорогах, как правило, размещаются в пределах городов. В этих случаях должны быть рассмотрены варианты размещения мостового перехода как в пределах города, так и вне или в обход населенного пункта. Это обстоятельство предопределяет необходимость рассмотрения проблемы с учетом подходов, включающих и варианты обходной дороги (или полукольцевой дороги), и соответственно в программу обследований должны дополнительно включаться работы, которые выполняются при технико-экономическом обосновании строительства обходных (кольцевых) автомобильных дорог (см. выше).

**Пересечения автомобильных дорог.** Для технико-экономического обоснования пересечений должны быть получены исходные данные для определения количества, местоположения, вида (пересечение, примыкание, разветвление), типа и схемы пересечений автомобильных дорог.

Дополнительно к расчетам интенсивности движения на каждой дороге, подходящей к пересечению, следует на основе данных о транспортных связях и направлении потоков составить схему-график распределения интенсивности движения применительно к варианту пересечения по схеме полного «квадратного листа» с расчетом интенсивности движения на каждом его элементе. Показатели интенсивности движения изображаются на каждом элементе цифрами. Этот график в дальнейшем служит для назначения вариантов конструкций и параметров каждого элемента и определения исходных данных о потерях времени при движении автомобилей на пересечениях в одном уровне.

При подсчете потерь времени на пересечениях в одном уровне, где имеются потоки различных направлений движения, необходимо привести поток второстепенной дороги к равносильному движению.

На транспортных развязках в разных уровнях также наблюдаются потери времени, но не всем потоком, а лишь той его частью, которая движется по элементам развязки, выполняя левый или правый поворот. Эти потери возникают за счет того, что съезды на развязках в разных уровнях проектируются на расчетную скорость меньшую, чем средняя скорость прямых направлений.

### § III. ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ФАКТИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Для получения сведений о фактической интенсивности движения автомобилей на существующих дорогах района изысканий проводят натурные наблюдения за движением. Различают учет движения без остановки автомобилей (количественный) и с остановкой автомобилей и опросом водителей.

Натурный учет без остановки автомобилей проводится регулярно органами дорожной службы на автомобильных дорогах, как правило, каждый месяц в течение 2 сут. На основе 24 наблюдений в течение года рассчитывают среднегодовые показатели размеров и состава суточного движения, анализ которых за ряд лет позволяет выявить тенденцию и темпы изменения интенсивности движения автомобилей за прошедшие годы и сделать оценочные прогнозы ожидаемого в перспективе ее роста.

Показатели непосредственного учета движения используют в качестве отчетных данных при расчете и планировании затрат на содержание и ремонт дороги и искусственных сооружений на них, а также для выявления соответствия технического состояния дороги той интенсивности движения автомобилей, которая на ней зафиксирована.

Сведения о фактической интенсивности и составе движения, выявленные непосредственным натурным учетом, служат исходным материалом, позволяющим дополнить и уточнить в ряде случаев материалы экономических изысканий, в которых отчетная и перспективная интенсивности движения автомобилей определяются расчетным путем. Сведения следует получать в дорожно-эксплуатационных органах за предыдущие 10—15 лет (для выявления динамики и возможности экстраполяции).

В дополнение к регулярному учету движения, проводимому дорожной службой при экономических изысканиях отдельных дорог (в том числе кольцевых и обходных), транспортных узлов, мостовых переходов и путепроводов, проектной организацией проводятся контрольные наблюдения за движением автомобилей с их установкой и опросом водителей, а в некоторых случаях без остановки, но с фиксацией моделей автомобилей и их номерных знаков.

Непосредственный учет движения с опросом водителей позволяет выявить, проконтролировать и уточнить: размеры движения и часовую неравномерность движения в течение суток; соотношение местных и транзитных перевозок; данные о направлениях транспортных связей; состав существующего парка автомобилей; показатели, характеризующие работу автомобильного парка; номен-

клатуру перевозимых грузов по каждой корреспонденции; перевозки, которые предположительно будут осуществляться по проектируемой автомобильной дороге, или мостовому переходу (путепроводу), или транспортной развязке; распределение автомобилей по их ведомственной принадлежности, в частности количество автомобилей, принадлежащих Министерству автомобильного транспорта и другим ведомствам; соотношение централизованных и нецентрализованных перевозок; объем неподдающихся учету при экономических обследованиях транзитных и необъемных перевозок и других поездок; объем пассажирских перевозок; размещение грузобразующих точек, которые необходимо дополнительно обследовать.

Контрольные наблюдения за движением автомобилей выполняют с разрешения и при участии работников ГАИ с соблюдением необходимых мер по безопасности движения транспортных средств и пешеходов, а также правил техники безопасности и охраны труда работников, выполняющих учет и наблюдения.

Учет при контрольных наблюдениях проводят в наиболее характерных пунктах (на пересечениях и примыканиях дорог, у крупных населенных пунктов, у мостовых переходов и паромных переправ и в других местах существенного изменения интенсивности движения на дороге). Периодичность учета, сезон, дни недели, время наблюдений устанавливаются в зависимости от объема экономических обследований программой наблюдений.

Сведения, получаемые во время контрольных наблюдений, фиксируют на специальных бланках или карточках.

Применяются следующие методы опроса водителей при проведении контрольных наблюдений:

метод остановки с устным опросом водителей, метод «контрольных карточек», при котором на главных въездах в город организуются опросно-учетные пункты, где водителям, въезжающим в город, выдают «контрольные карточки». На карточках делают отметки о времени и месте въезда, после чего их отбирают у водителей при выезде из города, причем снова делают отметки о времени и месте выезда;

метод учета по «двухкордонной» системе, при котором для учета движения создается система парных опросно-учетных пунктов на внешних въездах в город и на важнейших перекрестках, расположенных внутри города. При этом методе наряду с опросом водителей иногда применяются ярлыки, наклеиваемые на ветровые стекла автомобилей;

метод опроса по телефону, при котором счетчики, находящиеся на наблюдательных пунктах, по телефону сообщают в штаб экспедиции номера проходящих автомобилей. Сведения записываются на специальные карточки, на которых автоматически пробивается время получения донесения. После выявления принадлежности автомобиля (по их номерам) по телефону запрашиваются владельцы автомобилей, выясняются маршруты и цели поездок, перерывы в движении и другие сведения;

метод «почтовых открыток-анкет», при котором опросы водителей или владельцев автомобилей производятся по почте путем рассылки открыток с оплаченными ответами;

метод «карточек-анкет», вручаемых водителям при краткой остановке. Эти карточки заполняются водителем после рейса и через диспетчера автопарка возвращаются в центр учета.

Наибольшее распространение в СССР получил метод остановки автомобилей с устным опросом водителей, проводимый дорожными проектными организациями в целях контроля материалов экономических обследований. При этом устанавливаются данные, характеризующие каждый рейс автомобиля: пункт загрузки и выгрузки, путь и дальность следования, вид и количество груза, число пассажиров и цель поездки, если она совершается без груза, и т.п., а также детальный состав транспортных средств.

Опросно-учетные пункты во избежание заторов в движении и минимальной потери автомобилями времени на остановки должны располагаться в удобных для наблюдения местах — на прямых участках дорог, не имеющих значительных продольных уклонов, где обеспечена хорошая видимость дороги (как пра-

вило, не менее 500 м в каждую сторону); в местах с широкими обочинами, находящимися в хорошем состоянии, обеспечивающими удобный выезд и остановку на них автомобилей. Учетчики должны быть обеспечены необходимым для работы инвентарем, а опросно-учетные пункты оборудованы указательными знаками, таблицами и всеми необходимыми устройствами в зависимости от местных условий и сезона выполнения работ.

При выполнении контрольного учета параллельно должен проводиться количественный учет интенсивности движения с регистрацией всех проходящих по дороге в обоих направлениях транспортных средств.

При проектировании кольцевых и соединительных (обходных) дорог для изучения режимов движения транспортных потоков внутри города, а также с целью более полного учета транзитного движения одновременно с контрольно-опросным учетом рекомендуется проводить непосредственный учет всех автомобилей без остановки в пунктах, расположенных внутри города на пересечениях продолжений основных внегородских магистралей с главнейшими городскими улицами.

В каждом опросно-учетном пункте в течение периода экономических обследований следует проводить не менее двух наблюдений. Контрольно-опросный учет движения должен, как правило, проводиться круглосуточно в три смены по 8 ч. В отдельных случаях учет может проводиться в течение 12 дневных часов с 8.00 до 20.00. Для установления сезонных колебаний движения наблюдения рекомендуется проводить в различные периоды года. Проходящие автомобили следует регистрировать раздельно для каждого направления движения. Остановке и опросу подлежат все категории автомобилей, за исключением маршрутных автобусов, маршрутных такси и автомобилей специального назначения (пожарных, медицинских, технической помощи и т.п.). Все эти не подлежащие остановке автомобили должны учитываться лишь количественно.

Для сокращения задержек транспортных средств рекомендуется записывать модели автомобилей, их литеры и номера еще до остановки автомобиля, т.е. на подходе к опросно-учетному пункту, а после остановки автомобилей записывать со слов водителя сведения о маршруте, видах и количестве перевозимых грузов и другие, предусмотренные опросными листами.

Число учетчиков на контрольно-учетном пункте должно определяться количеством проходящих по дороге автомобилей: при интенсивности движения до 1000 авт./сут в обоих направлениях регистрация может проводиться пятью учетчиками (по одному учетчику на каждое направление движения для ведения количественного учета движения и три учетчика для опроса водителей); при интенсивности движения от 1000 до 3000 авт./сут необходимо для каждого направления назначать по три учетчика для опроса и по два учетчика для ведения количественного учета движения; при интенсивности движения от 3000 до 6000 авт./сут следует назначить по пять учетчиков на каждое направление для опроса и по три учетчика для ведения количественного учета движения; при интенсивности движения свыше 6000 авт./сут в обоих направлениях количество дополнительных учетчиков следует назначить из расчета по два учетчика на каждую тысячу автомобилей сверх 6000. При этом один-два учетчика должны регистрировать автомобили в местах наибольшего скопления транспортных средств на каждом направлении и один-два учетчика должны выделяться в помощь работнику Госавтоинспекции.

В обязанности представителя Госавтоинспекции входит остановка автомобилей, контроль за соблюдением правил и порядка движения водителями. При интенсивности движения свыше 8000 авт./сут в обоих направлениях в проведении контрольно-учетных наблюдений рекомендуется участие двух представителей ГАИ.

На каждом контрольно-учетном пункте должен неотлучно находиться ответственный руководитель работы, на обязанности которого лежит расстановка предупредительных знаков, инструктаж и расстановка учетчиков, контроль за соблюдением ими техники безопасности при выполнении работ, ведение таблицы и дневника, контроль за правильностью регистрации и за тщательностью оформления записей и т.п. По окончании учета каждый учетчик обязан привести в порядок бланки учета и сделать предварительные подсчеты размеров движе-

ния по часам суток, а также подвести общие итоги за сутки по каждому направлению в отдельности. Руководитель работ по окончании каждой смены должен принимать от учетчиков материалы и сдавать их для дальнейшей обработки в штаб экспедиции.

Одновременно с контрольным учетом движения следует проводить хронометраж движения автомобилей по дорогам. Хронометраж движения автомобилей проводят при титульных экономических изысканиях для получения фактических данных о времени проезда, скоростях движения и задержках: на отдельных участках автомобильных дорог, подлежащих реконструкции, а также на сопутствующих проектируемой дороге автомобильных дорогах; на паромных переправах, бродах и низководных местах через водотоки при изысканиях мостовых переходов; на пересечениях автомобильных дорог с железными дорогами; в городах при изысканиях обходных и кольцевых автомобильных дорог. В последнем случае хронометраж движения автомобилей выполняют в соответствующих населенных пунктах по улицам города вдоль маршрутов движения автомобилей для получения дополнительных данных о целесообразности и возможности переключения движения на проектируемые дороги.

Перед началом хронометража намечают маршрут движения в зависимости от особенностей объекта изысканий и пункты наблюдений (т. е. места, где снимаются отсчеты спидометра и хронометра) с тем, чтобы обеспечить получение наиболее достоверных сведений о режиме движения (время и скорость движения, препятствия и задержки и т. п.). У железнодорожных переездов и переправ через реки наблюдения проводят в каждом случае дважды: у начала и в конце переезда или переправы.

Хронометраж может выполняться тремя способами: в кабине автомобиля во время движения его по своему маршруту посредством наблюдений за показателями спидометра автомобиля и хронометра; запись отсчетов времени по хронометрам при проезде автомобилей через створы, установленные на определенных расстояниях один от другого, или при проезде автомобилей через характерные пункты, в которых изменяется режим движения и имеются данные о расстояниях между ними (пересечения автомобильных дорог, населенные пункты, перекрестки улиц, железнодорожные переезды, перепады через реки и т. п.); способом следования «за лидером» (за автомобилем, скорость которого фиксируется) или в потоке автомобилей (когда устанавливается средняя скорость для потока автомобилей) специальных передвижных лабораторий и автомобилей, имеющих приспособления для регистрации скоростей движения. Режим движения автомобиля-лаборатория с наблюдателем, как правило, определяется интенсивностью движения и характером транспортного потока. При высоком уровне загрузки дорог движением автомобиль-лаборатория с наблюдателем должен двигаться без обгонов в составе транспортного потока.

Хронометраж выполняют по каждому маршруту дважды: в прямом и обратном направлении. Результаты наблюдений (отсчеты показателей спидометра и хронометра) записывают на специальном бланке. При движении в прямом направлении отсчеты записываются в бланке сверху вниз, при обратном движении — снизу вверх. Схему размещения пунктов наблюдения и маршрутов хронометража наносят на обратную сторону бланка хронометража. Там же делают отметки о состоянии погоды, условиях движения и состоянии проезжей части на отдельных участках, а также сведения о типе, марке (модели) автомобиля или данные о передвижной лаборатории, с помощью которых производится хронометраж.

Отметки о техническом состоянии существующих дорог и условиях движения делаются условными знаками: П — плохие дорожные условия; У — удовлетворительные условия; Х — хорошие дорожные условия.

Плохие дорожные условия соответствуют дорогам низкого технического уровня, извилистым в плане, с большими продольными уклонами, с плохим состоянием или недостаточной шириной проезжей части, без твердых покрытий или с изношенными малопрочными покрытиями, имеющими значительные деформации (выбоины, колеи, волны, просадки, густую сетку трещин и т. п.), обуславливающие тряску автомобилей и другие неудобства движения, а также резкое снижение скоростей для преобладающей части транспортных средств.

Удовлетворительные дорожные условия соответствуют дорогам относительно плавным в плане и ровным по профилю, с проезжей частью необходимой ширины и твердыми покрытиями, имеющими ровности и трещины, или достаточно ровными, но не обладающими необходимой для нормального движения шероховатостью. Для значительной части транспортных средств на этих дорогах ограничено использование скоростных возможностей или грузоподъемности.

Хорошие дорожные условия соответствуют дорогам с плавными элементами плана и профилем с достаточной шириной проезжей части и обочин, с покрытиями, соответствующими требованиям строительных норм и правил по ровности и шероховатости, без заметных выбоин, трещин и других деформаций. Общая совокупность элементов дороги не оказывает заметного влияния на ограничение скоростей и удобства движения.

Отметки об уровнях загрузки и режиме движения так же, как и о дорожных условиях, делаются условными знаками: С — свободное движение, ЧС — частично свободное, СД — связанное движение. Колонное движение отмечается знаком КД.

Свободное движение соответствует невысокому уровню загрузки дорог, при котором отсутствует взаимное влияние движущихся по дороге автомобилей и движение происходит как бы в режиме одиночного движения — водители устанавливают желаемую ими скорость движения в зависимости от личных особенностей, технического состояния автомобилей и дорожных условий.

Частично связанное движение соответствует уровню загрузки дорог, при котором автомобили начинают испытывать взаимное влияние. Характерным признаком служит появление групп автомобилей, движущихся на близких расстояниях, и обгонов. Водители устанавливают скорость движения, не только исходя из технических возможностей автомобилей и дорожных условий, но и в зависимости от режима движения других автомобилей.

Связанное движение соответствует уровню загрузки и интенсивности движения, при которых движение отдельных автомобилей полностью подчинено движению потока и индивидуальные особенности автомобилей по их скоростным качествам не могут использоваться, так как возможность обгонов практически исключена.

### § III.16. РАСЧЕТ ИСХОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Интенсивность движения<sup>1</sup>.** Интенсивностью движения называется показатель, характеризующий количество автомобилей, проходящих по дороге или перегону в обоих направлениях за единицу времени (сутки, час). Интенсивность движения является основным расчетным показателем при обосновании категории дороги, определении пропускной способности и выборе основных элементов дороги. Величину интенсивности движения учитывают при составлении схем организации движения и разработке мероприятий по обеспечению безопасности движения.

В зависимости от поставленной задачи учитывают фактическую за отпавной (исходный, отчетный) год и рассчитывают перспективную интенсивность движения: среднегодовую суточную, суточную месяца максимальных перевозок, суточную периода наиболее неблагоприятных условий работы дороги, максимальную и расчетную часовую в пределах заданного расчетного периода.

Из размеров среднегодовой суточной, суточной наиболее напряженного в году месяца и максимальной часовой интенсивностей движения с учетом перспективы исходят при обосновании категории и выборе основных элементов автомобильной дороги. Среднегодовая суточная и суточная интенсивности периода наиболее неблагоприятных условий работы дороги (весенний и осенний периоды наименьшей прочности активного слоя земляного полотна)

<sup>1</sup> Раздел подготовлен с использованием материалов Союздорнии.



являются основой для назначения конструкции и расчета прочности дорожных одежд. Расчетная часовая интенсивность движения служит для разработки схем организации движения, инженерных мероприятий по обеспечению безопасности движения и анализа пропускной способности элементов дорог.

Интенсивность движения рассчитывают для каждого укрупненного перегона проектируемой дороги исходя из размеров грузопотоков, состава транспортных средств и степени их использования. При расчетах перспективной интенсивности движения учитывают прогнозы изменения состава движения и эксплуатационных показателей работы автопарка.

Точность определения интенсивности движения определяется целями экономических изысканий. При предпроектных изысканиях для составления схемы развития дорожной сети экономического района данные об интенсивности движения необходимы в первую очередь для определения категорий дорог и лишь отчасти для выбора и обоснования технико-экономических показателей по дорожному строительству. В связи с этим при предпроектных изысканиях достаточно ограничиться получением лишь укрупненных показателей интенсивности движения, основанных на применении упрощенных методов расчета, а именно: измерители, характеризующие использование транспортных средств (в частности, средняя грузоподъемность автомобилей), могут быть приняты в перспективе на уровне проектируемого для данного (по сетке Госплана СССР) экономического района, а итоговые показатели грузопотоков по перегонам дорог могут не расчленяться по родам грузов.

При проведении титульных экономических обследований для разработки технико-экономических обоснований показатели интенсивности движения служат для уточнения технической классификации проектируемого объекта и обоснования его параметров, что требует более обоснованного и более детализированного подхода к их исчислению, а именно: учета и отображения состава движения по категориям грузов и автомобилей, учета отклонений в интенсивности движения по периодам года.

Среднегодовую суточную интенсивность движения  $N$  на основе данных об объемах грузовых и пассажирских перевозок и структуре автопарка, выявленных в результате проведения экономических обследований, определяют по следующей формуле:

$$N = N_{гр} + N_x + N_n + N_a + N_c, \quad (III.12)$$

где  $N_{гр}$  — среднегодовая суточная интенсивность движения грузовых автомобилей, выполняющих основной объем перевозок, авт./сут;  $N_x$  — среднегодовая суточная интенсивность движения грузовых автомобилей, выполняющих мелкие перевозки по хозяйственно-эксплуатационному обслуживанию производства и населения, авт./сут;  $N_n$  — среднегодовая суточная интенсивность движения легковых автомобилей, авт./сут;  $N_a$  — среднегодовая суточная интенсивность движения автобусов, авт./сут;  $N_c$  — среднегодовая суточная интенсивность движения специальных автомобилей (краны, автопогрузчики, буровые установки, тепломощи, трейлеры и т. п.), авт./сут.

Интенсивность движения грузовых автомобилей, выполняющих основной объем перевозок, определяют по зависимости

$$N_{гр} = \frac{Q_r}{q_{ср} \gamma \beta T_{раб}}, \quad (III.13)$$

где  $Q_r$  — грузонапряженность перегона, нетто т в год;  $q_{ср}$  — средняя грузоподъемность автомобилей, т;  $\gamma$  — коэффициент использования грузоподъемности автомобилей;  $\beta$  — коэффициент использования пробега автомобилей;  $T_{раб}$  — расчетное число дней работы автомобильного транспорта в течение года.

Значения грузонапряженности  $Q_r$  за год по перегону в обоих направлениях берут из ведомости (форма № 8).

Среднюю грузоподъемность автомобилей вычисляют с учетом состава потока транспортных средств по следующей формуле:

$$q_{ср} = q_1 \alpha_1 + q_2 \alpha_2 + \dots + q_n \alpha_n, \quad (III.14)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  — номинальная грузоподъемность разных марок грузовых автомобилей, входящих в состав общего потока движения, т;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  — удельный вес каждой из моделей автомобилей в составе потока грузовых автомобилей, в долях единицы.

Интенсивность пассажирского движения авт./сут рассчитывают по формуле

$$N_{п} = \frac{Q_{п}}{q_{п} \gamma_{п} \beta_{п} T_{раб}}, \quad (III.15)$$

где  $Q_{п}$  — количество пассажиров, следующих по перегону дороги в обоих направлениях в год;  $q_{п}$  — средняя вместимость автомобилей, чел;  $\gamma_{п}$  — коэффициент использования пассажироместности;  $\beta_{п}$  — коэффициент использования пробега;  $T_{раб}$  — количество дней работы пассажирского транспорта в году.

Расчеты следует выполнять отдельно для автобусов и легковых автомобилей, предварительно выделив пассажиропотоки, подлежащие обслуживанию автомобильным транспортом.

Интенсивность грузовых автомобилей, выполняющих мелкие хозяйственно-эксплуатационные перевозки, и интенсивность специальных автомобилей принимают в предельных отношениях с интенсивностью движения грузовых автомобилей, выполняющих основной объем перевозок:

$$N_x = a N_{гр}; \quad N_c = b N_{гр}. \quad (III.16)$$

Для ориентировочных расчетов можно использовать приведенные ниже численные значения коэффициентов  $a$  и  $b$ , выявленные Союздорнии на основе массовых наблюдений и специальных анализов в течение ряда лет.

При определении интенсивности автомобилей, выполняющих мелкие хозяйственные перевозки:

$a = 0,35$  для дорог в районах с высокоразвитыми производительными силами, наиболее густонаселенных, с небольшим расстоянием между населенными пунктами (10 км и менее), в районах расположения курортов и мест массового отдыха населения;

$a = 0,25$  для дорог в районах со средним развитием производительных сил и средней густотой населения, с расстоянием между населенными пунктами 10—25 км;

$a = 0,15$  для дорог в районах со слабым развитием производительных сил, с малой густотой населения и редким расположением населенных пунктов — более 25 км один от другого.

Интенсивность движения специальных автомобилей можно принимать в размере 10% от интенсивности движения грузовых автомобилей в районах с высокоразвитой промышленностью ( $b = 0,1$ ) и в размере 5% в остальных районах ( $b = 0,05$ ).

Интенсивность движения легковых автомобилей устанавливают на основании изучения отчетных данных автотранспортных предприятий и непосредственного учета движения в районе прохождения проектируемой дороги с введением коэффициента прироста на перспективу. При этом необходимо ориентироваться на экономические и культурно-бытовые предпосылки развития легкового автомобильного транспорта в районе тяготения.

Для расчета количества проходящих автобусов устанавливают автобусные маршруты и частоту движения на них как отчетную, так и перспективную. Маршруты и частоту их определяют по данным пассажирских автотранспортных предприятий общего пользования, а также ведомственных автохозяйств, осуществляющих регулярно перевозки рабочих и служащих к месту работы.

При отсутствии специальных обследований и анализов интенсивности движения легковых автомобилей и автобусов рекомендуется рассчитывать ее в

определенных соотношениях с суммарной интенсивностью движения автомобилей, занятых на перевозке грузов и хозяйственном обслуживании:

$$N_x = c(N_{гр} + N_x + N_c); \quad (III.17)$$

$$N_a = d(N_{гр} + N_x + N_c). \quad (III.18)$$

Коэффициенты  $c$  и  $d$ :

$c = 1,25, d = 0,25$  для дорог в курортных районах, в местах массового отдыха экскурсий, туризма и т. п.;

$c = 0,8, d = 0,2$  для дорог в районах с высокопродуктивными производительными силами, густонаселенными, с малым расстоянием между населенными пунктами (10 км и менее);

$c = 0,6, d = 0,1$  для дорог со средним развитием производительных сил и средней плотностью населения, с расстояниями между населенными пунктами 10—25 км;

$c = 0,25, d = 0,05$  для дорог в районах со слабым развитием производительных сил, с малой плотностью населения и редким расположением населенных пунктов (25 км и более).

При установлении на перспективный срок средневзвешенных значений коэффициентов использования грузоподъемности и пробега, а также грузоподъемности грузовых автомобилей учитывают утвержденные Министерством автомобильной промышленности СССР планы развития отрасли на перспективу, перспективную структуру автомобильного парка, основывающиеся на результатах широких исследовательских работ по прогнозированию развития перевозок на автомобильном транспорте и перспективной структуре автопарка, выполненных рядом научно-исследовательских организаций (ИАМИ, НИИАТ, ИКТП, Союздорнии и др.).

Расчетное число рабочих дней для выполнения грузовых перевозок принимают дифференцированно для дорог разного значения как с учетом капитальности дорог и регулярности проезда по ним, так и с учетом неравномерности перевозок в течение года: для дорог общесоюзного значения и республиканского значения  $T_{раб} = 275$  дней, для дорог областного значения в районах III—V климатических зон  $T_{раб} = 250$  дней, в районах I и II климатических зон  $T_{раб} = 225$  дней; для дорог местного значения в районах III—V климатических зон  $T_{раб} = 200—225$  дней, в районах I и II климатических зон  $T_{раб} = 175—200$  дней.

Автобусный парк по группам вместимости подразделяют исходя из следующего: автобусы малой вместимости — от 12 до 20 мест для сидения, средней вместимости — от 21 до 40 мест, большой вместимости — от 41 до 70 мест, особо большой вместимости — свыше 71 места для сидения.

При отсутствии данных по изменению интенсивности движения и объемов перевозок по годам для выполнения плановых и различных предпроектных технико-экономических расчетов и сопоставлений следует руководствоваться данными, основанными на изучении опыта расчета перспективной интенсивности движения на автомобильных дорогах. В этом случае можно применить три основных приема оценки изменения среднегодовой суточной интенсивности движения на автомобильных дорогах: использование для большинства случаев определения перспективной интенсивности движения гипотезы изменения интенсивности движения по годам по геометрической прогрессии с убывающими темпами роста в течение расчетного периода; использование гипотезы об изменении интенсивности движения по закону прямой с постоянными размерами прироста интенсивности движения по годам расчетного периода; использование гипотезы об изменении интенсивности движения по годам по геометрической прогрессии с постоянными темпами роста в течение расчетного периода.

При установлении прогнозов изменения интенсивности движения дорог, проектируемых по новым направлениям или по спрямленным направлениям, совпадающим с существующими малосовершенными дорогами, для преобладающей части районов СССР, отличающихся незначительным развитием сети автомобильных дорог, наиболее применимой является гипотеза об изменении

интенсивности движения по геометрической прогрессии с убывающими темпами роста. Расчеты ведут по следующей формуле:

$$N_t = N_0 \left[ 1 + 0,01 \left( k_1 t + k_2 \sum_{i=1}^t t_i^{-\frac{1}{3}} \right) \right], \quad (III.19)$$

где  $N_t$  — среднегодовая суточная интенсивность движения в  $t$ -м году, авт./сут.;  $N_0$  — среднегодовая суточная интенсивность движения в исходном году, авт./сут.;  $k_1$  и  $k_2$  — эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  изменяются в зависимости от первоначального темпа относительного прироста интенсивности движения. Значения этих коэффициентов, установленные Союздорнии на основе обработки массовых данных непосредственного учета движения на дорогах, выполняемого органами служб ремонта и содержания дорог союзных республик и данных специальных наблюдений, приведены ниже:

Первоначальный темп относительного прироста, %	10	12	14	16	18	20
Коэффициент $k_1$	3,7	3,1	2,5	1,9	1,3	0,7
» $k_2$	6,3	8,9	11,5	14,1	16,7	19,3

Первоначальные темпы относительного прироста интенсивности движения автомобилей следует принимать:

10—12% при планировании и проектировании дорог, сооружаемых в порядке расширения и реконструкции существующих дорог, имеющих твердые покрытия, с достаточно большими размерами движения, с повышением технической категории на всем направлении или на отдельных участках не более чем на одну категорию; сооружаемых в районах, обеспеченных существующими дорогами с твердыми покрытиями при среднем удельном протяжении дорог с твердым покрытием 0,2 км на 1 км<sup>2</sup> территории;

18—20% при планировании и проектировании дорог, сооружаемых по направлениям, где до этого имелись естественные грунтовые, профилированные грунтовые или другие дороги с низкими транспортно-эксплуатационными качествами и с малыми размерами движения в первые годы эксплуатации дорог; сооружаемых в районах со слаборазвитой сетью дорог при среднем удельном протяжении дорог с твердыми покрытиями менее 0,05 км на 1 км<sup>2</sup> территории.

Промежуточные значения первоначальных темпов прироста интенсивности движения 14—16% относятся к дорогам, сооружаемым на отдельных участках по новым направлениям, а на отдельных — в порядке коренной реконструкции ранее существующих дорог с повышением на две-три технических категории; сооружаемых в районах, обеспеченных сетью дорог с твердыми покрытиями со средним удельным протяжением таких дорог 0,2—0,05 км на 1 км<sup>2</sup> территории. Изменение интенсивности по закону прямой может приниматься только в случаях продолжения проектируемой дороги по территории, на которых в течение расчетного перспективного периода не намечается существенного изменения сети автомобильных дорог и их транспортно-эксплуатационных качеств.

Во многих зарубежных странах при проектировании автомобильных дорог изменение движения принимается по закону прямой с постоянными размерами прироста интенсивности движения. В этом случае интенсивность на любой расчетный год может быть выражена следующей зависимостью:

$$N_t = N_1 [1 + \Delta N (t - 1)], \quad (III.20)$$

где  $N_t$  — среднегодовая суточная интенсивность движения на расчетный год, авт./сут.;  $N_1$  — среднегодовая суточная интенсивность движения в первый год эксплуатации дороги, авт./сут.;  $\Delta N$  — показатель ежегодного прироста интенсивности движения.

## Дальности перевозок грузов

Для определения интенсивности движения по годам, исходя из гипотезы об изменении ее по геометрической прогрессии с постоянными темпами роста в течение расчетного периода, пользуются следующей зависимостью:

$$N_t = N_1(1 + \Delta N)^{t-1}. \quad (III.21)$$

Изменение интенсивности движения по геометрической прогрессии с постоянными темпами роста даже в пределах ограниченного периода времени может наблюдаться лишь в частных, исключительно редких случаях — при обслуживании рассматриваемой дорогой технологических перевозок определенных промышленных и других предприятий, имеющих постоянные темпы прироста продукции на расчетный период, при прохождении рассматриваемой дороги по территориям, где на рассматриваемый перспективный период их относительный технический уровень и районы тяготения остаются неизменными, например, при реконструкции дорог или строительстве рассматриваемой дороги на территориях с густой сетью существующих благоустроенных дорог, близких по своим транспортно-эксплуатационным качествам к проектируемой дороге.

В качестве расчетной часовой интенсивности движения  $N_{p,ч}$  при назначении категории и многих параметров дорог принимают среднюю интенсивность за наиболее напряженные в 10 ч в течение суток (обычно 10-дневных часов)<sup>1</sup>

$$N_{p,ч} = 0,1N, \quad (III.22)$$

где  $N$  — среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.

При отсутствии необходимых сведений о транспортных связях перспективная интенсивность движения для предварительных расчетов может быть рассчитана по формуле

$$N_n = N_0(1 + p)^n, \quad (III.23)$$

где  $N_0$  — существующая среднесуточная интенсивность движения по данным непосредственного учета движения на год последнего учета;  $p$  — среднегодовой прирост движения (может быть принят равным 0,05—0,07);  $n$  — количество лет расчетного периода.

Величину  $N_0$  определяют по данным непосредственного учета движения дорожной службы или по данным контрольных суточных учетов движения, проводимых проектными организациями в период технико-экономических изысканий. В последнем случае следует учитывать коэффициент сезонной неравномерности в зависимости от времени проведения контрольного учета движения. При отсутствии данных круглосуточного учета принимают сведения по учету за 16 ч наблюдений (с 7 до 23 ч) с добавлением ночного движения, имея в виду примерный его удельный вес от 6 до 10% общей интенсивности движения. При наличии сведений о движении только в дневное время (с 7 до 19 ч) для получения расчетной среднесуточной интенсивности движения  $N_0$  следует вводить коэффициент 1,2.

Количество лет расчетного периода определяют как сумму  $n = x + 20$ , где  $x$  — число лет между годом последнего учета движения и отчетным (отправным) годом, 20 — перспективный расчетный период согласно строительным нормам и правилам. Среднегодовой прирост в 5% соответствует увеличению движения за 20 лет примерно в 2,7 раза, при приросте 6% — в 3,2 раза, при приросте 7% — в 3,9 раза.

Показатели расчетной интенсивности движения (а также себестоимости перевозок при определении эффективности капитальных вложений) зависят от правильности определения величин средней грузоподъемности автомобилей  $q_{ре}$ , коэффициента использования грузоподъемности  $\gamma$ , дальности перемещения

<sup>1</sup> В зарубежной практике, где наблюдается высокая неравномерность движения по часам суток (так называемые часы пик, интенсивность движения в которые в несколько раз может превосходить среднечасовую даже дневного времени, что связано с преимущественным движением легковых автомобилей утром в одном направлении, а вечером в другом), за расчетную часовую интенсивность принимают такую, вероятность превышения которой составляет 30 ч в год.

Значение и категории дорог	Средние дальности перевозок, км	
	в первые 3—5 лет эксплуатации	в последующие годы эксплуатации
Магистральные дороги I-III категории	50	80
Немагистральные дороги высших категорий и дорог областного значения всех категорий	30	50
Дороги IV и V категорий, обслуживающие местные транспортные связи	10—15	15—25

грузов и пассажиров (или величины пробега автомобилей, км) и коэффициента использования пробега  $\beta$ . Среднюю грузоподъемность автомобилей  $q_{ре}$  определяют по формуле (III.14).

Коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma$  — отношение массы груза к величине номинальной грузоподъемности автомобиля. В средних условиях коэффициент  $\gamma$  принимается равным 0,8—0,9. Более точно коэффициент использования грузоподъемности можно определить исходя из среднего класса перевозимых грузов: для 1-го класса  $\gamma=1$ , 2-го класса — 0,8, 3-го класса — 0,6 для 4-го класса — 0,5. Среднее значение коэффициента использования грузоподъемности следует исчислять путем «взвешивания» пропорционально количеству грузов каждого класса аналогично «взвешиванию» при расчете средней грузоподъемности автомобилей.

При выполнении технико-экономических расчетов рекомендуется принимать средние (для потока грузовых автомобилей и всего объема грузов) дальности перевозок в зависимости от значения и категории дорог согласно (табл. III.1). При наличии данных по дальности перевозок, характерных для тех или иных конкретных объектов, полученных на основе экономических обследований, в технико-экономических расчетах должны приниматься эти дальности, а не средние. Величина общего пробега автомобилей измеряется в километрах и складывается из пробега с грузом (пассажирами) и пробега без груза.

Коэффициент использования пробега  $\beta$  — отношение пробега с грузом (км) к общему пробегу автомобиля (км) или отношение количества автомобилей, проходивших через сечение дороги (перегон) с грузом, к общему количеству проходящих через то же сечение (перегон) грузовых автомобилей. Величина  $\beta$  может колебаться на внегородских дорогах от 0,5 до 0,9 и зависит от маршрута перевозки (местные, транзитные, междугородные) и способа перевозки грузов (навалочные, наливные, негабаритные, требующие специализированного подвижного состава и универсальные). Имея данные о маршрутах перевозки и сведения об удельной массе отдельных грузов по способам перевозки, можно

Таблица III.2

## Коэффициент использования пробега

Виды грузов по способам перевозки	Значения $\beta$ по маршрутам		
	местным	междугородным	транзитным
Универсальные	0,65	0,8	0,9
Скоропортящиеся	0,5	0,55	0,7
Навалочные, наливные и длинномерные (негабаритные)	0,5	0,5	0,5

исчислить средний для объекта коэффициент использования пробега, пользуясь табл. III.2.

При назначении категории дороги требуется иметь, согласно СНиП II-Д.5-72 (пп. 1.7 и 1.8), показатели среднемесячной суточной интенсивности движения наиболее напряженного в году месяца и наибольшей перспективной часовой интенсивности движения, определяемые на основе оценки сезонности работы автомобильного транспорта. Эти же данные используются для анализа пропускной способности дороги, составления схем организации движения и разработки инженерных мероприятий по обеспечению движения.

Для оценки сезонности работы автомобильного транспорта следует принимать коэффициент сезонной неравномерности перевозок как отношение максимальных перевозок за сутки или месяц  $Q_{\max}$  к среднесуточным или среднемесячным размерам перевозок за год  $Q_{\text{ср}}$ :

$$K = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}} \quad (\text{III.24})$$

В соответствии с этим коэффициент сезонной неравномерности может быть суточным или месячным.

Месячные коэффициенты сезонной неравномерности перевозок выявляют на основании обработки сведений о сроках вывоза продукции и планов снабжения необходимыми ресурсами организаций и предприятий, пользующихся дорогой или на основании обработки материалов учета движения, проводимых дорожной службой. Для грубой оценки могут быть использованы материалы непосредственных учетов движения, проведенных в разные периоды года при выполнении экономических изысканий.

При расчете интенсивности движения для периода максимальных перевозок в числитель формулы определения среднегодовой суточной интенсивности движения вводится коэффициент неравномерности перевозок, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{12Q_{\text{мес}}}{Q_{\text{год}}}, \quad (\text{III.25})$$

где  $Q_{\text{мес}}$  — объем перевозок наиболее напряженного в году месяца.

Среднее значение коэффициента неравномерности перевозок определяют, как средневзвешенную величину коэффициентов неравномерности в разных отраслях народного хозяйства (или по разным категориям грузов).

При использовании коэффициента сезонной неравномерности автомобильных перевозок для расчетов конструкций дорожных одежд в тех случаях, когда максимальная загрузка дороги по перевозкам не совпадает с критическим расчетным периодом для дорожных одежд, рекомендуется  $Q_{\max}$  определять для этого расчетного периода.

Суточные коэффициенты неравномерности определяют на основании анализа данных непосредственного учета движения. Продолжительность учета, проводимого с целью установления подобных коэффициентов, должна составлять не менее 7 сут.

Наибольшую перспективную часовую интенсивность движения определяют по формуле (III.22).

При решении многих вопросов, связанных с расчетом пропускной способности дорог или оценкой общих значений неравномерности движения на тех или иных дорогах (включая сезонные, месячные изменения в интенсивности движения, а также изменения по дням недели и часам суток), можно рекомендовать принимать средние суммарные значения коэффициентов неравномерности по формуле, установленной Союздорнии на основе статистических анализов многолетних наблюдений, проводившихся на широкой сети дорог:

$$K_N = 5000N^{-0,94} + 1, \quad (\text{III.26})$$

где  $N$  — перспективная среднегодовая интенсивность движения, авт./сут.

**Структура парка транспортных средств.** При определении интенсивности движения в отчетном году расчетный состав автопарка района тяготения, как правило, определяют на основании отчетных данных автотранспортных организаций и уточняют по данным непосредственных учетов движения, выполняемых органами эксплуатации дорог, или контрольных учетов интенсивности движения. В отдельных случаях расчетный состав автопарка можно определять на основании данных непосредственных учетов движения, проводимых при экономических изысканиях. В случае больших расхождений состава автопарка по данным нескольких учетов следует определить наиболее типичный для данного района состав, как среднеарифметическое из нескольких наблюдений.

Для обеспечения необходимой точности технико-экономических расчетов, основывающихся на показателях интенсивности движения, необходима детализация состава по моделям и группам грузоподъемности автомобилей.

Состав транспортных средств с учетом требований ГОСТ 9314—59 «Автомобили и автопоезда. Весовые параметры и габариты» в части предельных осевых нагрузок принято делить на следующие группы:

автомобили малой грузоподъемности — менее 2 т (максимальная нагрузка на одиночную ось до 6 т);

автомобили средней грузоподъемности — от 2 до 5 т для двухосных, до 8 т для трехосных (максимальная нагрузка на одиночную ось до 6 т);

автомобили большой грузоподъемности — от 5 до 15 т с максимальной нагрузкой на одиночную ось до 10 т;

автомобили особо большой грузоподъемности (как правило, перемещающиеся на дорогах промышленных предприятий, специально построенных для их движения), — более 15 т с максимальной нагрузкой на одиночную ось более 10 т.

Примерная структура парка грузовых автомобилей на перспективу 1990 г. по их грузоподъемности:

автомобили и автопоезда с нагрузкой на одиночную ось до 6 т (группа Б): легких грузоподъемностью до 2 т включительно — 21%; средних грузоподъемностью до 5 т включительно — 42%; тяжелых грузоподъемностью свыше 5 т — 23%. Из них:

автопоезда с прицепами и полуприцепами — 17%, и автомобили — 6%;  
автомобили и автопоезда с нагрузкой на одиночную ось до 10 т (группа А) — 14%. Из них: автомобили — 4% и автопоезда с прицепами и полуприцепами — 10%.

Состав парка грузовых автомобилей общего назначения по нагрузке на ось предполагается: до 4 т — 42%; от 4,1 до 6 т — 44%; от 6,1 до 10 т — 14%.

При разработке технико-экономических обоснований строительства и реконструкции автомобильных дорог необходимо по каждому объекту обосновать принимаемое соотношение автотранспортных средств как по грузоподъемности, так и по нагрузке на ось в зависимости от общего народнохозяйственного значения автомобилями дороги, характера перевозок, состава грузов, перевозимых по дороге, дальности их перевозки и т. д.

Исходя из вышеприведенных данных прогноза перспективного парка грузовых автомобилей, рекомендуется при определении среднесуточной интенсивности движения на 20-летнюю перспективу принимать примерно следующие процентные соотношения автотранспортных средств общего назначения по грузоподъемности и нагрузке на ось:

по магистральным дорогам I—III технических категорий: легких автомобилей грузоподъемностью до 2 т при средней грузоподъемности 1 т — 20—25%; средних автомобилей грузоподъемностью до 5 т при средней грузоподъемности 3,5 т — 40—45%; тяжелых грузоподъемностью больше 5 т при средней грузоподъемности 8 т с нагрузкой на ось до 6 т — 20—25%; при средней грузоподъемности 12 т с нагрузкой на ось до 10 т — 10—15%. При указанных процентных соотношениях и средней грузоподъемности автомобилей каждой группы, движущихся по магистральным автомобильным дорогам I—III категорий, средняя грузоподъемность одного автомобиля по всем группам автотранспортных средств составит примерно 5,0—5,3 т;

Состав автобусного парка

Виды перевозок по дорогам общего пользования	Автобусный парк на 1970 г.					Автобусный парк на 1930 г. и дальнейшую перспективу				
	Всего, %	В том числе по вместимости, %				Всего, %	В том числе по вместимости, %			
		малой	средней	большой	особо большой		малой	средней	большой	особо большой
Городские	57	15	12	13	17	50	13	9	18	15
Пригородные	24	4	7	6	7	20	4	6	4	6
Междугородные	12	2	3	7	—	15	2	4	9	—
Районные	6	4	2	—	—	10	5	5	—	—
Туристские	1	0,5	0,5	—	—	5	2	2	1	—

по дорогам местной сети IV и V технических категорий состав автопарка по группе Б с нагрузкой на ось до 6 т предусматривается: легких грузоподъемностью до 2 т — 25%, средних грузоподъемностью до 5 т — 49%, тяжелых свыше 5 т — 26%. Из них: автопоезда с прицепами и полуприцепами — 20% и автомобили — 6%.

Для определения среднесуточной интенсивности движения на перспективу и расчета конструкций дорожных одежд по этой группе местных дорог следует исходить из состава автотранспортных средств примерно в следующем процентном соотношении: легких автомобилей грузоподъемностью до 2 т при средней грузоподъемности 1 т — 24—26%; средних грузоподъемностью до 5 т при средней грузоподъемности 3,5 т — 47—51%; тяжелых грузоподъемностью свыше 5 т при средней грузоподъемности 8 т — 24—28% (с нагрузкой на ось до 6 т). При таком процентном соотношении транспортных средств по группам и средней грузоподъемности для дорог местной сети IV и V технических категорий средняя грузоподъемность одного автомобиля составит примерно 4—4,3 т\*.

При определении перспективной структуры парка автобусов, необходимого для удовлетворения всех видов автобусных перевозок пассажиров, рекомендуется руководствоваться данными, приведенными в табл. III.3.

При необходимости расчета пропускной способности дорог (например, при расчете числа полос движения на дорогах I категории, проектируемых для однородного движения), когда легковые или грузовые автомобили с близкими динамическими характеристиками составляют 70% и более общего транспортного потока, весь состав транспортных средств следует приводить к легковым автомобилям, пользуясь коэффициентами приведения, помещенными в табл. I.2.

\*В определении указанных процентных соотношений перспективного парка для общей сети дорог Советского Союза автотранспортные средства, относящиеся к группе В, по ГОСТ 9314—59 с нагрузкой на ось более 10 т не учитывались.

При разработке технико-экономических обоснований строительства автомобильных дорог, к которым предъявляются специальные требования, процентное соотношение транспортных средств по грузоподъемности и нагрузке на ось может при наличии соответствующего обоснования отличаться от вышеприведенных средних показателей.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ (НАЗЕМНЫЕ) ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

## § IV.1. ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В состав трассирования и топографо-геодезических работ для технического проекта автомобильной дороги входят: камеральное трассирование вариантов по принятому в технико-экономическом обосновании общему направлению проектируемой дороги, предварительное согласование проложения трассы заинтересованными организациями, полевое обследование сложных участков трассы и вариантов, выбор основного направления трассы, трассирование по принятому направлению и конкурирующим вариантам с необходимыми топографо-геодезическими работами.

Камеральное трассирование выполняют по топографическим картам масштаба 1:100 000 и крупнее, а также по материалам аэрофотосъемок различных масштабов. В условиях сложного рельефа местности, на подходах к крупным населенным пунктам и в других местах со сложной ситуацией камеральное трассирование выполняют по топографическим картам и планам масштаба 1:50 000 — 1:10 000.

Государственные топографические карты СССР составляют в масштабах 1:1 000 000; 1:500 000; 1:200 000; 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000, а ведомственные топографические карты — в масштабах 1:10 000 и крупнее.

В основу номенклатуры карт в СССР положена государственная карта масштаба 1:1 000 000, на которой всю земную поверхность делят меридианами через 6° на 60 колонн и зон. В широтном направлении земную поверхность делят параллелями на ряды через 4°. Номенклатура отдельного листа карты состоит из буквы, обозначающей ряд, и числа, обозначающего номер листа данного ряда (колонну). На рис. IV.1, а заштрихован лист, имеющий обозначение N 37 масштаба 1:1 000 000. Деление листа карты масштаба 1:1 000 000 на листы карт разных масштабов показано на рис. IV.1, в. Листы карт масштаба 1:500 000 обозначены буквами А, Б, В, Г; листы карт масштаба 1:200 000 — римскими цифрами от I до XXXVI и листы карт масштаба 1:100 000 обозначены арабскими цифрами от 1 до 144. На рис. IV, в заштрихованы: лист карты масштаба 1:500 000 N37-Г, лист карты масштаба 1:200 000 N37-XII и лист карты масштаба 1:100 000 N 37-16. Территория, помещившаяся на одном листе карты масштаба 1:100 000, делится между листами более крупных масштабов (1:50 000; 1:25 000; 1:10 000). На рис. IV, б заштрихованы листы, имеющие

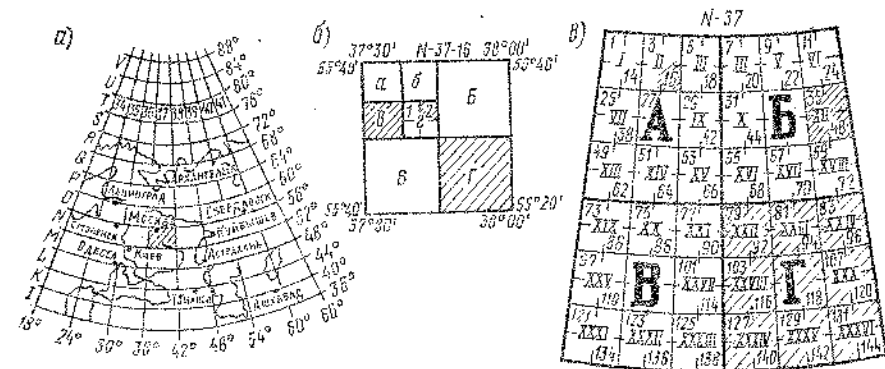


Рис. IV.1. Номенклатура карт

Таблица IV.1

Нормы отвода земель

Категория дороги	Количество полос движения	Общая ширина полосы отвода, м, при поперечном уклоне местности			
		от 0 до 1:20	от 1:20 до 1:10	от 0 до 1:20	от 1:20 до 1:10
		на землях сельскохозяйственного назначения		на землях, не пригодных для сельского хозяйства	
I	8	63	64	74	75
	6	55	56	64	65
II	4	47	48	55	56
	2	31	32	39	40
III	2	26	28	36	38
IV	2	24	25	35	36
V	2	21	22	33	34

Примечание. Нормы отвода земель для автомобильных дорог разработаны Союздорпроектом и утверждены Госстроем СССР 19 декабря 1974 г.

Таблица IV.2

Охранные зоны линий электропередач

Напряжение в воздушной линии, кВ	Размер охранной зоны, м	Напряжение в воздушной линии, кВ	Размер охранной зоны, м
1—20	10	220	25
35	15	330	30
110	20	500	30
150	25		

Примечание. Размер охранной зоны измеряется расстоянием по горизонтали от крайних проводов при неотключенном их положении до ближайших выступающих частей зданий и сооружений (СНиП III-И, 6-67).

Таблица IV.3

Охранные зоны магистральных газопроводов

Класс газопровода	Условный диаметр газопровода, мм	Ширина охранной зоны, м	Класс газопровода	Условный диаметр газопровода, мм	Ширина охранной зоны, м	Класс газопровода	Условный диаметр газопровода, мм	Ширина охранной зоны, м
I. Высокого давления (25 кгс/см <sup>2</sup> )	300 и менее	100	II. Среднего давления (от 12 до 25 кгс/см <sup>2</sup> включительно)	300 и менее	75	III. Низкого давления (до 12 кгс/см <sup>2</sup> включительно)	300 и менее	40
	300—500	150		Более 300	125		Более 300	60
	500—800	200						
	Более 800	250						

Примечание. См. СНиП II-Д, 10-62

обозначение: N 37-16-Г в масштабе 1:50 000, N 37-16-А-в в масштабе 1:25 000 и N 37-16-А-г-2 в масштабе 1:10 000.

Сведения о картографическом материале на район изысканий получают от соответствующих отделов Госгеонадзора по территориальному расположению объекта.

При трассировании автомобильных дорог требуется строго соблюдать законы об охране земли. Для соблюдения условий по минимальному заприятию целинных земель необходимо руководствоваться действующими нормами по ширине полосы отвода для автомобильных дорог (табл. IV.1), а также нормами ширины охранных зон линий электропередач (табл. IV.2), магистральных газопроводов (табл. IV.3), зон удаления от разработок месторождений каменных пород взрывным способом (табл. IV.4).

Ширина охранной зоны линий связи составляет (см. «Правила охраны линий связи», утвержденные 22 июля 1969 г. Советом Министров СССР): от подземного кабеля связи или крайнего провода воздушной линии связи — по 2 м в обе стороны; от воздушных или подземных необслуживаемых усилительных пунктов или границы их обваловки — 3 м; от морского кабеля связи — по 0,25 мили, от кабеля связи на переходах через озеро или реку — по 100 м в обе стороны.

Размеры охранных зон магистральных нефтепроводов (см. СНиП II-Д, 10-62):

Класс нефтепровода	I	II	III	IV
Расстояние от оси нефтепровода, м	150	100	75	50

Размеры санитарно-защитных зон для предприятий по добыче нерудных ископаемых открытым способом (см. «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245-71) — 500 м при добыче пород VIII—XI категорий; 300 м — при добыче пород VI, VII категорий; при эксплуатации месторождений песка и гравия — 300 м.

Таблица IV.4

Охранные зоны при разработке месторождений каменных пород взрывным способом

Виды и методы работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м	Виды и методы работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
Взрывание на открытых работах в грунтах и скальных породах методом: наружных зарядов шпуровых > котлованных шпуров	>300* >200 >200**	рукавов скважинных зарядов котлованных скважин камерных зарядов Дробление валунов зарядами в подкопах	>200** По проекту, но не менее 200 То же, 300 > 300 >400

\* Суммарная величина одновременно взрывааемых зарядов не более 20 кг.

\*\* При взрывании на косогорах в направлении вниз по склону радиус опасной зоны не менее 300 м.

Примечание. См. Единые правила безопасности при взрывных работах. (М., «Недра», 1972).

При предложении трассы автомобильной дороги производят районирование территории. Примерный перечень возможных районов проложения трассы: равнинная или пересеченная местность; оползневые районы; заболоченные районы; районы карстовых образований; горные районы; участки селевых потоков, снежных лавин и обвалов; районы искусственного орошения засушливой зоны; районы подвижных песков; районы вечной мерзлоты; сейсмические районы.

**Равнинная местность.** Автомобильную дорогу трассируют между назначенными контрольными точками, ограничивая длину прямых участков 3—5 км, так как движение автомобилей по длинным прямым сопряжено с повышенной аварийностью. Отклонять трассу от прямой следует в поисках участков, имеющих удовлетворительные условия водоотвода и благоприятные грунтовые условия, в поисках обхода лесных массивов и отдельных рощ в малозалесенных районах, обхода ценных сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов при максимальном сохранении окружающей среды.

**Пересеченная местность.** Трассу автомобильной дороги прокладывают по прямолинейным водоразделам, по долинам рек, на незатопляемых террасах, на склонах и косогорах. В пересеченной местности трасса должна вписываться в ландшафт, обгибать его крупные формы и пересекать местные черовности. При трассировании особое внимание обращают на безопасность движения автомобилей — создание нормальной видимости, сочетание горизонтальных и вертикальных кривых, ликвидацию коротких прямых вставок между кривыми, применение горизонтальных и вертикальных кривых больших радиусов или кривых переменного радиуса, обход населенных пунктов.

Для сокращения объемов земляных работ целесообразно прокладывать трассу как плавную извилистую линию, вписывающуюся в формы рельефа. В этих условиях особенно оправдывает себя проложение трассы в плане методом клотоидного трассирования.

**Оползневые районы.** Автомобильные дороги трассируют после подробного обследования всех оползней и выявления причин их возникновения. Если оползню обойти не представляется возможным, намечают мероприятия по осушению или закреплению оползневых склонов. При проложении трассы автомобильных дорог высших категорий для надежной устойчивости земляное полотно устраивают на подстилающих оползневые массы горных породах или грунтах, расположенных ниже поверхности скольжения, прорезая оползневые склоны глубокими выемками. В этих условиях проектируют надежные меры, обеспечивающие устойчивость откосов этих выемок (поверхностный водоотвод, дренажи, подпорные или одевающие стены и т. п.).

**Заболоченные районы.** При проложении трассы необходимо различать болота по местоположению (водораздельное, равнинное); глубине (мелкое — глубиной до 2 м, среднее — 2—4 м, глубокое — более 4 м); состоянию торфяной массы (торф плотный, торф или ил выдавливается под нагрузкой, сплавина); характеру и состоянию дна (плоское, с уклоном, талое или мерзлое).

Болото необходимо пересекать трассой в самом узком месте, там, где его глубина минимальная, а минеральное дно может служить надежным основанием земляного полотна дороги. Мелкие болота с устойчивым минеральным дном не являются серьезным препятствием и в районах их распространения трассу автомобильной дороги прокладывают исходя из общих требований. В районах распространения средних или глубоких болот, значительных по протяженности, разрабатывают варианты их обхода. При выборе этих вариантов учитывают местные карьеры грунта для отсыпки земляного полотна. Рекомендуемый вариант трассы выбирают на основе технико-экономических расчетов.

**Районы карстовых образований.** Трассированию автомобильной дороги в этих районах должны предшествовать тщательные геологические обследования (геофизические работы или заложение горных выработок, бурение), в результате которых выявляют контуры карстовых районов и изучают общее геологическое строение этих районов.

Карстом называют своеобразные формы рельефа и гидрологический режим, свойственные местностям, сложенным растворимыми в воде и трещиноватыми породами (известняк, гипс, доломит, каменная соль, гипсоносные глины и т. д.). Районы распространения карстовых образований характеризуются воронкооб-

разными углублениями, провалами, шеперами, исчезающими реками и озерами. Различают карсты мелкого и глубокого залегания. Последние наиболее опасны в связи с трудностью их обнаружения. По возрасту карсты делятся на современные (действующие) и древние (остановившиеся в своем развитии).

При трассировании новых автомобильных дорог прежде всего рассматривают варианты выноса трассы в районы, сложенные из пород, не подверженных образованию карстов. Если этого полностью достичь невозможно, трассу автомобильной дороги прокладывают по наименее закарстованным участкам.

**Горные районы.** Трассу проектируют на основе широкого варьирования как при технико-экономическом обосновании строительства автомобильной дороги, так и при производстве изысканий для составления технического проекта с использованием картографических материалов, аэрофотосъемки, аэровизуальной рекогносцировки и инженерно-геологических обследований.

Плавность трассы автомобильных дорог и увязка их проложения с элементами рельефа достигается клотоидным трассированием, при этом учитывают следующие особенности:

в узких и извилистых долинах горных рек может оказаться целесообразным проложение трассы по различным склонам с переходом реки. В каждом конкретном случае место пересечения реки устанавливают путем сравнения вариантов трассы;

проложение трассы через горные перевалы — наиболее сложная задача и требует изучения тоннельных и безтоннельных вариантов. Прежде всего намечают точку пересечения перевала (по карте или средствам аэроизысканий), а затем, после укладки трассы по спуску, выбирают место пересечения длины. Это место может быть заранее зафиксировано;

при трассировании на косогорах следует учитывать, что эти участки трассы, как правило, наиболее неустойчивы, в связи с чем протяженность косогорных участков желательно свести к минимальному. На косогорах, прикрытых крупнообломочными осыпями, состоящими из скальных глыб с залеганием по откосу до 45°, устранять полотно автомобильной дороги не рекомендуется, так как при стронательстве возможна подвигка огромных масс скальных пород. При опасности массовых скальных обвалов следует обходить такие места или проходить их тоннелями и галереями;

при наличии прижимов предпочтение следует отдавать расположению трассы автомобильной дороги в пределах поймы реки, нежели трассированию по неустойчивому косогору с возможными обвалами и осыпями. Если проложение трассы по осыпям неизбежно, необходимо учитывать, что наиболее неблагоприятным является пересечение их на высоких отметках, где активность осыпей наибольшая. Деятельность осыпей со мере приближения к долине затухает;

в районах селевых выносов необходимо рассмотреть возможные варианты выноса трассы из этих районов. Если это невозможно или нецелесообразно, селевой поток пересекают в самом узком его месте, где склоны достаточно устойчивы, а русло глубоко, что позволяет перекрыть его однопролетным сооружением. В случаях, когда из-за топографических или ситуационных признаков трасса располагается у подножия склона, следует рассмотреть вариант пропуска селевого потока над полотном автомобильной дороги;

трассу автомобильной дороги на склонах гор, по которым отмечено движение снежных лавин и обвалов, проектируют на основании данных, полученных от специально организованных станций. Эти станции наблюдают за процессом накопления снега на горных склонах, мощностью снегового покрова, временем образования подвижных снежных масс, направлением этих подвижек и мощностью снежных лавин. После получения необходимых данных о природе образования снежных лавин разрабатывают меры по надежной защите от них полотна автомобильной дороги путем устройства галерей для пропуска лавин и снежных обвалов над полотном дороги, сооружения противолавинных козырьков и навесов, оградительных стен, снегозадерживающих надолбов и, наконец, осуществления лесонасаждения на лавиноопасных склонах.

**Районы орошаемых земель.** Расположение трассы в этих районах следует устанавливать в первую очередь на основе общих требований. Наряду с этим

исходят из условий занятия минимальной площади орошаемых земель, используемых для строительства и размещения дороги, а также из условий пересечения минимального количества ирригационных сооружений. Одновременно при проложении трассы принимают во внимание необходимость обеспечения устойчивости земляного полотна в условиях искусственного орошения, вызывающего повышение уровня грунтовых вод и создающего возможность подтопления земляного полотна. Следует по возможности обходить бессточные понижения, участки местности, на которых возможно заболачивание территории поверхностными и поливными водами и наблюдается высокий уровень грунтовых вод.

Строительство дорог общего пользования вдоль магистральных и распределительных каналов не рекомендуется и допускается лишь в виде исключения на отдельных участках в соответствии с требованиями п. 22 ВСН 47-60 («Технические указания по проектированию и возведению земляного полотна автомобильных дорог в районах искусственного орошения засушливой зоны», Минтрансстрой СССР, 1961 г.). При прохождении дороги по пониженным участкам рядом с каналом водосборно-сборной сети расстояние между внешними (соединяемыми) бровками канала и кювета или кювет-резерва должно быть не менее 4—5 м.

Возведение земляного полотна рядом с дренами и коллекторами ирригационной сети на участках с высоким уровнем грунтовых вод допускается лишь при условии надежного обеспечения стока воды из дрена или коллектора.

**Районы распространения подвижных песков.** Первоочередным условием правильного расположения трассы автомобильной дороги в этих районах является тщательное изучение рельефа песков, особенностей их движения, степени зарастаемости, возможности фитомелiorации (закрепления растительностью) в полосе местности, расположенной вдоль рекомендуемого направления трассы, шириной не менее 3—5 км.

Учитывая трудности борьбы с песчаными заносами следует по возможности избегать проложения трассы по зонам выноса и накопления песка, отдавая предпочтение зонам транзита (такры, солончаки, равнины с закрепленной поверхностью).

При трассировании автомобильных дорог в барханных песках рекомендуется прокладывать трассы вдоль, а не поперек форм рельефа и по возможности перпендикулярно направлению господствующих ветров; в случаях, когда пересечение рельефа неизбежно, выбирать участки с наименьшими колебаниями высоты этих форм; в условиях грядового рельефа прокладывать трассу по межгрядовым понижениям, не приближая ее к недостаточно закрепленным подножиям крутых склонов; избегать устройства выемок, стремясь в наибольшей степени вписать трассу в существующий рельеф без нарушения условий его развития.

В районах заросших песков трассу прокладывают из условий минимального уничтожения растительности, закрепляющей песок. При изысканиях дороги в лесах необходимо уделять особое внимание поискам карьеров связных грунтов, пригодных для устройства защитного слоя на земляном полотне автомобильной дороги.

**Вечная мерзлота.** Автомобильные дороги трассируют на основе широкой инженерно-геологической съемки района и детального обследования отдельных участков. При этом должно быть обеспечено проложение трассы в местности, наиболее благоприятной в мерзлотно-грунтовом отношении; предусмотрены мероприятия по устойчивости земляного полотна дороги и всех сооружений, входящих в комплекс ее строительства; определена несущая способность грунтов, выбран тип фундаментов и назначена глубина их заложения; учтены возможные изменения мерзлотно-грунтовых условий во время строительства автомобильной дороги и последующей ее эксплуатации.

Дорогу трассируют в зависимости от условий залегания вечной мерзлоты (рис. IV.2).

При наличии островного распространения вечной мерзлоты, которое обычно встречается на дне глубоких долин, на заторфованных участках и террасах, трассу автомобильной дороги следует укладывать в обход этих мест. В областях с островами таликов, которые встречаются по течению непромерзающих

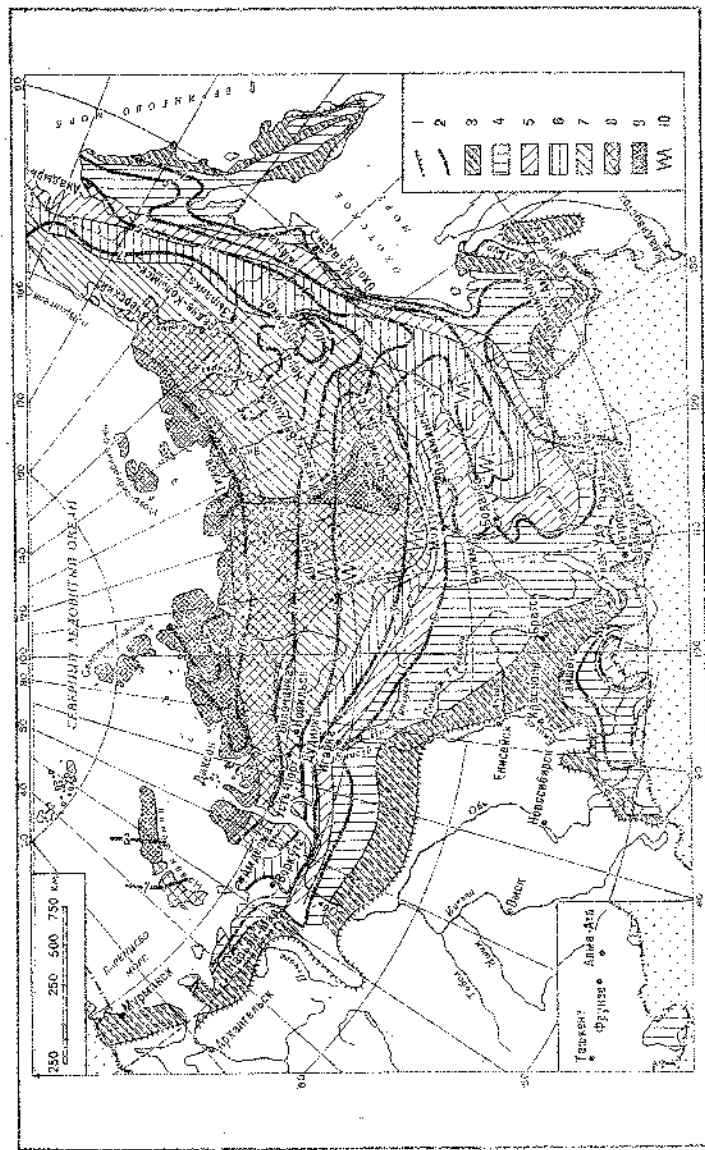


Рис. IV.2. Схематическая карта распространения вечномерзлых грунтов на территории СССР:  
1 — южная граница распространения вечномерзлых грунтов; 2 — изолия температуры грунтов на глубине 10 м; 3 — зона отдельных островов вечномерзлых грунтов с максимальной толщиной до 25 м; 4 — зона распространения вечномерзлых грунтов с максимальной толщиной до 100 м; 5 — то же, с максимальной толщиной до 100 м; 6 — то же, от 300 до 400 м; 7 — то же, от 400 до 500 м; 8 — то же, от 500 до 600 м; 9 — то же, от 600 до 700 м; 10 — участки распространения вечномерзлых грунтов толщиной более 500 м.



рек, у выходов глубинных ключей и по склонам южной экспозиции наиболее благоприятными для проложения трассы автомобильной дороги являются надпойменные террасы, особенно если они сложены песками и галечниками.

При укладке трассы в районах сплошного залегания вечной мерзлоты руководствуются следующими правилами:

выбирают участки с супесчаными, песчаными, галечниковыми, щебенистыми грунтами или скальными породами, покрытыми малым слоем рыхлых отложений;

по возможности обходят участки наледей и пушинообразований, вызванных межмерзлотными и подмерзлотными водами, которые часто мигрируют и копятся в этих вод затруднен;

при скоплении наледей и бугров, образованных надмерзлотными водами, трассу прокладывают в обход этих скоплений;

особо рассматривают участки местности с высокой льдонасыщенностью грунтов и отдельными линзами льда. В этих районах трасса должна быть намечена по участкам с глубоким залеганием мерзлоты, а места, где встречаются линзы льда, значительные по мощности, вообще должны быть обойдены. В случае невозможности обхода разрабатывают мероприятия по защите льдов от подтаивания;

при трассировании по участкам, сложенным из скальных пород, обращают внимание на характер и степень их выветривания;

при проложении трассы по поймам предпочтение отдают вариантам, проходящим по участкам, где марн подстилается гравием или галечником, старорежья отсутствуют, а грунты имеют температуру минус 1,5—2°C или ниже, что может создать режим их сохранения в естественном состоянии под земляным полотном автомобильной дороги;

при трассировании следует избегать нижней части делювиальных шлейфов, сложенных из пылеватых грунтов с гумусом, а также непосредственной близости подошвы склонов, опасных в отношении снеготаносимости и наледообразования, относить трассу от подошвы косогора надо на расстояние до 50—60 м;

по марлям трассу автомобильной дороги укладывают в зависимости от местных условий, а земляное полотно проектируют в насыпях высотой не менее 1,5 м из хорошо дренирующих грунтов;

на водоразделах и склонах долин при проложении трассы отдают предпочтение узким водоразделам, обычно сложенным из песчаных равностей, а при спусках по склонам трассу максимально вписывают в рельеф местности; не рекомендуется использовать обширные, плоские водоразделы, отличающиеся обычно нестройной литологической и морфологической отношениями. В таких случаях земляное полотно устраивают из грунтов, обладающих наименьшим содержанием пылеватых фракций, места распространения бугров и термокарста обходят.

**Сейсмические районы.** При изысканиях автомобильных дорог следует учитывать следующие положения:

наиболее благоприятными в сейсмическом отношении грунтами являются невыветренные скальные породы, а также плотные и маловлажные крупнообломочные грунты; неблагоприятными — насыщенные водой гравийные, песчаные и глинистые (макропористые), а также пластичные и текучие глинистые (чезмакропористые) грунты;

неблагоприятными в сейсмическом отношении условиями проложения трассы являются — сильно расчлененный рельеф местности (обрывистые берега, овраги, ущелья и др.), выветренность и сильная нарушенность пород физико-геологическими процессами, близкое расположение линий тектонических разрывов.

Рекомендуется обходить особо неблагоприятные в сейсмическом отношении участки. По нескальным косогорам при крутизне откоса 1:1,5 трассирование дороги в районах с сейсмичностью 8 и 9 баллов допускается только на основании специальных инженерно-геологических изысканий.

При необходимости строительства зданий и сооружений в районах оползней, осыпей, отвалов, пльвунов, горных выработок должны быть осуществлены

мероприятия по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений согласно особым проектам (инженерная подготовка участка, специальные конструктивные мероприятия и др.). Для зданий и сооружений устанавливают расчетную сейсмичность (в баллах), равную или отличную от сейсмичности пункта строительства. В зависимости от расчетной сейсмичности предусматривают мероприятия по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений.

Силу землетрясения в районе или пункте строительства оценивают сейсмичностью в баллах по шкале ГОСТ 6249—52 и принимают по картам сейсмического районирования территории СССР или по списку основных населенных пунктов СССР, расположенных в сейсмических районах, включенному в СНиП II-A.12-69.

## § IV.2. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

На изыскания, осуществляемые для проектирования новых автомобильных дорог протяженностью более 25 км, а также на изыскания новых трасс меньшей длины, но сложных по проложению, требующих исполнения крупномасштабных съемок (масштаба 1:2000 и крупнее), сосредоточенных на площади более 1 км<sup>2</sup>, должно быть получено разрешение от соответствующей территориальной инспекции Госгеонадзора. На производство изысканий меньшего объема, а также на производство рекогносцировок и изысканий для реконструкции существующих автомобильных дорог, разрешений территориальных инспекций Госгеонадзора не требуется. По окончании изыскательских и съемочных работ в соответствии с «Инструкцией о государственном геодезическом надзоре» (М. «Недра», 1967) представляются отчеты о выполненных работах в соответствующие территориальные инспекции Госгеонадзора. Масштабы топографических съемок принимают независимо от стадий изысканий (табл. IV.5).

Допускаемые невязки в измерениях приведены в табл. IV.6.

При разбивке трассы на местности прокладывают теодолитный ход с выполнением следующих условий:

горизонтальные углы поворота трассы измеряют теодолитом одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами, примерно на 90°; расхождения между полуприемами не должны превышать двойной точности инструмента; в начале и конце каждой прямой линии на всех углах поворота трассы определяют по буссоли магнитные азимуты или румбы линий, образующих угол;

вешение линии при подробных изысканиях производят по теодолиту, для чего в створе длинных прямых предусматривают промежуточные теодолитные

Таблица IV.5

Масштабы съемок

Объекты съемок	Масштабы при рельефе местности	
	равнинном и холмистом	горном
Полоса вдоль трассы	1:10 000	1:5 000
Места сложного проектирования (транспортные развязки, оползни, осыпи и др.)	1:2 000 и 1:1 000	1:1 000 и 1:500
Площадки зданий дорожной и автотранспортной службы, проезды и др.	1:500	1:500

Примечания. 1. При составлении топографических планов системы координат и высотных отметок принимают абсолютные и условные.

2. Сечения рельефа принимают для масштаба 1:25 000—5 м; 1:10 000 и 1:5 000—2 м; 1:2 000 и 1:1 000—1 м. При необходимости принимают и другие сечения рельефа.

Таблица IV.6

## Допускаемые невязки при топографо-геодезических работах

Работы	Угловые измерения, мин	Линейные измерения	Высотные измерения, мм
Теодолитные хода при разбивке трассы автомобильной дороги на местности	2' между полуприемами на стоянке	$\frac{1}{1000}$ и в трудных условиях $\frac{1}{500}$	$100\sqrt{L}$
Съемка поперечников и бассейнов водопропускных сооружений	$30'\sqrt{n}$	$\frac{1}{100}$	$100\sqrt{L}$
Ходы обоснования аэрофотосъемок	$3'\sqrt{n}$	$\frac{1}{1000}$ и в трудных условиях $\frac{1}{500}$	$150\sqrt{L}$
Теодолитные ходы между опорными пунктами триангуляции, полигонометрии или пунктами определения истинных азимутов, замкнутые полигоны	$3'\sqrt{n}$	То же	$100\sqrt{L}$
Базисы для измерения непреступных расстояний	—	$\frac{1}{2000}$	—
Теодолитные ходы при рекогносцировках и на вариантах трассы	—	$\frac{1}{300}$	—
Измерение непреступных расстояний	—	$\frac{1}{1000}$	—
Нивелирование уклонов суходолов и ручьев	—	—	$100\sqrt{L}$
Передача абсолютных отметок, нивелирование трассы в пределах городов и застроенных территорий при сооружении ГЭС, нивелирование уровней воды на больших мостовых переходах, нивелирование между постоянными реперами на больших мостовых переходах или при тоннельных переходах	—	—	$50\sqrt{L}$
Высотное обоснование топографических съемок	—	—	100 мм при любой длине хода

Примечание.  $n$ —число стоянок;  $L$ —длина хода, км.

стоянки; для устранения коллимационной ошибки наиболее удаленную вежу выставляют дважды, при двух полуприемах, с окончательной установкой ее посередине между двумя первоначальными положениями. Теодолит, установленный затем взамен этой вежи, центрируют с точностью до  $\pm 1$  см. Промежуточные вежки устанавливаются по теодолиту способом «на себя»;

теодолитный ход по трассе привязывают к пунктам государственной геодезической опорной сети в случаях, когда это необходимо для проектирования;

теодолитный ход по трассе закрепляют на всех углах поворота и по оси трассы знаками установленных образцов. Закрепляют каждый угол поворота привязкой вершины угла к двум точкам (столбам, предметам и пр.). Трассу на прямых участках закрепляют примерно через 500—1000 м. От каждого за-

## Поправки на наклон местности

Угол наклона, град	Поправка, м	Угол наклона, град	Поправка, м	Угол наклона, град	Поправка, м
3	0,14	9	1,23	16	3,87
4	0,24	10	1,52	17	4,37
5	0,38	11	1,84	18	4,89
6	0,55	12	2,19	19	5,45
7	0,75	13	2,56	20	6,03
8	0,97	14	2,97		
		15	3,41		

Примечание. Поправки указаны для линий длиной 100 м.

крепительного знака должно быть видно по трассе не менее двух знаков, поставленных до него и после него. Во избежание повреждений столбов и земляных конусов при пахоте для установки закрепительных знаков рекомендуется выбрать по возможности непахотные уголья (выгоны), суходолы, лесные полосы и т. п.

Измерение длины трассы автомобильной дороги и разбивку пункта жа производят стальной лентой. Контрольный промер линии делают выборочно (через каждые 10 км) на участке не менее 1 км. Длину трассы определяют по горизонтальному проложению, поэтому на склонах промер ведут по уступам или с введением поправок на наклон местности (табл. IV.7).

Длину трассы автомобильной дороги или длины других линий, которые не могут быть измерены лентой непосредственно на местности, определяют дальномером повышенной точности в прямом и обратном направлениях или аналитически по двум базисам. Базисы измеряют лентой дважды.

Высотные отметки (условные или абсолютные) отдельных точек определяют, как правило, путем двойного геометрического нивелирования. Первым нивелиром устанавливают отметки всех точек трассы, вторым осуществляют контроль по связующим точкам. Нивелирование, как правило, выполняют из середины при нормальных расстояниях от инструмента до рейки на связующих точках 75—100 м с возможным увеличением до 150 м при благоприятной погоде. Допускается нивелирование одним нивелиром с перестановкой (изменением горизонта) инструмента и с применением контрольных точек или двусторонних реек.

Через реки шириной не более 300 м отметки передают двойным нивелированием связующих точек со стоянок, расположенных по обеим сторонам реки на расстоянии 10—20 м от связующих точек хода. При ширине реки более 300 м нивелирование выполняют с визированием на прикрепляемые к рейкам передвижные марки или щитки.

При изысканиях крупных мостовых переходов трасса должна быть привязана к ближайшим пунктам государственного нивелирования или репером водомерных постов, расположенных не далее 10 км от трассы. При нивелировании хода по трассе, кроме привязок к постоянным нивелирным знакам, выполняют также привязки к временным реперам, устанавливаемым по трассе не реже чем через 2—3 км.

На больших мостовых переходах, тоннельных пересечениях, в местах сосредоточения больших объемов земляных работ устанавливают постоянные реперы, обязательно вне пределов строительных работ. Превышения между постоянными реперами, закладываемыми при изысканиях больших мостовых переходов на разных берегах реки или на обоих концах тоннельного пересечения определяют с точностью не ниже  $\pm 40\sqrt{L}$  мм. С этой же точностью делают

Полевые поверки геодезических инструментов

Таблица IV.8

Требование	Способы обнаружения погрешностей	Способы устранения погрешностей	Время поверок
<b>Теодолиты-тахометры</b>			
Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита	Поставить уровень по направлению двух подъемных винтов и, действуя этими винтами, привести пузырек уровня на середину. После этого повернуть алидаду на 180°. Если пузырек окажется на середине, то условие выполнено. В противном случае исправляют погрешности	Действуя исправительными винтами уровня, перемещают пузырек его на половину дуги отклонения, а потом подъемными винтами перемещают пузырек на середину уровня. Отклонение допустимо на подделение	На каждой станции при приведении теодолита в горизонтальное положение
Вертикальная нить сетки должна быть отвесной, когда теодолит приведен в горизонтальное положение	Теодолит устанавливают в горизонтальное положение по уровню на расстоянии 4—5 м от отвеса. Если вертикальная нить сетки будет параллельна нити отвеса или совпадать с нею, то условие выполнено; в противном случае надо исправить сетку трубы	При несопадении вертикальной нити сетки следует ослабить четыре винта, прикрепляющих окулярную трубку трубы и повернуть ее так, чтобы вертикальная нить совпала с изображением нити отвеса. После этого винты закрепляют и снова проверяют правильность установки	Не реже 1 раза в неделю при условии аккуратного обращения с трубой
Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси трубы	Неперпендикулярность визирной и горизонтальной осей трубы (коллимационная ошибка) обнаруживается в зировании на одну и ту же точку при горизонтальном положении теодолита при круге право (КП) и при круге лево (КЛ). Разность средних отсчетов по первому вершьюру должна быть равна 180°. Если эта разность отличается от 180°, то она составит двойную коллимационную ошибку. Это требование выполнимо при равенстве подставок трубы. Для проверки этого требования устанавливается теодолит вблизи (20—30 м) от высокого предмета — стены, столба	Берут среднее значение из отсчетов при КП и КЛ и микрометричным (наводящим) винтом алидады устанавливают вершью на этот отсчет. Пересечение нисей от этого сместится в визируемой точке. После этого исправительными винтами сетки трубы устанавливают пересечение нитей на визируемую точку	При обнаружении
Горизонтальная ось вращения трубы должна	Это требование выполнимо при равенстве подставок трубы. Для проверки этого требования устанавливается теодолит вблизи (20—30 м) от высокого предмета — стены, столба. Приведя теодолит точно в горизонтальное положение, наводят крест нитей на верхнюю точку стены и закрепив лимб, опускают трубу объективом вниз и на стене отмечают точечку, куда проектируется крест нитей. Затем переводят трубу через зенит, поворачивают алидаду на 180° и снова действуют по предыдущему. Если крест нитей спроектируется на прежнюю точку, то условие выполнено	Равенство подставок у теодолитов ТТ-2 и ТТ-50 гарантируется заводом	Перед выездом из изыскания

быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита

верки этого требования устанавливается теодолит вблизи (20—30 м) от высокого предмета — стены, столба. Приведя теодолит точно в горизонтальное положение, наводят крест нитей на верхнюю точку стены и закрепив лимб, опускают трубу объективом вниз и на стене отмечают точечку, куда проектируется крест нитей. Затем переводят трубу через зенит, поворачивают алидаду на 180° и снова действуют по предыдущему. Если крест нитей спроектируется на прежнюю точку, то условие выполнено

Примечание. Для контроля и уничтожения инструментальных ошибок следует все измерения производить лоджками. Так, например, эксцентриситет алидады компенсируется при отсчетах по двум вершьюерам; коллимационная ошибка — при измерениях углов полным приемом при КП и КЛ.

#### Нивелиры

Ось уровня должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения нивелира

Устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов и, действуя этими винтами, приводят пузырек уровня на середину. Потом поворачивают трубу и уровень на 180°. Если пузырек будет в нуль-пункте, то условие выполнено. В противном случае устраняют погрешность

На каждой станции

Ось круглого уровня должна быть параллельна

Приводят нивелир в рабочее положение цилиндрическим уровнем. Если

В начале рабочего дня

Требование	Способы обнаружения погрешностей	Способы устранения погрешностей	Время поверок
<p>на оси вращения нивелира</p> <p>Средняя нить сетки трубы должна быть горизонтальна или перпендикулярна к вертикальной оси вращения нивелира</p>	<p>ли пузырьек круглого уровня будет в центре, то условие выполнено. В противном случае исправляют положение уровня на подставке</p> <p>Ставят рейку в 20 м от нивелира и приводят его в рабочее положение. Наводят трубу на рейку так, чтобы изображение ее оказалось на краю поля зрения трубы. После этого микрометричным винтом вращают трубу, чтобы изображение рейки оказалось в противуположном краю поля зрения трубы. Если средняя нить будет покрывать одну и ту же точку рейки, то условие выполнено</p>	<p>винты, соединяющие уровень с подставкой, и отрегулировать положение круглого уровня на подставке</p> <p>Если средняя нить сходит с точки на рейке, то ослабляют винты у сетки и устанавливают сетку так, чтобы средняя нить при боковом движении трубы покрывала одну и ту же точку, и затем снова закрепляют винты</p>	<p>В начале рабочего дня</p>
<p>Визирная ось трубы должна быть параллельна на оси уровня</p>	<p>Это условие проверяется двойным нивелированием одной и той же линии. Если двойное нивелирование не поляжет способом вперед, то ошибку определяют по формуле</p> $X = \frac{a_2 + a_1}{2} - \frac{i_2 - i_1}{2},$ <p>где <math>i_1, i_2</math> — высота инструмента; <math>a_1, a_2</math> — отсчеты по рейке; <math>X</math> — ошибка от непараллельности осей допускается не более 4 мм</p>	<p>Исправительными винтами сетки устанавливают среднюю нить сетки на верный отсчет <math>a</math></p>	<p>То же</p>

#### Глухие нивелиры с элевационным винтом (типа НВ-1)

Требование	Способы обнаружения погрешностей	Способы устранения погрешностей	Время поверок
<p>Ось круглого уровня должна быть параллельна на оси вращения нивелира</p>	<p>Для проверки ставят исправительные винты уровня в направленные подъемные винты и, действуя этими винтами, выводят пузырек уровня в центр ампулы. Затем поворачивают уровень на 180° и наблюдают за положением пузырька. Если пузырек уровня остался в середине ампулы, то условие выполнено</p>	<p>Исправленные производят исправительными винтами уровня, перемещая пузырек к центру ампулы на половину дуги отклонения</p>	<p>В начале рабочего дня</p>
<p>Вертикальная нить сетки должна находиться в одной плоскости с осью вращения нивелира, а горизонтальная нить должна быть перпендикулярна к ней</p>	<p>Взаимная перпендикулярность нитей сетки гарантируется заводом, поэтому для проверки наводят пересечение нитей сетки на неподвижную рейку и берут на ней отсчет. Затем наводящим винтом трубы перемещают трубу, наблюдая за отсчетом по горизонтальной нити сетки. Если отсчет по рейке при этом остается неизменным, то условие выполнено</p>	<p>Исправление ведут разворотом оправы сетки нитей в корпусе трубы до получения отсчета по рейке в любом месте горизонтальной нити, равным первоначальному в месте пересечения нитей сетки</p>	<p>То же</p>
<p>Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы</p>	<p>Поверку ведут двойным нивелированием одной и той же линии аналогично описанию для глухих нивелиров (типа НГ). Величина ошибки <math>X</math> должна быть меньше 4 мм</p>	<p>Для исправления находят верный отсчет и, действуя элевационным винтом, ставят пересечение средней нити сетки на этот отсчет. При этом контакт цилиндрического уровня марушается. Далее, действуя вертикальными исправительными винтами уровня, совмещают изображение положения концов уровня в контакт друг с другом</p>	<p>То же</p>

Требование	Способы обнаружения погрешностей	Способы устранения погрешностей	Время поверок
<p>Оси цилиндрических уровней должны быть перпендикулярны вертикальной оси вращения нивелира</p> <p>Вертикальная линия сетки нитей после приведения нивелира в рабочее положение должна быть отвесна, и горизонтальная перпендикулярна на оси вращения нивелира</p>	<p><b>Нивелир с самоустанавливающейся линией визирования (типа НСМ-2А)</b></p> <p>Один из уровней устанавливается по направлению двух подъемных винтов и приводит пузырек на середину. Одновременно пузырек второго цилиндрического уровня, который расположен по направлению третьего подъемного винта, выводит этим винтом также на середину. Убедившись, что пузырьки обоих уровней приведены на середину, поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг его оси на 180°</p> <p>Взаимная перпендикулярность нитей сетки гарантируется заводом-изготовителем, поэтому практически достаточно проверить одну из нитей сетки: вертикальную — наведенным на нить отвеса или горизонтальную — путем перемещения трубы микрометричным винтом и наблюдением — не сходит ли фиксированная точка с горизонтальной нити</p>	<p>Исправляемыми винтами изменяют наклон площадки, на которой установлены уровень, наполненную дуги отклонения пузырьков уровнем</p> <p>Поставленное условие гарантируется заводом-изготовителем</p>	<p>В начале рабочего дня</p> <p>То же</p>
<p>Линия визирования должна занимать горизонтальное положение</p>	<p>На местности выбирают две точки с расстоянием между ними 70—80 м. Положение этих точек по высоте должно быть надежно закреплено и обеспечивать удобство установки рейки и нивелира над ними. Нивелир устанавливается над одной из точек (с расчетом, чтобы окуляр трубы и точка лежали на одной отвесной прямой), а над другой точкой устанавливают рейку.</p> <p>После приведения инструмента в рабочее положение измеряют его высоту <math>i_1</math>, над первой точкой и берут отсчет <math>a_1</math> по отвесно установленной рейке на другом конце линии. Поменяв местами нивелир и рейку, поступают аналогичным образом для получения отсчета <math>a_2</math> и <math>i_2</math>. Ошибка <math>X</math> в отсчете из-за неправильного положения линии визирования вычисляется по формуле</p> $X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}.$ <p>Если величина этой ошибки более 4 мм, то положение линии визирования подлежит исправлению</p>	<p>Исправление производится юстировочными винтами при сетке нитей так, чтобы вместо отсчета <math>a_2</math> по рейке получить отсчет <math>a_2' = X</math>. Исправленные винты сетки нитей находятся под защитным колпачком, который в процессе юстировки отвинчивают и снимают со зрительной трубы</p>	<p>В начале рабочего дня</p>

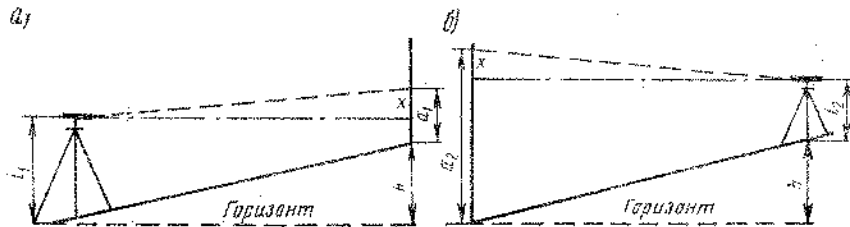


Рис. IV.3. Схемы к поверкам нивелира

высотную привязку трассы автомобильной дороги к планируемым территориям населенных пунктов, затопляемым территориям и при передаче отметок с водомерных постов на большой мостовой переход.

В горной или резко пересеченной местности, где геометрическое нивелирование недостаточно производительно, целесообразно выполнять тригонометрическое нивелирование с применением оптических дальномеров повышенной точности.

Углы наклона при определении превышений между связующими точками измеряют одним полуприемом в прямом и обратном направлениях. Отсчеты по рейке берут с округлением до 1 см.

Общая допустимая невязка хода не должна превышать  $\pm 300\sqrt{L}$  мм, где  $L$  — длина хода в километрах.

Съемку площадей выполняют для составления топографических планов мостовых переходов, транспортных развязок, сложных мест трассы (оврагов, оползней, осей, скальных выступов и т.п.), площадок под гражданские здания, месторождений дорожно-строительных материалов, сосредоточенных резервов грунта и пр. Съемку площадей ведут теодолитом-тахеометром, мензулой, нивелированием по квадратам, комбинированно — теодолитом и нивелиром.

Для планового обоснования при топографической съемке прокладывают на местности опорные ходы, со станций которых производят съемку по речным точкам. При замкнутых ходах отдельные станции могут быть вынесены за пределы полигона. Углы опорных ходов измеряют обычными приемами с определением величины сумм внутренних углов полигона по формуле  $\varphi_{\beta} = \Sigma\beta - 180(n-2)$  при допустимой угловой невязке  $\varphi_{\beta \text{ доп}} = 1,5\sqrt{n}$  (в минутах), где  $n$  — число углов (стоянок теодолита);  $\beta$  — внутренние углы полигона. Стороны опорных ходов измеряют лентой или дальномером повышенной точности. Планы съемок составляют в системе прямоугольных координат. При необходимости плановое обоснование съемки привязывают к находящимся в районе съемки триангуляционным или полигонометрическим пунктам для составления планов в общегосударственной системе координат.

Высотное обоснование выполняют путем двойного нивелирования по станциям опорных ходов при допустимой невязке не более 10 см для любой длины хода. При небольших площадях съемки допускают высотное определение станций тахеометрическим способом с вычислением и увязкой отметок в поле. При наличии в непосредственной близости от места съемок марок и реперов государственной нивелирной сети опорные ходы привязывают к ним, в остальных случаях планы составляют в условных отметках.

При съемке подробностей рельефа и ситуации расстояние от инструмента до речных точек не должно превышать 150 м при масштабе съемки 1:2000 и 250 м при масштабе съемки 1:5000. Густота речных точек определяется масштабом съемки, количеством контуров, подлежащих съемке, и возможностью правильного интерполирования горизонталей, при составлении планов (в среднем, 25—30 речных точек на 1 дм<sup>2</sup> плана). При сложном рельефе или ситуации количество точек увеличивают.

В табл. IV.8 приведены проверки геодезических инструментов. На рис. IV.3 показаны схемы к поверкам нивелира.

### § IV.3. ПРИВЯЗКА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ К ПУНКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ И ПОЛИГОНОМЕТРИИ

Плановую привязку трассы автомобильных дорог к пунктам государственной геодезической основы — триангуляции, полигонометрии и нивелирования — выполняют для использования геодезических данных трассы при составлении карт и контроля измеренных углов и линий трассы. Привязка может быть произведена при наличии на местности знаков и центров государственной геодезической основы — пунктов триангуляции и полигонометрии. При этом могут встретиться три основных случая привязки.

Первый случай: привязка к триангуляционным пунктам возможна в начале участка трассы и в конце его (рис. IV.4).

В этом случае необходимо иметь: координаты  $x$  и  $y$  пунктов  $B$  и  $D$ ; дирекционные углы линий между триангуляционными пунктами  $BA$  и  $DC$ ; измеренные линии и углы по трассе.

Порядок определения координат следующий: вычисляют дирекционные углы каждой прямой по формуле

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta, \quad (IV.1)$$

где  $\alpha_2$  — искомый дирекционный угол;  $\alpha_1$  — исходный дирекционный угол;  $\beta$  — вправо лежащий по ходу угол; подсчитывают угловую невязку по формуле

$$f = (\alpha_1 - \alpha_2) + n 180^\circ - \Sigma\beta, \quad (IV.2)$$

где  $f$  — невязка;  $\alpha_1$  — дирекционный угол линии  $DC$ ;  $\alpha_2$  — дирекционный угол линии  $BA$ ;  $n$  — число углов;  $\Sigma\beta$  — сумма вправо лежащих углов;

допустимая невязка определяется по формуле  $2\sqrt{n}$ ;

полученную угловую невязку распределяют между углами пропорционально длинам линий;

определяют координаты вершин углов по формулам:

$$\Delta x = l \cos \alpha, \quad (IV.3)$$

$$\Delta y = l \sin \alpha, \quad (IV.4)$$

где  $\Delta x$  и  $\Delta y$  — приращения координат;  $l$  — длина линии между вершинами;  $\alpha$  — дирекционный угол;

подсчитывают алгебраическую сумму приращений  $\Sigma\Delta x$  и  $\Sigma\Delta y$ ;

сравнивают алгебраическую сумму приращений с разностью координат начальной и конечной точек с жесткими координатами. Полученные невязки распределяют с обратным знаком;

подсчитывают общую невязку по формуле

$$f = \pm \sqrt{(f\Delta x)^2 + (f\Delta y)^2}; \quad (IV.5)$$

полученный результат сравнивают с допустимой невязкой, которая равна: для равнинной местности 1/1000, для пересеченной и горной местности 1/500.

Второй случай: привязка трассы к триангуляционной сети возможна только в начале участка трассы (или в конце участка) (рис. IV.5).

Расчеты ведут точно так же, как и в первом случае. Контроль правильности измерений углов производится путем сравнения двух величин дирекционного угла линии  $MK$ :

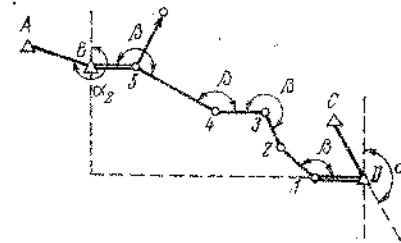


Рис. IV.4. Схема привязки к триангуляционным пунктам в начале и конце трассы.

$i-5$  — углы поворота трассы

Таблица IV. 9

Таблица для исправления дирекционного угла

Широта, град	Протяженность линии по долготе, м			Широта, град	Протяженность линии по долготе, м		
	1 000	5 000	10 000		1 000	5 000	10 000
	Угловое сближение меридианов, мин				Угловое сближение меридианов, мин		
40	0,45	2,26	4,52	56	0,80	3,98	7,97
41	0,47	2,34	4,68	57	0,83	4,17	8,28
42	0,48	2,42	4,85	58	0,86	4,30	8,61
43	0,50	2,51	5,02	59	0,90	4,48	8,95
44	0,52	2,60	5,20	60	0,93	4,66	9,31
45	0,54	2,69	5,38	61	0,97	4,85	9,70
46	0,56	2,79	5,57	62	1,00	5,06	10,11
47	0,58	2,89	5,77	63	1,06	5,26	10,55
48	0,60	2,99	5,98	64	1,10	5,51	11,02
49	0,62	3,09	6,19	65	1,15	5,76	11,53
50	0,64	3,21	6,41	66	1,21	6,04	12,07
51	0,66	3,32	6,64	67	1,27	6,33	12,66
52	0,69	3,44	6,89	68	1,33	6,66	13,31
53	0,71	3,57	7,14	69	1,40	7,00	14,00
54	0,74	3,70	7,40	70	1,48	7,38	14,77
55	0,77	3,84	7,68				

дирекционного угла, полученного путем расчета, от пункта *B* по формуле

$$\alpha_n = \alpha_1 + n \cdot 180^\circ - \sum \beta, \quad (IV.6)$$

где  $\alpha_n$  — искомый дирекционный угол;  $\alpha_1$  — дирекционный угол линии *AB*; *n* — число вершин углов по трассе;  $\sum \beta$  — сумма вправо лежащих углов; дирекционный угол, полученного из истинного азимута в пункте *M* для линий *MK* (определяют наблюдением по Солнцу или Полярной звезде). Дирекционный угол линии *MK* определяют по формуле  $\alpha = A - \gamma$ , где *A* — наблюдаемый истинный азимут;  $\gamma$  — сближение меридианов (табл. IV.9).

Третий случай: в начале и в конце трассы триангуляционные пункты отсутствуют (рис. IV.6). Для проверки правильности измерения углов в

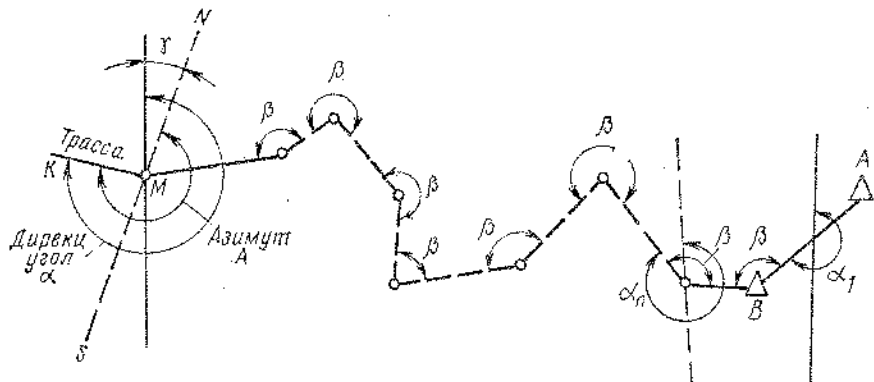


Рис. IV.5. Схема привязки к триангуляционной сети в начале трассы

начале и в конце трассы определяют истинные азимуты, а затем вычисляют угловую невязку. В этом случае требуется обязательный двойной промер линий с точностью измерения 1/2000.

Привязка трассы автомобильной дороги к пунктам государственной триангуляции и полигонометрии, как правило, может иметь следующие случаи: 1) из одного или нескольких пунктов трассы виден один пункт триангуляции, и для привязки трассы необходимо проложить к пункту триангуляции теодолитный ход; 2) из одного или нескольких пунктов трассы виден один пункт триангуляции; 3) из одного или нескольких пунктов трассы видны два, три и т. д. пункта триангуляции.

Привязка в первом случае выполняется по схеме рис. IV.7.

Вблизи триангуляционного пункта *C* выбирают ровное место и разбивают два базиса  $b_1$  и  $b_2$  (*BA* и *BD*), выходящих из общей точки. При этом из точки *B* должен быть виден триангуляционный пункт *C*. Промерив тщательно базисы  $b_1$  и  $b_2$  не менее 2 раз каждый, становятся с теодолитом в вершине *B* и измеряют углы 2 и 3, а затем углы 1 и 4 при вершинах *A* и *D*. Затем определяют сторону *BC* двумя приемами.

$$S_1 = \frac{b_1 \sin 1}{\sin(1+2)}; \quad S_2 = \frac{b_2 \sin 4}{\sin(3+4)} \quad (IV.7)$$

и берут среднее значение

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Чтобы передать дирекционный угол на сторону *BC* надо знать угол  $\Theta$ , который вычисляют из треугольника *BCQ*, определив предварительно в этом треугольнике угол  $\omega$  при вершине *Q*. Зная длину *S* стороны *BC* и дирекционный угол, определяют приращение координат этой стороны:

$$\Delta x_S = S \cos(CB); \quad \Delta y_S = S \sin(CB), \quad (IV.8)$$

а по ним — и координаты точки *B*;

$$x_B = x_C + \Delta x_S; \quad y_B = y_C + \Delta y_S. \quad (IV.9)$$

Привязка во втором случае выполняется по схеме рис. IV.8.

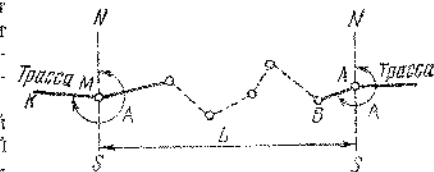


Рис. IV.6. Схема проверки правильности измеренных углов трассы при отсутствии триангуляционных пунктов

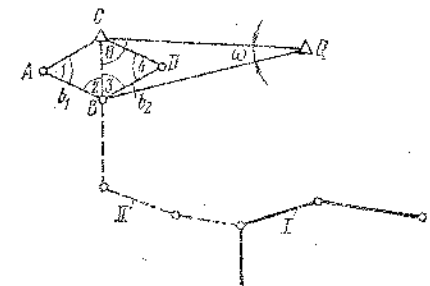


Рис. IV.7. Схема привязки трассы к триангуляционным пунктам в случае проложения теодолитного хода к пункту триангуляции:

*I* — трасса; *II* — привязочный теодолитный ход

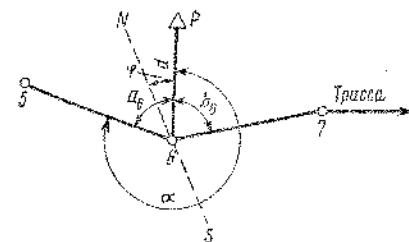


Рис. IV.8. Схема привязки трассы к триангуляционным пунктам в случае, если из одного или нескольких пунктов трассы виден один пункт триангуляционный;

$\alpha$  — дирекционный угол

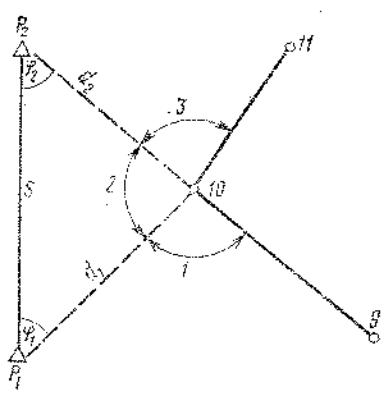


Рис. IV.9. Привязка трассы к триангуляционным пунктам по схеме 1

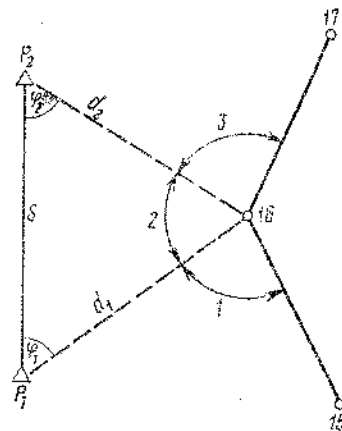


Рис. IV.10. Привязка трассы к триангуляционным пунктам по схеме 2

Дважды измеряют лентой расстояние  $d$  или определяют его как неприступное расстояние с контролем. Направление линии  $6-P$  или  $P-6$  может быть выражено истинным азимутом или же дирекционным углом (в обоих случаях с учетом сближения меридианов). Дирекционный угол линии  $6-7$  получают по дирекционному углу линии  $6-P$ . Координаты точки  $6$  определяют:

$$x_6 = x_P + d \cos \varphi, \quad y_6 = y_P + d \sin \varphi. \quad (IV.10)$$

Привязку в третьем случае выполняют по двум схемам.

Схема 1 (рис. IV.9) — привязка трассы способом прямой засечки. Этот способ возможен при том условии, когда поворотная точка  $10$  видна с двух пунктов государственной триангуляции. В этом случае на местности измеряют три угла  $1, 2, 3$  при определяемой точке трассы и два угла  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  на пунктах  $P_1$  и  $P_2$ . Решив обратную геодезическую задачу по данным координатам пунктов  $P_1$  и  $P_2$ , находят длину стороны  $S$  треугольника  $P_1 P_2 10$  и ее дирекционный угол. По длине  $S$  и прилежащим двум углам определяют длины сторон треугольников по формуле синусов. Дирекционные углы этих сторон вычисляют по дирекционному углу стороны  $P_1 P_2$  и углам  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , а через них дважды получается дирекционный угол линии  $10-11$  трассы. Координаты привязываемой точки  $10$  получают дважды от пунктов  $P_1$  и  $P_2$  через стороны  $d_1$  и  $d_2$ :

$$\left. \begin{aligned} y_{10} &= x_{P_1} + d \cos \varphi = x_{P_2} + d \cos \varphi; \\ x_{10} &= y_{P_1} + d \sin \varphi = x_{P_2} + d \sin \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (IV.11)$$

Координаты точки  $10$  равны среднему арифметическому из двух полученных значений.

Схема 2 (рис. IV.10) — привязка трассы способом сноса координат. Этот способ применяется в случае, когда с определяемой точки трассы видны два пункта государственной триангуляции, а видимости с пункта на точку нет. При этом достаточно измерить три угла  $1, 2, 3$  при определяемой точке трассы и одну сторону  $P_1-16$  или  $P_2-16$ . Пусть измерена сторона  $d_1$ . Решим, как и в способе прямой засечки, обратную геодезическую задачу и по данным координатам пунктов  $P_1$  и  $P_2$  найдем длину стороны  $S$  и ее дирекционный угол. Из треугольника  $P_1 P_2 16$  по формуле синусов определяют углы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и длину стороны  $d_2$ . Дирекционный угол и координаты на трассу можно передать по вышеприведенным формулам с контролем.

При инженерно-геологических изысканиях необходимо: совместно с экономическими, геодезическими и гидрогеологическими изысканиями обосновать правильный выбор трассы проектируемой дороги; собрать исходные данные для проектирования автомобильной дороги и выявить условия ее строительства и эксплуатации в той части, в которой они определяются природными факторами района строительства (климат, геологическое строение, гидрогеологические условия, почвы и грунты, современные физико-геологические процессы).

В состав работ, выполняемых при инженерно-геологических изысканиях, входят: сбор и обобщение данных о природных условиях района изысканий и материалов изысканий прошлых лет; инженерно-геологическая съемка с применением аэрометодов; горно-буровые работы; отбор проб грунтов и воды и определение их свойств полевыми и лабораторными методами; полевые опытные работы по определению физико-механических свойств грунтов (определение сопротивления грунтов сдвигу, пенетрация, испытания штампов и т.д.); геофизические исследования; стационарные наблюдения; камеральная обработка и составление отчетных материалов. Объем и характер инженерно-геологических изысканий зависят от сложности и степени изученности природных условий района изысканий, а также от стадии проектно-изыскательских работ (технико-экономическое обоснование, технический (техно-рабочий) проект, рабочие чертежи).

Инженерно-геологические изыскания на стадии ТЭО имеют целью собрать основные данные, характеризующие природные условия района изысканий в объеме, достаточном для оценки намечаемых вариантов трассы и выбора основного ее направления. Природные условия изучают главным образом путем ознакомления с имеющимися литературными и фондовыми материалами изысканий прошлых лет, материалами аэрофотосъемки, с осмотром в натуре отдельных сложных мест.

Инженерно-геологические изыскания для составления технического проекта выполняют в основном в поле. Они заключаются в детальном изучении природной обстановки района проложения трассы по выбранному направлению и конкурирующим вариантам в объеме, достаточном для проектирования земляного полотна, дорожной одежды и дорожных сооружений.

В состав работ при подробных изысканиях входят: сбор сведений по природным условиям района в геологических фондах, ведомствах и организациях; инженерно-геологическая съемка с подробным попятным описанием притрассовой полосы на ширину полосы съемки; буровые и шурфовочные работы по трассе (с применением геофизических методов) с целью изучения грунтов как основания и материала для возведения земляного полотна, а также в местах строительства мостов, труб и других сооружений; поиски и разведка месторождений дорожно-строительных материалов, в том числе грунтов и дренирующих материалов для возведения земляного полотна; подробные обследования отдельных мест, требующих индивидуального проектирования (оползни, осыпи, карсты, сели, болота, места устройства высоких насыпей и глубоких выемок и др.); полевые испытания грунтов; лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов, качественной характеристики строительных материалов, химического состава и агрессивности воды.

Инженерно-геологические изыскания для составления рабочих чертежей выполняют: на участках трассы, где по тем или иным причинам намечаются ее изменения; в местах индивидуального проектирования (см. § IV.5), а также в районах с особыми природными условиями (места с наличием просадочных грунтов, карста, подвижных песков и др.) с целью уточнения данных, полученных при подробных изысканиях; в местах устройства дренажных сооружений (в случае изменения их схемы, смещения сооружений в плане), в сложных случаях при уточнении отметок заложения



и условий устройства фундаментов опор мостов, труб, гражданских зданий, а также по трассам отдельных инженерных сооружений (подпорные и одевающие стены, регуляционные сооружения, разного рода дренажные устройства, коммуникации и т. п.); в котлованах (опытные испытания грунтов); при поисках и разведке месторождений строительных материалов и сосредоточенных резервов грунта в случаях невозможности использования ранее разведанных месторождений или изменения в потребных объемах добычи материалов.

Основным методом изучения инженерно-геологических условий района проложения трассы и отдельных сложных мест при изысканиях автомобильных дорог является инженерно-геологическая съемка. В задачи инженерно-геологической съемки входят: изучение геологического строения, гидрогеологических условий, определение литологических особенностей и границ распространения различных типов грунтов поверхностных отложений и коренных пород; изучение грунтов с точки зрения использования их в качестве основания земляного полотна и фундаментов проектируемых сооружений как материала для возведения земляного полотна и устройства дорожной одежды; изучение современных физико-геологических процессов и их влияния на выбор оптимального варианта трассы; выявление перспективных районов для поисков месторождений строительных материалов и резервов грунта для отсыпки насыпи.

Инженерно-геологические карты при изысканиях автомобильных дорог составляют: при составлении ТЭО (схематические мелкомасштабные карты); при изысканиях в горной местности; при обследовании мест индивидуального проектирования; для средних и больших мостовых переходов и в местах устройства путепроводов; для сложных по геологическим условиям площадок гражданских зданий. На инженерно-геологических картах должны найти отражение: состав, мощность и контуры поверхностных отложений, глубина залегания коренных пород; глубина залегания грунтовых вод; современные физико-геологические процессы и устойчивость горных пород; границы однотипных для проектирования автомобильной дороги или ее сооружений инженерно-геологических районов (участков).

При инженерно-геологических изысканиях широко используют естественные обнажения и искусственно вскрытые резервы (строительные котлованы, выемки и т. п.). При плохой обнаженности местности выполняют буровые и шурфовочные работы. Для проходки буровых скважин применяют станки механического бурения. При бурении должен быть обеспечен непрерывный отбор и осмотр керна в интервале 0,5—0,6 м.

Шурфы устраивают в тех случаях, когда мощность обследуемой толщи незначительна или когда доставка буровых станков затруднена и бурение скважин экономически невыгодно. Сечение шурфов рекомендуется: при глубине до 2,5 м — 1,25 м<sup>2</sup>; до 5 м — 2,0 м<sup>2</sup>; более 5 м — 2,5 м<sup>2</sup>.

Крепление шурфов в рыхлых неустойчивых породах предусматривается в сыпучих породах с глубины 1 м, в суглинках и глинах с 1,5 м, в особо плотных грунтах с 2 м.

Опробование выработок имеет цель — определение надежных расчетных показателей пород, обеспечивающих рациональное проектирование и строительство сооружений, а также их прочность и долговечность. Инженерно-геологическое опробование включает: определение методики опробования и места отбора образцов, а также их количества; отбор образцов из выработок или обнажений; консервирование и упаковка образцов; отбор и подготовка проб для испытания; анализ проб в лаборатории или полевые испытания; обработку полученных данных и выбор расчетных показателей грунтов.

Количество проб для определения классификационных показателей устанавливается в пределах 10—25% от числа геологических образцов. Образцы пород для геологической документации отбирают послонно, но не реже чем через 1 м в каждом типе пород. Объем образцов определяется по ГОСТ 12071—72. Для отбора образцов с ненарушенной структурой из буровых скважин применяются грунтоносы обуривающие, задавливающие, забивные, вибрационные. Внутренний диаметр грунтоносов должен быть не менее 100 мм.

Лабораторные испытания грунтов при инженерно-геологических изысканиях приведены в § IV.5 (табл. IV.7).

Геофизические методы разведки применяются во всех случаях, когда по характеру физических свойств пород, составляющих исследуемую площадь, они могут быть эффективны. Эти методы основаны на изучении естественно или искусственно созданных в земле физических полей (электрических, магнитных, сейсмических, гравитационных). Применяемые в сочетании с обычными горно-проходческими и буровыми работами геофизические методы дают возможность сократить объем этих работ, повысить полноту и качество исследований.

Инженерная геофизика включает в себя следующие методы разведки: электроразведку, основанную на изучении закономерностей, связанных с прохождением электрического тока в земле, и выполняемую методами вертикального электроразведывания, электропрофилеирования, вызванных потенциалов; магниторазведку, изучающую магнитные свойства горных пород и применяемую как вспомогательный метод в основном при картировании скальных пород и выявлении зон тектонических нарушений; сейсморазведку, изучающую упругие свойства горных пород и основанную на измерениях скорости распространения упругих волн, возбуждаемых в породах взрывом или ударами; применяется в модификации микросейморазведки для малых глубин исследования, при этом используются одно-двухкальные и многокальные установки; гравиторазведку, занимающуюся изучением распределения силы тяжести на поверхности земли; радиометрию, основанную на изучении степени радиоактивности горных пород и вод и применяемую для определения плотности, объемной массы и влажности породы в условиях естественного залегания, литологического расчленения песчаноглинистых отложений.

С помощью методов инженерной геофизики: определяют мощность рыхлых четвертичных отложений и глубину залегания коренных пород, литологическое расчленение поверхностных наносов и подстилающих их коренных пород; выполняют картирование контактных пород, линий и зон тектонических нарушений; изучают трещиноватость и мощность выветрелой зоны; мощность осыпей; скрытые карстовые формы; уровень грунтовых вод и направления их движения.

Грунты как основание земляного полотна в сооружениях и как материал для возведения насыпей изучают лабораторными и полевыми методами. К полевым методам изучения относятся: лопатные испытания, микропенетрация динамическая и статическая пенетрация, прессометрия.

Лопатные испытания выполняют для глинистых грунтов мягкопластичной, текучей и текучепластичной консистенции, а также для илов и торфов. Они являются основным методом определения сопротивления этих грунтов сдвигу, поскольку отбор монолитов из них затруднен.

Микропенетрация дает возможность качественно охарактеризовать прочность грунта и количественно оценить его консистенцию.

Динамическая пенетрация заключается в механической или ручной забивке зонда с коническим наконечником и служит для расчета сопротивления грунта внедрению зонда.

Статическая пенетрация состоит в погружении зонда в грунт путем задавливания под действием статической нагрузки и определения величины этого усилия. Этот метод дает возможность получить не только качественную оценку толщи грунтов, но и ряд количественных характеристик (угол внутреннего трения и трения по боковой поверхности). По величине лобового сопротивления грунта внедрению наконечника определяют плотность несков, консистенцию глинистых грунтов, модуль деформации.

Прессометрия применяется для определения деформационных свойств грунта.

#### § IV.5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МЕСТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

К местам индивидуального проектирования земляного полотна относятся: насыпи выше 12 м; насыпи на слабом основании; выемки глубиной более 12 м и мокрые выемки любой глубины; места, подверженные оползням, осыпям, скальным обвалам, свежим лавинам, селевым выносам; овраги; районы развития карста; районы распространения лёссов и лёссовидных просадочных грунтов,

засоленных грунтов, подвижных песков, вечной мерзлоты; места устройства малых искусственных сооружений, мостовых переходов; площадки для зданий службы эксплуатации и автотранспортной службы автомобильной дороги.

**Высокие насыпи.** Целью инженерно-геологических изысканий является разработка мероприятий по обеспечению устойчивости высоких насыпей в данных природных условиях. Изыскания включают инженерно-геологическую съемку, проходку выработок, поиски и разведку резервов грунта, необходимого для отсыпки насыпи.

Из характерных выработок отбираются пробы грунта для лабораторного определения: для глинистых грунтов — объемной массы, плотности, естественной влажности, предела пластичности, сопротивления сдвигу и компрессионных свойств просадочности для лёссовидных грунтов; для сыпучих грунтов — объемной массы, гранулометрического состава, коэффициента фильтрации. Количество монолитов — не меньше шести из каждого однородного слоя.

В результате обследования представляется паспорт места устройства насыпи.

**Насыпи на слабом основании.** К слабым грунтам относятся: органические слабые грунты (торфы, некоторые виды сапропелей и т.п.), содержащие более 60% по массе органических веществ; органично-минеральные слабые грунты (заторфованные глины, заторфованные илы и т.п.) с содержанием от 10 до 60% органических веществ; минеральные слабые грунты (илы, кольдиевые глины и глинистые грунты мягкопластичной и текучей консистенции, несущая способность которых менее  $1 \text{ кгс/см}^2$ ).

Целью инженерно-геологических изысканий в районах распространения слабых грунтов является: определение границ распространения слабых грунтов; определение мощности и условий залегания; изучение сложения, состава и свойств слабых грунтов, подстилающих и перекрывающих их образований; поиски и разведка резервов грунта для возведения насыпей.

При инженерно-геологических изысканиях производят: инженерно-геологическую съемку для определения типа болота, источников питания, характера растительности, генезиса и состава слабых грунтов, при этом применяют агро- и геоботанические методы, а также геофизические методы; проходку зондировочных и опорных выработок по оси трассы и на поперечниках; полевые и лабораторные испытания слабых грунтов. При обследовании грунтов слабой толщи выполняют полевые испытания на сдвиг в условиях естественного залегания с помощью приборов типа крыльчатки. Сопротивляемость сдвигу измеряют на характерных поперечниках не менее чем по трем скважинам, на поперечнике — по одной скважине. Глубину измеряют через 0,5 м; для каждого расчетного слоя на опорном поперечнике делают не менее шести определений сопротивления сдвигу.

Для получения дополнительных данных и более полного изучения физико-механических свойств слабых грунтов используют методы статической и динамической пенетрации.

Для исследования слабых глинистых грунтов отбирают монолиты. Опробованием охватывают каждый горизонт изучаемой толщи в 6—10 точках по площадке для участков протяжением до 1 км. Размер монолитов 20 см (длина) из скважин и  $20 \times 20 \times 20$  см из шурфов. По монолитам определяют: угол внутреннего трения и сцепления методом быстрого сдвига — для 70—90% монолитов; методом выдержанного сдвига — для 10—30% монолитов; пористость, сжимаемость, модуль осадки и деформации.

Компрессионные испытания выполняют для расчета полной осадки насыпи по 50—70% монолитов из верхней активной зоны грунтов. Коэффициент консолидации для расчета хода осадки сооружения во времени определяют методом компрессии на 30—50% монолитов. Коэффициент фильтрации определяют на 30—50% монолитов. Кроме этого, определяют ботанический состав торфа, зольность торфа, содержание органических примесей в глинистых грунтах, плотность.

**Глубокие и мокрые выемки.** В местах устройства выемок, сооружаемых по индивидуальным проектам, выполняют инженерно-геологическую съемку и разведку путем проходки выработок. Во время проходки скважин производят гидрогеологические наблюдения и отбор образцов и монолитов из каждой раз-

новидности грунтов. При гидрогеологических наблюдениях измеряют уровень воды во всех выработках, вскрывших водоносный горизонт. В местах наиболее сильного притока воды делают опытную откачку для определения водоотдачи и коэффициента фильтрации водовмещающей породы.

При обследовании скальных выемок определяют направление и угол падения слоев и трещин горных пород, а также изучают их петрографический состав и степень их выветривания, при этом широко применяют геофизические методы (электроразведку, микросейсмологию, магнитометрию).

**Оползневые участки.** Оползнями называют скользящее смещение горных пород, слагающих склон, под действием их веса. Причиной возникновения таких смещений могут быть — потеря устойчивости пород подошвы массива, слагающего склон; потеря породой упора у основания склона; ослабление связи пород на склоне.

При описании оползня руководствуются следующей терминологией, характеризующей отдельные элементы оползня: тело оползня — вся смещающаяся масса пород; поверхность скольжения — поверхность, на которой лежит тело оползня; борта оползня — полосы, окаймляющие оползень справа и слева; оползневые ступени — площадки на оползневом склоне; трещины разрыва — трещины, наблюдаемые в верхней части оползня; вал выпирания — вал, образовавшийся в подножье оползневого склона.

Различают два типа оползней: I тип — контактный оползень покровных накоплений; структурный оползень коренных пород; II тип — консистентный оползень покровных накоплений; скальвающий оползень коренных пород.

По обнажениям и выработкам изучают характер пород, слагающих оползневой склон, как нарушенных, так и ненарушенных. Для ненарушенных пород определяют порядок напластования, литологический состав, распространенность элементов залегания, направление и углы падения пластов, наличие тектонических нарушений и их характер. Устанавливают состав, мощность и условия залегания покровных грунтов и оползневых накоплений. Особое внимание уделяют изучению подземных вод, определяют дебит источников, наличие водоносных горизонтов в коренных породах, их характер, глубину залегания, мощность, область питания, условия фильтрации в теле оползня, дебит подземных вод, связь их с поверхностными водами, распределение влажности в теле оползня, характер влияния на развитие оползней подмыва, волноприбой, поверхностных вод, суффозии.

При исследовании оползней применяют и геофизические методы — электроразведку постоянным током (вертикальное зондирование, электропрофилеирование, круговое вертикальное зондирование и круговое электропрофилеирование, метод вызванных потенциалов, метод заряда), электроразведку переменным током, сейсморазведку переломленными волнами аппаратурой для малых глубин (АСН-1, ОСУ-2 и др.).

**Осыпи.** Осыпи возникают на горных склонах, сложенных обнаженными породами, при выветривании которых образуются обломочный материал, характеризующийся рыхлым сложением и находящийся в подвижном неустойчивом состоянии, обычно он скапливается в нижней части склона.

По П. И. Пушкину, устойчивость осыпи определяется коэффициентом подвижности осыпи:

$$K = \frac{\alpha}{\varphi},$$

где  $\alpha$  — угол наклона поверхности осыпи к горизонту;  $\varphi$  — угол естественного откоса материала, слагающего осыпь.

Чем меньше  $K$ , тем устойчивее осыпь. По степени устойчивости осыпи разделяются на следующие типы: I тип — подвижные, неустойчивые ( $K > 1,0$ ); II тип — слабо подвижные ( $K = 0,5—1,0$ ); III тип — неподвижные ( $K < 0,5$ ).

По преобладающему составу обломков осыпи бывают: крупнообломочные (размеры обломков более 100 мм, средний угол естественного откоса  $37^\circ$ ); среднеобломочные (размеры обломков 20—100 мм, средний угол естественного откоса  $35^\circ$ ); мелкообломочные (размер обломков 20—2 мм, средний угол естественного откоса  $32^\circ$ ); разнообломочные (средний угол естественного откоса  $30^\circ$ ).

Обследование осмысленно заключается в инженерно-геологической съемке с применением горно-буровых и геофизических работ, на производство которых составляется особую программу.

При документировании выработок отмечают петрографический состав обломков, степень их выветрелости, размер и форму составляющих отдельностей, определяют granulометрический состав методом грохочения или масштабной зарисовки 1 м<sup>2</sup> горной выработки; дают характеристику заполнения и степени цементации материала осмы.

**Скальные обвалы.** Инженерно-геологические работы в районах, где распространены скальные обвалы, должны быть выполнены в объеме, достаточном для обоснования оптимального проложения трассы и проектирования защитных и укрепительных мероприятий и сооружений.

Инженерно-геологической съемкой устанавливают характер обвальных линий (скальные, земляные смещения), их сосредоточенность по участкам, направленность, а также примерный объем отдельных глыб и камней, которые должны быть убраны до начала строительных работ. Особое внимание обращают на потенциальные условия возможного отчленения и обрушения глыб, блоков или начек горных пород.

По трассам намечаемых сооружений производят электроразведку в соответствии с расположением точек через 25—30 м, закладывают по одному-два шурфа до скальных пород или до прочных устойчивых грунтов.

**Снежные обвалы.** Для оценки лавинной опасности при изысканиях дороги используют данные наблюдений снеголавинной станции; при ее отсутствии в обследуемом районе наблюдения поручаются соответствующим специализированным организациям по договору.

Собирают и изучают материалы по климату, геологическому строению, гидрологии, геоморфологии, растительности и др. По аэрофотоснимкам масштаба 1:50 000 дешифрируют и оконтуривают места снеговосборов, пути стока лавин, конусы их выноса, размещение различных типов растительности.

Затем производят инженерно-геологическую съемку, при которой картируют и описывают: крутизну склонов, их экспозицию, характер поверхности склонов, характер водораздела, форму долин, лавинные конусы, бугры, ямы выбивания, формы растительности, время и характер снеготаяния, родниковое заболачивание на склонах.

Разведочные выработки проходят при проведении инженерно-геологической съемки и для характеристики грунтов оснований противолавинных сооружений (галерей, подпорных стен).

**Селевые выносы.** Инженерно-геологические изыскания в селеопасных районах проводят с целью: определения степени селеопасности для проектируемой автомобильной дороги; определения путей движения, времени появления, объема, динамики и структуры селевых потоков, возможных в районе трассы; выявления наиболее благоприятных мест пересечения селеопасных участков; составления рекомендаций по проектированию защитных противоселевых мероприятий.

Для решения поставленных задач устанавливают: очаги зарождения селей, закономерности накопления в них обломочного материала и его транспортировки к руслам водотоков; роль в формировании селей геологического строения, геоморфологических особенностей и гидрогеологических условий бассейна и физико-геологических процессов; роль почвенно-растительного покрова в защите склонов от денудации и в регулировании поверхности стока; наиболее вероятные типы селевых потоков по составу, характеру движения и причине зарождения; пути движения потоков; наличие противоселевых сооружений; их состояние и эффективность работы; в очагах зарождения селей — состав, структурно-текстурные особенности и водно-физические и физико-механические свойства коренных пород и рыхлых накоплений, объемы рыхлого материала, которые могут быть вовлечены в селевый поток.

При обследовании района селевых выносов применяют аэрофотосъемку, на основе которой производят инженерно-геологическую съемку, а затем геофизические, буровые и горно-проходческие работы, полевое и лабораторное опробование материалов.

**Карсты.** При обследовании закарстованного участка трассы автомобильной дороги устанавливают распространение, условия возникновения, закономерности проявления и развития карста, изучают геологическое строение, гидрогеологические условия, определяют количество, расположение, характер и размеры карстовых пустот, направление тектонических трещин.

Инженерно-геологической съемкой должны быть охвачены полосы вдоль трассы с видимыми признаками развития карста на ширину до 1 км и изучены: состав и условия залегания карстующих пород; состав покрывающих пород; рельеф местности; источники подземных вод (отбирают пробы воды для определения элементов, влияющих на растворимость карстующихся пород).

При изучении закарстованных участков широко применяют геофизические методы исследования (электроразведку и сейсморазведку), которые являются основным видом исследования закарстованной территории.

**Лёссов и лёссовидные грунты.** Лёссом называют карбонатные пылеватые грунты с содержанием фракций 0,50—0,005 мм более 50% и обладающие повышенной пористостью — более 40%, наличием макропор размером более 0,5 мм, а также вертикальных каналцев, видимых невооруженным глазом. Содержание карбонатов достигает в них 10—15% (иногда и более). При производстве изысканий в районах распространения просадочных грунтов, указанных на схематической карте СНиП II-A.6-62 (Строительная климатология и геофизика), а также при наличии внешних признаков просадочности грунты проверяют на просадочность. Методы оценки просадочности грунтов разделяют на косвенные и прямые.

В состав инженерно-геологических обследований лёссовидных грунтов входят: определение условий увлажнения грунта и прогнозирования этих условий; изучение возможности возникновения просадочных явлений под влиянием естественного и искусственного замачивания и количественная оценка просадочности; выявление участков возможного развития процессов размыва, суффозии и глинистого карста; установление наличия орошения, его давности и интенсивности; установление крутизны откосов выемок неразмывающих уклонов и высоты капиллярного поднятия; обследование откосов выемок и насыпей существующих дорог, полевые опытные работы (испытание грунтов статической нагрузкой штампом с искусственным замачиванием).

При изучении лёссовидных грунтов применяют геофизические методы (как правило, электроразведку и сейсморазведку) для определения мощности толщ, уровня залегания грунтовых вод, влажности и плотности, а также для обнаружения скрытых и погребных суффозонных провалов.

**Засоленные грунты.** Засоленными называются грунты, содержащие в пределах верхней метровой толщи в среднем более 0,3% легкорастворимых солей (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaSO<sub>4</sub>, NaCO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>). В засоленных грунтах могут встречаться труднорастворимые сернокислый кальций или гипс CaSO<sub>4</sub> и углекислый кальций CaCO<sub>3</sub>.

При проведении грунтово-геологического обследования трассы в районах распространения засоленных грунтов устанавливают критические (максимальные) значения их естественной влажности (в период наибольшего увлажнения) и степени засоления (в период наибольшего солезакопления в верхних горизонтах). Степень засоления грунтов характеризуется средним суммарным содержанием легкорастворимых солей в слое грунта, подлежащем перемещению в насыпь, и выражается в процентах от массы сухого грунта.

Степень и качественный характер засоления грунтов определяют по результатам химического анализа вытяжек из средних проб. Средние пробы должны характеризовать тот слой грунта, который используется при устройстве данного дорожного сооружения.

Засоленные грунты классифицируют по качественному характеру засоления (виду солей) и по степени засоления (табл. IV.10).

Образцы грунтов для определения степени и качественного характера засоления отбирают в шурфах, закладываемых по трассе в количестве, необходимом для детальной характеристики засоления. Уточнение границ распространения и смены типов засоленных грунтов выполняют путем дополнительной закладки мелких шурфов и учета смены растительного покрова. Для отбора средней пробы в шурфе применяют квартование смеси послонных проб, взятых

Таблица IV.10

## Степень засоления грунтов

Грунты по степени засоления	Среднее суммарное содержание солей в используемом слое грунта, % по массе	
	Хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление	Сульфатное, хлоридно-сульфатное и солевое засоление
Слабозасоленные	0—3—1	0—3—0,5
Среднезасоленные	1—5	0,5—2
Сильнозасоленные	5—8	2—5
Избыточно засоленные	>8	>5

через 20—25 см по глубине шурфа в пределах исследуемого слоя грунта, начиная с поверхности.

Районы распространения вечной мерзлоты. Изыскания для ТЭО строительства заключаются в мерзлотном обследовании территории. Различают предварительное (предполевое) и полевое мерзлотное обследование.

Мерзлотное обследование начинается с предварительного ландшафтного районирования территории. Районирование и дешифрирование выполняются на плановых аэрофотоматериалах масштаба не мельче 1:60 000. В итоге составляется предварительная карта некоторых составляющих мерзлотных условий масштаба 1:100 000. На карте выделяют: участки с различными ландшафтами: геоморфологические элементы; участки с различным составом, возрастом и генетической характеристикой грунтов; участки распространения подземных вод и водопровывающих; глубину кровли первого от поверхности водоносного горизонта; зоны тектонических нарушений; участки распространения мерзлотных физико-геологических процессов и явлений; участки распространения вечно-мерзлотных грунтов (если эти сведения имеются).

Полевые работы для составления технического проекта ведутся путем непосредственного обследования территории воздушным или наземным способом. В обоих случаях на местности устанавливают границы тех или иных ландшафтов, выделенных в предварительном обследовании при составлении карты мерзлотных условий, описывают внешние компоненты ландшафта (геоморфологию, рельеф, растительность, мерзлотные физико-геологические явления, гидрографическую сеть) и определяют некоторые другие условия (состав грунтов, вечномерзлые они или талые, глубину сезонного оттаивания, мощность вечномерзлых грунтов).

В итоге полевых работ по каждому выделенному ландшафту получают следующий комплекс мерзлотных условий: геоморфологию, растительность, рельеф, мерзлотные физико-геологические процессы, состав грунтов, температурное состояние грунтов, мощность вечномерзлых грунтов, глубину сезонного оттаивания (промерзания) на момент исследований, наличие грунтовых вод, гидрографию.

Маршрутное обследование проводят по поперечникам, расположенным через 50—100 м. По этим же поперечникам производят электропрофилирование. На пересечении поперечников с трассой автомобильной дороги закладывают скважину, глубина которой определяется глубиной распространения годовых колебаний температуры в районе. Иногда проходят дополнительно еще одну скважину. Возле скважин, а также на поперечниках маршрутного обследования через 300—500 м друг от друга осуществляют ВЭЗ. В скважинах выполняют термокартажные работы.

Основными отчетными документами изысканий на выбранных трассах являются карта инженерно-геологического районирования и прогноз изменения температурного режима вечномерзлых грунтов оснований при различных

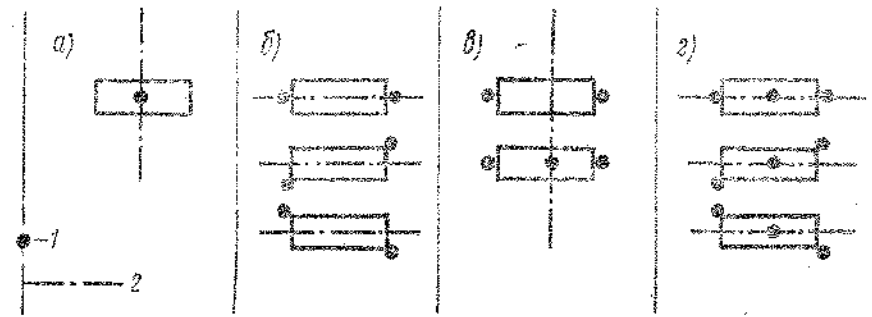


Рис. IV.11. Расположение геологических выработок:

а, б — простые грунтовые условия; в, д — сложные геологические условия; 1, 2 — мосты; 1 — выработки; 2 — ось трассы

способа прокладки линейных сооружений, сопровождаемые рекомендациями относительно положения оси сооружения и способа его прокладки в каждом инженерно-геологическом районе.

Места устройства малых искусственных сооружений. Основными задачами инженерно-геологического обследования являются: выявление условий устройства сооружения, выбор типа и характера фундамента сооружения и расчеты устойчивости его основания; изучение гидрогеологических условий (водоносности грунтов, появившегося и установившегося уровня воды, горизонта напорных вод); определение агрессивности грунтовых и речных вод по отношению к бетону.

Примерная схема расположения выработок при инженерно-геологическом обследовании мест устройства малых искусственных сооружений показана на рис. IV.11.

Мостовые переходы. Задача инженерно-геологических изысканий мостовых переходов состоит в получении данных, необходимых для проектирования моста и подходов к нему и сопоставления вариантов мостового перехода. Варианты мостового перехода для подробных обследований выбирают на основании инженерно-геологической съемки, которая предшествует разведочным работам.

Основная задача инженерно-геологической разведки состоит в создании разреза, освещающего геологическое строение всей долины, и в инженерно-геологическом опробовании пройденных выработок, включающем полевые методы определения физико-технических показателей грунтов (опытные нагрузки, полевые определения сопротивления сдвигу, опытные откачки, пенетрация, зондирование и др.).

В зависимости от мощности аллювиальных или делювиальных отложений, составляющих речную долину, назначают глубину разведочных скважин (табл. IV.11). Разведочные выработки на мостовом переходе назначают в количестве от 1 до 6 в зависимости от морфологического строения долины, ширины русла, пойм и надпойменных террас.

Инженерно-геологические обследования выполняют для проектирования каждой опоры и устоя моста. Количество разведочных выработок для каждой опоры или устоя назначают от 1 до 4.

Геофизические методы применяют при обследовании долины, размытых в скальных и полускальных породах или плотных глинах, для определения характера рельефа коренного ложа долины и положения контактов литологически разнородных пород, а также установления мощности и характера аллювиальных отложений. Электроразведочные работы сопровождают бурением параметрических и контрольных скважин в количестве 10—20% от точек ВЭЗ.

При инженерно-геологическом опробовании разведочных выработок для каждого выделяемого на разрезе комплекса грунтов берут необходимое количество проб. Пробы отбирают из всех выработок послойно. При значительной мощности однородных песчаных грунтов пробы отбирают через 3—5 м, связ-

Глубина буровых скважин

Аллювиальные и делювиальные отложения	Глубина скважин, м
Грунты щебенистые, галечниковые, практически несжимаемые	10
Пески средней плотности и плотные	15—20
Грунты связные	20—30
Грунты со слабой несущей способностью	30—40

Расстояния между выработками

Типы месторождения	Среднее расстояние, м	
	между линиями	между выработками
<b>Рыхлообломочные породы</b>		
Занимающие значительные площади и характеризующиеся относительно выдержанным строением толщ и составом пород отложения (морские, озерные, зандровые, эоловые, пролювиальные, делювий водоразделов и пологих склонов и др.)	200	200
Вытянутые в одном направлении аллювиальные отложения речных террас, делювий шлейфов склонов и другие, содержащие сравнительно выдержанные по составу породы	150—200	75—100
Породы, характеризующиеся невыдержанностью строения толщ, различные отложения (поймы, русла береговых валов, моренные холмы, озёры и камы, конусы выноса селей и оврагов, сухие дельты, осыпи и др.)	100	50
<b>Скальные и крупнообломочные породы</b>		
Массивные изверженные и метаморфические породы, однородные по составу и трациноватости	—	1—3 выработки
Пласты осадочных пород, залегающих горизонтально или полого падающие	200	100
Толщи изверженных, метаморфических и осадочных пород неоднородного состава. Пласты осадочных пород, падающие круто. Линзообразные тела. Валунные поля, глыбовые россыли и курумы	100	50—100

ных грунтов — через 2—3 м. Гранулометрический состав галечниковых и валунных грунтов определяют на месте работ.

Гидрогеологические наблюдения состоят в фиксировании водоносных горизонтов, вскрываемых разведочными выработками, в определении их статических и пьезометрических уровней и в опробовании химического состава и степени агрессивности вод по отношению к бетону для каждого горизонта.

Площадки для зданий службы эксплуатации и автотранспортной службы автомобильной дороги. Обследования выполняют для получения данных об инженерно-геологических и гидрогеологических условиях территории в объеме, достаточном для решения вопросов об устройстве фундаментов зданий и выявления условий проложения коммуникаций к этим зданиям (энергоснабжения, водоснабжения, канализации и др.).

Инженерно-геологическое обследование площадок заключается в инженерно-геологической съемке территории, отведенной под площадку, с заложением разведочных выработок. Перед началом инженерно-геологических обследований геологу должны быть выданы: топографический план площадки с нанесением контуров проектируемых сооружений и линий подземных и наземных коммуникаций; задание главного инженера проекта на выполнение работ, в котором должны быть указаны глубина проектируемых подвальных помещений, подземных емкостей, смотровых ям и т.п., а также расположение и глубина заложения линий коммуникаций.

Среднюю глубину выработок на площадке принимают, как правило, 6—8 м, а в грунтах повышенной прочности 10—15 м. Опробуют до 50% пройденных выработок. Определяют плотность, пористость и пределы пластичности для связных грунтов, гранулометрический состав, коэффициент фильтрации и угол естественного откоса песков по каждому слою. Пробы для определения естественной влажности отбирают не реже чем через 1 м.

Трассы линейных коммуникаций (водопровода, связи, электролиний, канализации) обследуют так же, как и трассу проектируемой автомобильной дороги с более частым расположением выработок — через 250—300 м. Глубина выработок 3—5 м. Из выработок отбирают пробы воды, если таковая имеется. Воду опробуют для определения коррозионной активности среды по отношению к оболочке кабеля или трубам и агрессивных свойств по отношению к бетону опор электролиний.

#### § 14.6. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для обеспечения строительства автомобильных дорог строительными материалами (грунтами для сооружения земляного полотна и материалами для дорожной одежды) используют притрассовые и базисные месторождения.

Притрассовыми называются месторождения, предназначенные к разработке и использованию в период строительства или реконструкции автомобильной дороги. Эти месторождения разрабатывают при непосредственной получении строительных материалов от постоянно действующих (базисных) карьеров, находящихся в ведении различных министерств и ведомств. Поисками и разведкой базисных месторождений строительных материалов занимаются

специализированные организации. Притрассовый карьер обслуживает определенный участок строительства автомобильной дороги, длину которого устанавливают экономическим расчетом.

Месторождения грунтов для сооружения земляного полотна, песчаных и гравийных материалов в русловых и пойменных отложениях, а также месторождения материалов с объемом капитальных вложений на строительство карьеров менее 100 тыс. руб. не подлежат обязательному утверждению государственной или территориальной комиссией по запасам (ГКЗ, ГКЗ, см. «Инструкцию по применению классификации запасов к месторождениям песка и гравия». М., Госгеотехиздат, 1961).

Цель поисково-разведочных работ — найти месторождения, содержащие материалы, удовлетворяющие по запасам и качеству потребностям строительства проектируемой дороги, разработка и транспортировка которых требует наименьших затрат труда, средств и времени.

Поисково-разведочные работы выполняют для технико-экономического обоснования, технического проекта и рабочих чертежей (рабочего проектирования). В результате выполнения всего комплекса работ по поискам и разведке месторождений строительных материалов должны быть решены следующие задачи: выявлены и разведаны притрассовые месторождения необходимых материалов; проведено опробование месторождений и определены запасы материалов; установлены горнотехнические условия разработки месторождений и доставки

Таблица IV.13

## Характеристики песчаных грунтов

Характеристики	Документ, в котором указан метод определения характеристики
Естественная весовая влажность Объемный вес Предел пластичности Гранулометрический состав Петрографический состав Угол естественного откоса	ГОСТ 5179—64 ГОСТ 5182—64 ГОСТ 5183—64 и ГОСТ 5184—64 ГОСТ 12535—67 Для песков—визуально Методические указания по работе с полевой грунтовой лабораторией. М., ЦНИИС, 1959. ВСН 55-69
Максимальная стандартная плотность и оптимальная влажность Сопротивление сдвигу при проектных плотности и влажности грунта (при индивидуальном проектировании земляного полотна) Засоленность. Содержание легкорастворимых солей (для засоленных грунтов)	Методические указания по определению механических свойств грунтов на установках полустационарных лабораторий. М., ЦНИИС, 1963. Методические указания по химическим анализам грунтов и вод при изысканиях дорог. М., ЦНИИС, 1966. То же
Содержание гипса (для засоленных грунтов) Содержание органических веществ Коэффициент фильтрации	» Методика определения коэффициента фильтрации песков. Информационное письмо Сюздормин, 1960
Количество льда и незамерзшей воды	Указания по производству инженерно-геологических изысканий в районах распространения вечномерзлых грунтов (РСН 31-69). М., 1970 (утверждены Госстроем РСФСР 4 августа 1969 г.)

материалов к месту назначения; обоснован выбор месторождений, предназначенных для разработки.

На отвод земель под разработку месторождений необходимо получить принципиальное письменное согласие землепользователей: на землях колхозов и совхозов — руководителей указанных хозяйств с последующим утверждением их решений районными исполкомами; на землях Гослесфонда — руководителями лесничеств с последующим утверждением их решения республиканскими, краевыми (областными) управлениями лесного хозяйства; в руслах рек — начальников бассейновых инспекций и инспекций рыбнадзора; на территории населенных пунктов — представителей органов местной власти; в полосе отвода автомобильных дорог — руководителей дорожно-эксплуатационных управлений; на территории действующих карьеров — руководителей организаций, которым эти карьеры принадлежат.

Для получения принципиального согласия непосредственных землепользователей на отвод земли для карьера на разведанном месторождении представляет схему расположения месторождения, составленную на основе имеющейся карты или ситуационной съемки в масштабе 1:2000 — 1:10 000.

Поисково-разведочные работы для технико-экономического обоснования заключаются в выяснении геологических предпосылок распространения в районе изысканий месторождений строительных материалов и возможных их запасов, наличия карьеров и их характеристик. Эти

задачи решаются на основе изучения геологической, физико- и экономико-географической литературы, фондовых материалов территориальных геологических управлений, плановых, дорожных и изыскательских организаций. Выполняют также дешифрование аэроснимков района изысканий, которые получают в организациях Главного управления геологии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК).

На основе изучения материалов и результатов камерального дешифрования аэроснимков и фотосъем выявляют участки возможного залегания строительных материалов.

В случаях когда собранных данных оказалось недостаточно, для решения задач по выявлению месторождений строительных материалов организуют геолого-поисковые работы с применением аэрометодов. На перспективных участках, выделенных по результатам дешифрования аэроснимков, намечают геолого-поисковые маршруты, выполняют геофизические исследования, проводят единичные расчистки, шурфы, канавы и скважины, исследуют единичные пробы строительных материалов.

По результатам проведенных работ составляют заявку, в которой кратко характеризуют геологическое строение района изысканий, указывают зоны распространения геологических комплексов, перспективных по наличию искоемых материалов, и приводят сведения о качестве этих материалов. Дают общую оценку обеспеченности района изысканий строительными материалами.

На стадии изысканий для составления технического проекта автомобильной дороги выполняют поиски и разведку месторождений в полосе

Таблица IV.14

## Характеристика скальных грунтов

Характеристики	Испытания скальных грунтов					
	для взмывного потока	для укрепления телесных работ	для устройства оснований и покрытия		для приготовления смеси	
			без обработки щебня	с применением органических вяжущих	цементно-бетонная	асфальтобетонная и битумная
Предел прочности при сжатии	+	—	+	+	+	+
Петрографический состав	+	+	+	+	+	+
Объемный вес	+	+	+	+	+	+
Удельный вес	—	—	—	—	—	—
Водопоглощение	—	+	+	—	+	+
Морозостойкость	—	+	+	+	+	+
Дробимость в цилиндре	—	—	+	+	+	+
Износ в полощном барабане	—	—	+	+	+	+
Объемный насыпной вес	—	—	—	—	+	—
Содержание фракций 0,5 мм	—	—	+	+	+	—
Содержание игольчатых и лещадных фракций	—	—	+	+	+	+
Сцепление с битумом	—	—	—	+	—	+

Примечания. 1. Метод определения характеристик (кроме сцепления с битумом) принимается по ГОСТ 8269—64.

2. Сцепление с битумом определяется по «Инструкции по устройству покрытий и оснований из щебня (гравия), обработанного органическими вяжущими» — ВСН 123-65. (Утверждена Минстроем СССР 22 ноября 1965 г.)

3. Знаком «+» отмечены испытания, которые необходимо выполнять для определения характеристик грунтов

проложения трассы и ее вариантов с детальностью, позволяющей решить вопросы обеспечения строительства автомобильной дороги материалами для сооружения земляного полотна и устройства дорожной одежды.

Цель поисково-разведочных работ — найти в районе проложения трассы и ее вариантов месторождения строительных материалов, приблизительно оценить условия их распространения, залегания и транспортирования к трассе, запасы и качество, выделить наиболее перспективные для последующей детальной разведки и опробования. Поиски ведут по всем конкурирующим вариантам трассы в пределах заданного направления, используя при этом материалы ТЭО. Поиски и разведку дренирующих материалов и материалов для дорожной одежды выполняют с детальностью, отвечающей подсчету запасов по категории С<sub>1</sub>, а грунтов для сооружения земляного полотна — по категории С<sub>2</sub>.

Таблица IV.15

## Характеристики гравия

Характеристики	Документ, в котором указан метод определения характеристик	Испытания гравия и гравийного материала			
		для гравийных оснований и покрытия необработанных	для черных гравийных покрытий	для асфальтобетона	для цементобетона
Объемный вес	ГОСТ 8269—64	—	—	+	+
Удельный »	ГОСТ 8269—64	—	—	—	—
Объемный насыпной вес	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Гранулометрический состав	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Пределы пластичности фракции менее 0,63 мм	ГОСТ 5183—64, ГОСТ 5184—64	+	+	+	+
Петрографический состав, степень окатанности зерен, их форма и характер поверхности	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Содержание органических примесей	ГОСТ 8269—64	—	—	—	+
Содержание фракций <0,05 мм	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Морозостойкость или сохранность	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Износ в полочном барабане	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Дробимость в цилиндре	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Содержание слабых зерен	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Испытание прочности в бетоне	ГОСТ 10180—62	—	—	—	+
Прочность сцепления с битумом	ВСН 123—65	—	+	+	—
Коэффициент фильтрации песчаной фракции	Информационное письмо Союздорнии, 1960 г.	+	—	—	—
Определение формы зерен	ГОСТ 8269—64	+	+	+	+
Водопоглощение	ГОСТ 8269—64	+	—	—	—

Примечание. Знаком «+» отмечены испытания, которые необходимо выполнять для определения характеристик гравия.

Проба гравия должна содержать фракция в следующих количествах: меньше 5 мм—20 кг; 5—10 мм—25 кг; 10—20 мм—25 кг; 20—40 мм—50 кг; 40—70 мм—80 кг. Всего 200 кг. Из этого количества отбирают пробы для лабораторных испытаний.

## Характеристики песка

Характеристики	Испытания песка		
	для подстилающих слоев	для приготовления цементобетонной смеси	для приготовления асфальтобетонной и битумоцементной смеси
Минерало-петрографический состав; характер поверхности и окатанность зерен, их форма	+	+	+
Гранулометрический состав	+	+	+
Содержание глинистых и пылеватых частиц, определяемых отмучиванием	+	+	+
Модуль крупности песка	—	+	+
Удельный вес	+	+	+
Объемная насыпная масса	+	+	+
Объем пустот	—	+	—
Количество глинистых частиц	+	+	+
Содержание органических примесей	—	+	—
Содержание слюды	—	+	—
Коэффициент фильтрации	+	—	—

Примечания. 1. Метод определения характеристик (кроме коэффициента фильтрации) принимается по ГОСТ 8735—65.

2. Коэффициент фильтрации определяется в соответствии с указаниями Союздорнии (Информационное письмо, 1960 г.).

3. Знаком «+» отмечены испытания, которые необходимо выполнять для определения характеристик песка.

Разведочные работы по обследованию месторождений в полосе варьирования трассы производят по сетке 200×200; 100×200 или 100×100 м в зависимости от степени выдержанности геолого-литологического разреза залежи. Глубину разведки принимают на всю мощность полезной толщи или предполагаемого горизонта разработки месторождения, а иногда до уровня грунтовых вод.

Из всех слоев, вскрытых выработками, отбирают представительные пробы для лабораторных анализов. Ориентировочные расстояния между разведочными линиями и между выработками принимают по табл. IV.12.

На стадии составления рабочих чертежей дополнительные разведочные работы производятся в случае: требований экспертизы или согласующих технического проекта организаций; изменения положения трассы или проектной линии; возникновения за период между окончанием технического проекта и разработкой рабочих чертежей условий, затрудняющих или исключающих возможность использования тех или иных разведанных месторождений; целесообразности расширения существующих карьеров; необходимости уточнить качество материалов и дополнить данные, нужные для составления проекта разработки месторождения.

Опробование месторождений должно определить пригодность строительных материалов для сооружения земляного полотна и дорожной одежды. Отбору проб подлежат 50—75% выработок, пройденных в грунтах, предназначенных для земляного полотна, от 75 до 100% выработок — в дренирующих грунтах и песчано-гравийных материалах для дорожной одежды и не менее 50% — при разведке камня для строительства автомобильных дорог.

В глинистых и песчаных грунтах отбирают пробы нарушенного или ненарушенного сложения из каждого слоя: при мощности до 3 м во одной пробе или большей — через каждые 2 м. Масса пробы должна быть не менее 3 кг. Для определения влажности и пределов пластичности грунта по глубине отби-

рают пробы массой не менее 0,5 кг с интервалом 0,5—1 м. Если грунты предполагаются укреплять вяжущими, то для подбора смесей на каждом месторождении отбирают одну-две пробы по 50 кг. Пробы отбирают, упаковывают, транспортируют и хранят в соответствии с ГОСТ 12071—72.

Перечень характеристик нескальных грунтов для земляного полотна приведен в табл. IV.13.

Перечень характеристик скальных пород приведен в табл. IV.14.

Образцы скальных пород отбирают из обнажений в виде штупфов размером не менее 10×10×10 см или кернов (высотой не менее 1,5 d) из скважин по два из каждой структурнолитологической разновидности.

Перечень характеристик гравия, применяемого для дорожной одежды, приведен в табл. IV.15.

Перечень характеристик песка, применяемого для дорожной одежды, приведен в табл. IV.16.

#### § IV.7. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Вечномерзлые грунты.** При гидрогеологических обследованиях в районах распространения вечной мерзлоты выделяют три категории подземных вод: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные.

Надмерзлотные воды залегают выше зоны вечной мерзлоты, которая является для них водоупором. Источником пополнения этих вод являются атмосферные осадки и воды, образующиеся при оттаивании верхнего деятельного активного слоя. Этот слой оттаивает в летний период и вновь замерзает при отрицательных температурах воздуха. Мощность его колеблется от 1 до 2 м. Надмерзлотные воды после сильных дождей сильно насыщают грунты, что часто приводит к заболачиванию местности.

Межмерзлотные воды приурочены к таликам в слое мерзлоты. Питание таликов может быть связано с надмерзлотными или подмерзлотными водами, может быть постоянным или временным. Межмерзлотные воды встречаются не только в жидкой, но и в твердой фазе (ископаемый лед).

Подмерзлотные воды делятся на два типа: воды неглубокого залегания и воды глубокого залегания. К первому типу относятся воды аллювиальных долин и верхней зоны коренных пород, ко второму типу — более глубоко залегающие подземные воды. При наличии таликов подмерзлотные воды могут образовывать восходящие родники, которые в большинстве случаев выходят на южных склонах долин. Родники, выходя на поверхность, могут образовывать наледи и бугры (гидролакколиты). Высота этих бугров колеблется от нескольких сантиметров до 10 м и более при диаметре 50—80 м. Изучая расположение гидролакколитов, можно выявить ряд закономерностей в распространении водоносного горизонта.

**Наледи.** На участках развития наледей для выяснения их типа, причин возникновения и разработки предложений по проектированию противоналедных мероприятий, а также в случаях, когда при нарушении естественных условий возможно появление новых наледей, изучают режим поверхностных водотоков и подземных вод в зимний период по индивидуальным программам. Состав и объем обследований должен обеспечивать получение следующих данных:

по поверхностным водотокам — расходы и температуру воды и их изменения в осенне-зимний период; скорости потоков, ширину, глубину и уклоны русел, предполагаемые изменения теплового и ледового режима водотоков при строительстве и степень опасности этих изменений для земляного полотна и инженерных сооружений;

в выемках, прорезающих водоносные слои — ожидаемый приток и температуру воды, мощность и протяженность вдоль трассы водоносного слоя и возможные изменения режима вод в связи со строительством;

на участках развития наледей в естественных условиях — тип наледи по геоморфологическому признаку, гидрогеологическим условиям, генезису, характеру выхода наледной воды на поверхность, а также по степени опасности их

вредного воздействия на земляное полотно и инженерные сооружения; форму наледи, размеры, структуру и объем наледной воды; химический состав воды и дебит источника, питающего наледь; мощность водоносного пласта и водоносного горизонта; положение уровня грунтовых вод и водоупора, направление и скорость движения грунтовых вод.

Участки трассы с развитием наледей относятся к сложным гидрогеологическим условиям и обследуются по особой программе.

**Пучины.** Задача обследования пучинистых участков на существующих дорогах состоит в установлении факторов, вызывающих деформации земляного полотна и ослабление прочности одежды, в предварительной разработке на месте мероприятий по устранению этих причин.

Полевые обследования мест заключаются в детальном изучении пучинистого участка с установлением начала и конца его, характера поверхностного стока, наличия естественного водоотвода, работы искусственных водоотводных устройств и в описании растительного покрова, рельефа участка, поперечного профиля земляного полотна, покрытия и откосов, работы дренажных устройств. Выполняют шурфование и бурение для установления характера грунтов и гидрогеологических условий. Шурфы и буровые скважины закладывают на поперечниках, разбиваемых нормально к оси земляного полотна обследуемой дороги.

На каждом поперечнике назначают от трех до пяти выработок. В пределах земляного полотна закладывают три выработки: одну по оси дороги (скважину), вторую и третью у бровок земляного полотна (шурфы). Четвертую и пятую выработки назначают за пределами земляного полотна. Количество поперечников и глубину выработок назначают с таким расчетом, чтобы полностью охарактеризовать грунтово-геологические условия пучинистого участка, глубину залегания и направление движения подземных вод.

#### § IV.8. СОСТАВ ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ ПАРТИИ И ТАБЕЛЬ ЕЕ ИМУЩЕСТВА, ИНСТРУМЕНТЫ, МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗЫСКАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Изыскания автомобильных дорог или мостовых переходов выполняют дорожные и геологические партии, которым поручается производство комплексных изыскательских работ на определенном маршруте или мостовом переходе. В случае необходимости партии расчленяются на две или несколько групп, которые называются дорожными или геологическими отрядами.

Примерный состав дорожной партии (отряда) и геологической партии (отряда) приведен в табл. IV.17.

При формировании геологической партии количество персонала, необходимого для инженерно-геологических работ, устанавливают в зависимости от объема поисков и разведки месторождений дорожно-строительных материалов, бурения на мостовых переходах, болотах и обследования сложных в инженерно-геологическом отношении участков трассы. Старшего техника по топографическим съемкам включают в состав изыскательской партии при выполнении изысканий в условиях горного или сильно пересеченного рельефа местности или при изысканиях дорог высших категорий, на которых проектируется большое количество транспортных развязок, комплексов сооружений для автотранспортной службы и других сложных устройств. Техника по съемке поперечников включают в партию при изысканиях в горной местности или реконструкции существующих дорог. Радииста включают в состав партии только при наличии радиостанции в штабе экспедиции и, как правило, в отдаленных, малообжитых районах при отсутствии путей сообщения.

В зависимости от местных условий и протяжения трассы число рабочих в составе партии может изменяться. Так, например, в лесистой местности добавляются рабочие на прорубку просек и визирок, в горной местности увеличивается группа съемщиков, при короткой трассе можно производить одиночную нивелировку и соответственно уменьшить количество рабочих.

При формировании партии для производства подробных технических изысканий или предпроектных изысканий рекомендуется включать в ее состав



Таблица IV.17

Таблица IV.18

## Штаб дорожных и геологических партий и отрядов

Состав партии	Дорожная партия	Дорожный отряд	Геологическая партия	Геологический отряд
	Количество работников			
Начальник изыскательской или геологической партии	1	—	1	—
Начальник отряда	—	1	—	1
Инженер-дорожник	1	—	—	—
Старший техник-нивелирист	1	1	—	—
Старший техник-нивелировщик	1	1	—	—
Техник-нивелировщик	1	—	—	—
Техник по съемке поперечников	1	—	—	—
Старший техник по топографическим съемкам	1	—	—	—
Старший техник по обследованию бассейнов	1	—	—	—
Старший инженер по камеральным работам	1	1	—	—
Инженер-геолог	—	—	2	1
Старший техник-геолог	—	—	1	1
Лаборант	—	—	1	—
Старший буровой мастер	—	—	2	1
Водители	1	1	2	1
Завхоз	1	—	1	—
Рабочие	8—10	4	7—10	4

Примечание. При изысканиях, выполняемых при реконструкции автомобильной дороги, в состав изыскательской партии добавляется инженер по обследованию искусственных сооружений и гражданских зданий.

инженерно-технических работников и рабочих, принимавших ранее участие в реконструктивных или предварительных изысканиях по данному маршруту.

При значительном объеме изыскательских работ формируют две-три партии и более, объединяемые в изыскательскую экспедицию. В этом случае работой партий руководит штаб экспедиции, во главе которого стоят главный инженер проекта проектируемой автомобильной дороги и начальник экспедиции. Состав штаба изыскательской экспедиции зависит от объема, характера и условий выполнения заданных изыскательских работ. Обычно в штаб экспедиции входят: начальник экспедиции; главный инженер проекта, главный геолог экспедиции, главный специалист-мостовик, помощник начальника экспедиции по хозяйственной части, старший лаборант, лаборант, радист, бухгалтер, водитель, механик, кладовщик.

Примерный перечень инструментов, оборудования и инвентаря для партий (отрядов) на подробных технических изысканиях приведен в табл. IV.18. Этот перечень составлен исходя из следующих условий: район работ — средне-европейская полоса, рельеф II категории сложности, местность частично залесенная; трасса автомобильной дороги прокладывается по новому направлению, протяжением 50 км с пересечением двух рек (средние переходы); способ производства работ — наземный; период работ — летний; база партии — в населенном пункте, с наймом квартир и помещений для базы; транспорт — автомобили, арендуемые на автобазах; питание — общественное.

В перечень не включены следующие инструменты, оборудование, инвентарь, механизмы и транспортные средства:

инструменты для топографических съемок (комплекуются в зависимости от площади предстоящих съемок, района съемок и времени их производства);

## Инструменты, оборудование и инвентарь изыскательских подразделений

Инструменты, оборудование, инвентарь	Измеритель	Количество			
		Дорожная партия	Дорожный отряд	Геологическая партия	Геологический отряд
<b>Геодезические инструменты и измерительные приборы</b>					
Теодолиты	шт.	2	2	—	—
Штабеты	»	4	4	—	—
Нивелиры	»	2	2	—	—
Рейки нивелировочные	»	7	4	—	—
Вешки	»	10	10	—	—
Бацмаки нивелировочные	»	2	2	—	—
Ленты стальные (20 м)	»	2	2	—	—
Шпильки в ленте	»	12	12	—	—
Рулетки тканевые (10 м)	»	2	1	4	3
Линейка Дробышева	»	1	1	—	—
Транспортёр	»	2	1	1	1
Готовальня	»	1	1	1	1
Арифмометр	»	1	1	1	1
Логарифмическая линейка	»	1	1	1	1
Счеты конторские	»	2	1	2	1
Линейка металлическая	»	1	1	1	1
Доска чертежная	»	3	2	1	2
Рейсшина	»	1	1	—	—
Лупа пятикратная	»	1	1	2	1
Уровень плотницкий	»	1	1	1	1
Зонт брезентовый	»	1	1	—	—
Бинокль	»	2	2	1	1
Фотоаппарат	»	1	1	1	1
Компас горный	»	—	—	6	3
<b>Шанцевый инструмент и походный инвентарь</b>					
Походная кровать	шт.	18	8	17	8
Стоя походный	»	2	1	3	2
Стулья походные	»	2	2	4	4
Бензопила	»	1	1	1	1
Пила поперечная	»	2	1	2	1
Ножовки по дереву и металлу	»	2	2	2	2
Топоры	»	8	4	3	2
Лопаты железные штыковые	»	8	5	8	5
Лопаты совковые	»	2	1	4	2
Лом железный	»	1	1	3	2
Брусок топорный	»	2	1	2	1
Топорик туристский	»	1	1	1	1
Напильники разные	»	10	8	6	3
Молоток	»	1	1	1	1
Клещи	»	1	1	1	1
Долою	»	1	1	1	1
Гвозди разные	кг	10	5	10	5
Проволока для упаковки	»	6	3	3	2

Инструменты, оборудование, инвентарь	Измеритель	Количество			
		Дорожная партия	Дорожный отряд	Геологическая партия	Геологический отряд
Канистра	кг	2	1	2	1
Ящик железный (сейф)	шт.	1	1	1	1
Ящик выючный	»	2	2	3	2
Ящик хозяйственный	»	8	4	5	4
Бур-фрез	»	2	1	2	1
Молоток геологический	»	—	—	6	3
Нож почвенный	»	—	—	2	1
Бур геолога	»	—	—	1	1
Бюксы металлические	»	—	—	200	100
Микропенетрометр	»	—	—	2	1
Мастика для парафинирования монолитов и бюкс	кг	—	—	20	10
Лента изоляционная	круг	—	—	4	2
Кольца режущие для определения плотности	шт.	—	—	10	5
Весы на 10 кг	»	—	—	1	1
» аптекарские на 200 г с разновесами	»	—	—	2	1
Комплект сит 70, 40, 20, 15, 10 и 5 мм	компл.	—	—	1	1
Кувалда массой 2 кг	шт.	—	—	2	2
Кирка	»	—	—	3	2
Обтирочный материал	кг	—	—	15	10
Капельница для соляной кислоты	шт.	—	—	3	2
Кастрюли для парафинирования образцов	»	—	—	2	1
Палатка четырехместная для охраны буровых установок	»	—	—	2	1
Мешки для образцов строительных материалов	»	—	—	100	50
Мешочки для образцов грунта	»	—	—	200	100
<b>Хозяйственный и кухонный инвентарь</b>					
Весы пружинные	шт.	1	1	1	1
Одеяло полушерстяное	»	1	1	1	1
Наволочки матрацные	»	1	1	1	1
Простыни	»	2	2	2	2
Мешки брезентовые	»	5	3	5	3
» джутовые тарные	»	10	5	5	2
» Крафт—мешки	»	10	5	10	5
Рюкзак	»	2	2	3	2
Сигетц для флажков	м	10	5	2	2
Свечи стеролиновые	пачка	3	2	3	2
Краски в тюбиках	коробка	6	4	2	1
Умывальник	шт.	2	1	3	2
Фляги	»	3	2	4	2
Мыло хозяйственное	кусок	6	3	15	7
Полотенце	шт.	10	6	10	6
Термометр воздушный	»	1	1	1	1
Аптечка	»	3	2	3	2
Кастрюли разные	»	4	2	4	3
Котел чугунный	»	1	1	1	1
Сковорода	»	2	2	2	2

Инструменты, оборудование, инвентарь	Измеритель	Количество			
		Дорожная партия	Дорожный отряд	Геологическая партия	Геологический отряд
Фляга для молока	шт.	2	1	3	2
Бак для воды	»	1	1	1	1
Чайник для воды	»	2	1	2	1
Таз оцинкованный	»	2	2	3	2
Ведро оцинкованное	»	3	2	4	2
Мясорубка	»	1	1	1	1
Дуршлаг	»	1	1	1	1
Терка для овощей	»	1	1	1	1
Электроплитка	»	1	1	1	1
Газовая плита с тремя баллонами	»	1	1	1	1
Нож кухонный	»	2	2	2	2
Бачок для масла	»	1	1	1	1
Миски алюминиевые	»	20	10	20	10
Тарелки пластмассовые	»	20	10	20	10
Кружки эмалированные	»	20	10	20	10
Ложки столовые	»	20	10	20	10
Ложки чайные	»	20	10	20	10
Вилки	»	20	10	20	10
Нож столовый	»	2	2	2	2
Ложка разливная	»	2	1	2	1
Халат белый	»	2	2	2	2
Фартук	»	2	2	2	2
Ковшик металлический	»	1	1	1	1
Марля	м	15	10	35	20
Клеенка	»	5	5	5	5
Нож консервный	шт.	1	1	1	1
Сумка полевая	»	3	2	5	3
Ракетница с ракетами	компл.	1	1	1	1
Веревка упаковочная	м	20	20	20	20
Лодка резиновая	шт.	1	1	—	—
Брезент для прогирошки образцов	м	—	—	6	6
<b>Спецодежда</b>					
Телогрейки	шт.	10	5	7	4
Хлопчатобумажные костюмы	»	10	5	10	3
Керзовые сапоги	пар	10	5	7	4
Плащи непромокаемые	шт.	10	5	5	3
Сапоги резиновые	пар	15	8	12	7
Руковицы брезентовые	»	30	20	50	25
Костюмы брезентовые	шт.	—	—	2	1
<b>Канцелярские товары</b>					
Бумага миллиметровая	рулон	1	1	1	1
Калька марки «Д»	»	1	0,5	1	0,5
Калька под тушь	»	1	0,5	0,5	0,5
Чертежная бумага	лист	25	15	—	—
Бумага писчая	кг	4	3	4	3
Тетрадь общая	шт.	1	1	1	1
Папка с завязками	»	10	5	6	5

Инструменты, оборудование, инвентарь	Измеритель	Количество			
		Дорожная партия	Дорожный отряд	Геологическая партия	Геологический отряд
Скоросшиватель	шт.	4	3	5	3
Бумага настольная	лист	10	5	10	5
Карандаши простые	шт.	60	30	40	30
Карандаши цветные	коробка	1	1	1	1
Ручки чертежные	шт.	2	2	2	2
Перья чертежные	»	15	10	20	10
Конверты разные	»	20	10	20	10
Резинки разные	»	30	20	25	15
Скрепки	коробка	1	1	1	1
Кнопки	»	1	1	1	1
Тушь разная	флакон	5	3	3	3
Клей канцелярский	»	2	1	2	1
Линейка деревянная	шт.	2	2	2	2
Треугольник деревянный	»	3	2	3	2
Кисточки для краски	»	2	1	—	—
Ножницы канцелярские	»	1	1	1	1
Шпагат	кг	1	1	1	1
Нитки суровые	»	0,1	0,1	0,1	0,1
Фуляра для чертежей	шт.	1	1	—	—
Бумага копировальная	лист	20	10	10	10
<b>Бумажная продукция, бланки, журналы</b>					
Бланки платежной ведомости	шт.	30	20	30	20
» нарядов	»	20	15	50	25
» таблицей	»	20	15	15	15
» авансовых отчетов	»	20	15	20	20
» доверенностей	»	20	10	10	10
» со штампом проектной организации	»	30	20	20	15
Ведомости разные	кг	15	10	10	1
<b>Журналы:</b>					
никетажный	шт.	15	8	10	8
тахеометрический	»	15	10	—	—
нивелирования	»	10	5	—	—
поперечников	»	20	10	—	—
угломерный	»	5	3	—	—
теодолитных ходов	»	3	2	—	—
сбора данных для расчета отверстий инженерно-геологического обследования трассы	»	—	—	20	15
механического бурения	»	—	—	25	15
разведки месторождений стройматериалов	»	—	—	10	5
обследования болот	»	—	—	5	5
этикеток образцов	»	—	—	10	5
журнал ВЭЗ	»	—	—	15	10
журнал электропрофилирования	»	—	—	5	5
Планшеты для продольных профилей	»	20	10	—	—

инструменты и оборудование для гидрометрических наблюдений на средних и больших мостовых переходах (комплектуется в зависимости от программы наблюдений, категории реки и характера водного режима, сезонности и района производства работ);

транспортные средства и буровые станки (комплекуются в зависимости от возможности их аренды на местах, района производства работ и программы производства инженерно-геологических работ);

полевое лабораторное оборудование (комплектуется в зависимости от времени, сроков и программы работ по испытанию грунтов и материалов);

спасательное и специальное снаряжение: спасательные пояса и круги, защитные очки, каски, штурмовые веревки, альпинистский инвентарь и др. (комплектуется в зависимости от объема работ в труднодоступных районах);

лагерное оснащение для изысканий в необжитых районах, северных и южных районах: вывучный инвентарь, палатки, походные кровати и спальные принадлежности для всего личного состава изыскательских подразделений, отопительное оборудование, холодильники, теплая одежда, радиостанции, передвижные электростанции и др. (комплектуется в зависимости от района производства изысканий и сроков работ);

культурный инвентарь, медикаменты, фотопринадлежности (комплекуются по потребности и в зависимости от сроков и района производства работ).

Ниже приведены технические характеристики важнейших инструментов и оборудования, применяемых при производстве изыскательских работ.

#### Теодолиты. Тахеометры

Теодолит Т=05 (ГОСТ 10529-70). Высокоточный оптический прибор. Предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов на пунктах триангуляции и полигонометрии 1-го класса, для выполнения высокоточных угловых измерений. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла одним приемом не более  $\pm 1$ . Увеличение зрительной трубы не менее 37\*, 50\*, 62,2\*. Угол поля зрения объектива зрительной трубы не менее 40'. Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры, мм: теодолита без накладного уровня 419×304×268; футляра нижней части теодолита  $\varnothing 338 \times 469$ ; футляра верхней части теодолита  $\varnothing 302 \times 422$ ; укладочного ящика поверительной трубы 424×154×122. Масса, кг: теодолита 18,8; нижней части теодолита в футляре 19,8; верхней части теодолита в футляре 14,2; поверительной трубы в укладочном ящике 3,2.

Теодолит Т-2 (ТУ 3-3.176—70 Министерства оборонной промышленности от 21 декабря 1970 г.). Теодолит двухсекционной точности. Предназначен для измерения углов в триангуляции и полигонометрических ходах 3-го и 4-го классов. Средняя квадратическая погрешность измерения углов одним приемом: вертикальных  $\pm 3''$ ; горизонтальных  $\pm 2''$ . Увеличение зрительной трубы 25\*. Диапазон рабочих температур от -40 до +50°C. Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры, мм: теодолита с рукояткой при среднем положении подъемных винтов 175×140×363; штатива в походном положении 210××980. Масса, кг: теодолита с треножником и рукояткой — 5,2; теодолита в футляре с инструментом — 9,7; штатива — 5,7; комплекта — 15,2.

Теодолит Т-5 (МРТУЗ—641—68 Министерства оборонной промышленности от 17 января 1968 г.). Предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов, определения магнитных азимутов, определения астрономического азимута, а также для определения расстояний по нитяному дальномеру. С помощью теодолита Т-5 можно производить техническое нивелирование. Увеличение зрительной трубы 27\*; поле зрения 1°30'. Гарантийный срок службы 36 мес.

Габаритные размеры, мм: высота теодолита с треножником 305; высота оси вращения трубы от плоскости столика штатива 225. Масса, кг: теодолита с треножником 3,6; металлического футляра 3; теодолита в футляре с принадлежностями 6,6; штатива — 5,3.

Теодолит Т-30 (ТУ 3-3.178—70 Министерства оборонной промышленности от 21 декабря 1970 г.) Предназначен для измерения горизонтальных углов и углов наклона, определения магнитных азимутов по буссоли, а также для измерения расстояний по натяжному дальномеру или с помощью дальномерных насадок. Средняя квадратическая погрешность измерения углов из одного приема: горизонтального  $\pm 30''$ ; вертикального  $\pm 45''$ . Увеличение зрительной трубы 20 $\times$ ; угол поля зрения 2°. Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры теодолита с основанием футляра при среднем положении подъемных винтов  $\varnothing 175 \times 235$  мм. Масса — не более 2,2 кг.

Тахеометр ТВ (ТУ 3-3.179—70 Министерства оборонной промышленности от 21 декабря 1970 г.). Предназначен для измерения расстояний, горизонтальных углов и углов наклона. Измеренные тахеометром наклонные расстояния автоматически редуцируются в горизонтальные положения. Коэффициент дальномера 200. Диапазон измеряемых расстояний: без рейки от 2 до 50 м; с рейкой от 60 до 180 м. Увеличение зрительной трубы 15,7 $\times$ ; угол поля зрения 2 $^{\circ}30'$ . Диапазон рабочих температур: от  $-30$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 12 мес. Габаритные размеры, мм: рейки 680 $\times$ 140; укладочного ящика 193 $\times$ 290 $\times$ 573. Масса, кг: тахеометра 7,5; рейки 0,7; веки 0,8; укладочного ящика 4,6.

### Нивелиры

Нивелир Н-1 (ГОСТ 10528—69). Предназначен для измерений точек земной поверхности при точном и высокоточном нивелировании I-го и 2-го классов. Коэффициент дальномера 100. Средняя квадратическая ошибка определения превышения на станции  $\pm 0,15$ . Увеличение зрительной трубы 45 $\times$ . Диапазон рабочих температур от  $-25$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры 420 $\times$ 180 $\times$ 230 мм. Масса 7 кг.

Нивелир НВ-1 (МРТУ 3-454—66 Министерства оборонной промышленности от 19 октября 1969 г. с изменениями от 17 марта 1969 г.). Нивелир технический. Предназначен для определения превышения между двумя точками методами геометрического нивелирования III—IV классов точности. Коэффициент дальномера 100. Увеличение зрительной трубы 31 $\times$ . Угол поля зрения трубы: по вертикали 1 $^{\circ}20'$ ; по горизонтали 55'. Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры нивелира в укладочном ящике 220 $\times$ 150 $\times$ 175 мм. Масса, кг: нивелира 1,8; комплекта 7,8.

Нивелир НС-4. (ГОСТ 10528—69). Нивелир с самоустанавливающейся линией визирования. В комплект входят рейки РН (4 шт.) и металлический штатив типа ШР-120. Предназначен для определения превышений при нивелировании IV класса на поверхности и маркшейдерских съемках под землей. Снабжен призменным компенсатором, позволяющим нивелировать при грубой установке прибора и бесконечном наводящем устройстве. Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода не более 8 мм; средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции не более 100 мм. Увеличение зрительной трубы 30 $\times$ ; увеличение поля зрения не менее 1 $^{\circ}20'$ . Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры 180 $\times$ 200 $\times$ 230 мм. Масса 2,5 кг.

Нивелир НГ (МРТУ 3.952—69 Министерства оборонной промышленности от 26 мая 1969 г.). Нивелир технический, глухой с уровнем и горизонтальным кругом. В комплект входят рейки (2 шт.). Предназначен для определения превышения между точками методом геометрического нивелирования. Коэффициент дальномера 100. Увеличение зрительной трубы 23 $\times$ ; угол поля зрения по вертикали 1 $^{\circ}30'$ . Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры нивелира в укладочном ящике 158 $\times$ 135 $\times$ 120 мм. Масса, кг: нивелира 1; комплекта без реек 6,2.

Нивелир Н-3. (МРТУ 3.153—66 Министерства оборонной промышленности от 21 октября 1966 г. и изменения № 1 от 27 февраля 1968 г.; № 2 от 17 марта 1969 г.; № 3 от 4 марта 1971 г.). Нивелир точный глухой с рейками. Предназначен для определения превышений между двумя точками методом

геометрического нивелирования III и IV классов точности. Коэффициент дальномера 100. Увеличение зрительной трубы 30,5 $\times$   $\pm 1,5\%$ ; угол поля зрения трубы: по вертикали 1 $^{\circ}20' \pm 4'$ ; по горизонтали 55'  $\pm 2,7'$ . Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры нивелира в укладочном ящике 230 $\times$ 175 $\times$ 150 мм. Масса, кг: нивелира 2, комплекта 7,5.

### Дальномеры

Насадка дальномерная ДН-04 (ГОСТ 11356—65, ГОСТ 13627—68). Предназначена для измерения расстояний от 10 до 20 м. Применяется с теодолитами Т-5, Т-10, ТТ-4. Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры, мм: футляра насадки  $\varnothing 62 \times 50$ ; рейки 1540 $\times$ 95 $\times$ 26. Масса, кг: насадки 0,2; рейки 2; комплекта 19,7.

Насадка дальномерная авторепродукционная ДНР-06 (ГОСТ 13627—68). Предназначена для измерения расстояний от 20 до 200 м. Применяется с теодолитами Т-2, Т-5, Т-10, ТТ-4, ТТ-5 и другими, имеющими насадочный диаметр зрительной трубы 44 мм. Коэффициент дальномера 100. Средняя квадратическая погрешность из одного приема 1:1700. Диапазон рабочих температур  $\pm 20^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 24 мес. Габаритные размеры, мм: насадки — 66 $\times$ 64; футляра — 190 $\times$ 95 $\times$ 96. Длина рейки 2,5 м. Масса, кг: рейки 5; насадки в футляре с противовесом 0,8; комплекта 5,9.

Насадка дальномерная ДН-08 (ГОСТ 11356—65, ГОСТ 13627—68). Предназначена для измерения расстояний от 50 до 700 м. Применяется с теодолитами Т-10, ТТ-50. Коэффициент дальномера 115. Относительная средняя квадратическая погрешность 1:1500. Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры, мм: насадки 220 $\times$ 140 $\times$ 82; рейки 1200 $\times$ 270 $\times$ 45. Посадочный диаметр 46 мм. Масса, кг: насадки 0,47; рейки 1,35; штатива 5,5; комплекта 23,2.

Насадка дальномерная ДН-10. (ГОСТ 11356—65, ГОСТ 13627—68). Предназначена для измерения расстояний от 20 до 200 м. Применяется в комплекте с теодолитами Т-30, Т-20, ТОМ. Коэффициент дальномера 200. Относительная средняя квадратическая погрешность 10:100. Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+50^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок службы 36 мес. Габаритные размеры, мм: насадки  $\varnothing 57 \times 40$ ; рейки 1670 $\times$ 95 $\times$ 30. Посадочный диаметр 38 мм. Масса, кг: насадки 0,08; рейки 2,9; комплекта 6.

### Оборудование для бурения

Мотобур Д-10 М (ОТУ 26-02-129—69 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 26 мая 1969 г.). Предназначен для вращательного бурения скважин шнековым инструментом и инструментом ручных комплектов при инженерно-геологических изысканиях. Отбор монолитов грунтов осуществляется грунтономом Д-2. Глубина бурения до 10 м, диаметр 75 мм. Частота вращения 175—188 об/мин. Привод от бензинового двигателя «Дружба-4»; мощность 4 л. с. Габаритные размеры, мм: высота — 445, длина с рукоятками — 725. Масса мотобура в комплекте с инструментом, запасными частями и двигателем 28 кг.

Имеются модернизированные варианты мотобура Д-10, предложенные ПНИИНСом, Днепрогипротрансом и др.

Буровая прицепная установка БУКС-ЛПТ (ОТУ 26.02-131—69 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 26 мая 1969 г.). Предназначена для бурения скважин при инженерно-геологических и гидрогеологических работах в породах I и II категорий буримости. Привод от бензинового двигателя Д-300; мощность 6 л. с. Глубина бурения 30 м. Диаметр бурения, мм: начальный 168; конечный 73. Высота треноги 5000 мм. Габаритные размеры в транспортном положении, мм: 2900 $\times$ 2700 $\times$ 7500. Масса 440 кг.

Буровая прицепная установка УКБ-12/25 (ОТУ 26.02-598—75 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 10 июня 1975 г.). Предназначена для бурения скважин глубиной до 15 м шнековым способом и

### Электростанции передвижные

до 25 м алмазными и твердосплавными коронками с промывкой при поисках, съемке, картировании, инженерно-геологических изысканиях. Глубина бурения: шнеком — 5, 10, 15 м; твердосплавными коронками диаметром 76 мм — 12,5 м; твердосплавными и алмазными коронками диаметром 46 и 36 мм — 25 м. Диаметр бурильных труб 24 и 34 мм. Вращатель — подвижной. Частота вращения 100—1200 об/мин. Лебедка ручная двусторонняя, грузоподъемностью 400 кг. Привод от двигателя «Дружба-4»; мощность 4 л. с. Габаритные размеры установки 1320×1060×2020 мм. Масса установки в комплекте 151 кг.

Буровая самоходная установка АВБ-2М (ОТУ 26-02-113—68 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 23 августа 1968 г.). Агрегат вибрационного канатно-ударного бурения предназначен для бурения инженерно-геологических скважин в породах I—IV категорий буримости. Глубина бурения: вибрационным способом 15—20 м; канатно-ударным 40 м. Начальный диаметр бурения: вибрационным способом 108 мм; канатно-ударным способом 89 мм. Самоходная установка на базе автомобиля ГАЗ-66 с переоборудованным прицепом ИАПЗ-739. Источник энергии агрегата — двигатель автомобиля ГАЗ-66 при частоте вращения 2200 об/мин. Вибропозагрузатель — вибратор ВБ-7 с ударным патроном. Мощность электродвигателя вибратора 7,5 кВт. Габаритные размеры агрегата в транспортном положении, мм: 7400××2300×3280. Масса агрегата 5650 кг.

Буровые самоходные установки ЛБУ-50А, ЛБУ-50Ш, ЛБУ-50Г. (ОТУ 26.02-154—69 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 24 сентября 1969 г.). Предназначены для вращательного и ударно-канатного бурения в зависимости от вида применяемого инструмента: ЛБУ-50А — для бурения артезианских и гидрогеологических скважин; ЛБУ-50Ш — для бурения шурфов; ЛБУ-50Г — для бурения артезианских и гидрогеологических скважин и шурфов. Установки монтируются на шасси автомобиля ЗИЛ-157К. Перевозка инструмента — на специально оборудованном прицепе 2ПН2. Мачта телескопическая с гидравлическим подъемом высотой 8,31 м. Привод — двигатель автомобиля мощностью 75 л. с. Габаритные размеры (без прицепа) 8380×2315×2546 мм. Глубина бурения, м: ЛБУ-50А — до 50; ЛБУ-50Ш — до 15 (шурфы); ЛБУ-50Г — скважины до 50; шурфы до 15.

Установки . . . . .	ЛБУ-50А	ЛБУ-50Ш	ЛБУ-50Г
Масса, кг:			
установки без прицепа и инструментов	8440	8440	8440
прицепа . . . . .	3500	3500	3500
инструментов . . . . .	2870	2100	4970

Буровая самоходная установка УГБ-50М (ОТУ 26.02-176—70 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 16 января 1970 г.). Предназначена для бурения гидрогеологических скважин шнековым, ударным и колонковым способами в породах до IV категории буримости. Может быть использована для бурения разведочных скважин и скважин инженерно-строительного назначения. Монтируется на шасси автомобиля ГАЗ-66-02. Перевозка инструментов — на специально оборудованном прицепе 2ПН2. Глубина бурения 50 м. Диаметр бурения, м: начальный 230, конечный 135. Мачта сварная высотой 8 м. Привод — от двигателя внутреннего сгорания Д-65, мощность 50 л. с. Габаритные размеры в транспортном положении, мм: установки 8000×2250××3500; прицепа 5750×2320×2650. Масса, кг: установки 2625; прицепа 1900.

Буровая самоходная установка СБУДМ-150-ЗИВ (ОТУ 26.02-156-71 Министерства химического и нефтяного машиностроения от 16 августа 1971 г.). Предназначена для бурения вертикальных геологоразведочных скважин в породах различной крепости. Монтируется на шасси автомобиля ЗИЛ-131. Глубина бурения, м: номинальная 150, максимальная 200. Начальный диаметр бурения (максимальный) 151 мм. Диаметр бурильных труб 42 мм. Привод — двигатель внутреннего сгорания Д-48Л, мощность 48 л. с. Габаритные размеры (в транспортном положении) 7785×2350×3450 мм. Масса 9845 кг.

Электростанция ПЭС «Дружба». (ТУ 22-2104—70. Минстройдормаша от 4 декабря 1970 г.). Предназначена для питания потребителей с активной нагрузкой мощностью до 1 кВт. Мощность 1 кВт; напряжение 230В; частота 200 Гц; ток — трехфазный. Двигатель внутреннего сгорания (от пилы «Дружба»).

Габаритные размеры 520×248×730 мм. Масса не более 23,5 кг.

Электростанция передвижная ПЭС-15Л. (ТУ 16.516.028—67 Минэлектротехпрома от 31 января 1967 г. и изменение № 71АА—804 от 2 июля 1971 г.). Предназначена для питания силовой осветительной нагрузки. Состоит из двигателя ЗМЗ-320-01 и генератора типа ЕСС-562-4-М101. Мощность 12 кВт; напряжение 230 или 400 В; частота, 50 или 60 Гц. Габаритные размеры 1880×740×1650 мм. Масса 700 кг.

Электростанция дизельная передвижная ДЭСМ-30 (ТУ 16.516.073—69 Минэлектротехпрома от 4 ноября 1969 г.). Предназначена для питания силовой осветительной нагрузки. Состоит из двигателя Д-60Р, генератора ЕСС-5-82-4-М101 и распределительного щита ЦУПТ-82-4-П. Мощность 30 кВт; напряжение 230 или 400 В; частота 50 Гц. Габаритные размеры 2335×890×1850 мм. Масса 1840±50 кг.

### Радиостанции переносные

20 РТП-2ЧМ «Ласточка» (ГОСТ 12252—66). Радиостанция приемопередающая, носимая. Предназначена для двусторонней бесшлюховой и бесподстроечной симплексной радиотелефонной связи с однотипными радиостанциями на местности средней пересеченности и лесистости в любое время года и суток; применяется в различных отраслях народного хозяйства. Обеспечивает связь на одной фиксированной частоте.

Предусмотрена возможность изготовления радиостанции для двухчастотной симплексной связи. Диапазон частот 33—46 МГц; интервал между рабочими частотами соседних радиостанций 50 кГц. Дальность связи 1 км. Питание: а) от встроенной батареи, состоящей из шести аккумуляторов типа ЦНК-0,45, соединенных последовательно; б) от аккумуляторной батареи напряжением 7,5 В; в) от сетевого блока питания типа 65Р1. Габаритные размеры 210×80×40 мм. Масса 0,9 кг.

22 РТП-2ЧМ «Тюльпан» (ГОСТ 12252—66). Назначение то же, что и радиостанции 20РТП-2ЧМ и 21РТП-2ЧМ. Модуляция частотная. Диапазон частот 140—174 МГц; число фиксированных частот 1; интервал между рабочими частотами соседних радиостанций 50 кГц. Дальность связи 1 км.

Питание: а) от встроенной батареи, состоящей из шести аккумуляторов типа ЦНК-0,45, соединенных последовательно; б) от аккумуляторной батареи напряжением 7,5 В; в) от сетевого блока питания типа 65Р1. Габаритные размеры 210×80×40 мм. Масса 1 кг.

21РТП-2ЧМ «К а к т у с» (ГОСТ 12252—66). Радиостанция приемно-передающая, носимая. Назначение то же, что и радиостанции 20 РТП-2ЧМ. Диапазон частот 33—46 МГц; интервал между рабочими частотами соседних радиостанций 50 кГц; дальность связи 4 км. Питание: а) от встроенной батареи, состоящей из 10 аккумуляторов ЦНК-0,85, соединенных последовательно; б) от аккумуляторной батареи напряжением 12,5 В; в) от сетевого блока питания типа 65Р-1. Габаритные размеры 190×115×60 мм. Масса 6 кг.

6РТ-0,5-2.0М «К а р а т» (ГОСТ 13260—67). Радиостанция, приемно-передающая полупроводниковая, носимая. Предназначена для бесшлюховой и бесподстроечной телефонной радиосвязи между подвижными отрядами и объектами различных отраслей народного хозяйства. Выпускается сериями, каждая серия радиостанций работает на одной жесткофиксированной частоте. Модуляция однополосная. Диапазон частот 1,6—2,85 МГц. Дальность симплексной связи, км: со штыревой антенной 5—10; с антенной «наклонный луч» 30. Мощность пере-

датчики на выходе 0,5 Вт. Питание: а) от 8 батарей типа «Марс»; б) от 8 батарей типа КВС-Х/А0,7. Габаритные размеры 280×200×95 мм. Масса 3,5 кг. РС0-5 «Олень». Предназначена для симплексной радиосвязи между штабом экспедиции и экспедиционными подразделениями. Диапазон частот 1,6—6,0 МГц; дальность связи до 400 км. Питание от сети напряжением 127 и 220 В и аккумуляторов. Масса 100 кг.

#### Автомобили

Автобус УАЗ-452В. (ТУ 37.025.454—67 Министерства автомобильной промышленности от 11 октября 1967 г. и изменение № 1). Особо малой вместимости, двухосный, с приводом на обе оси. Кузов вагонный, цельнометаллический с тремя боковыми одностворчатыми и задней двустворчатой дверями. Оборудован отопителем. Предназначен для перевозки пассажиров по дорогам всех классов и бездорожью. Число пассажирских мест 10; мощность при 4000 об/мин 70 л. с. Наибольшая скорость с нагрузкой 95 км/ч. Контрольный расход топлива 13 л на 100 км. Масса автобуса без нагрузки 1725 кг.

Автомобиль ГАЗ-66-02. (ГОСТ 5.340—70). Бортовой двухосный с приводом на обе оси. Оборудован лебедкой и системой регулирования давления в шинах. Кабина двухместная, цельнометаллическая, переднего расположения, с отопителем. Платформа металлическая со скамейками вдоль боковых бортов, с тентом, задним открывающимся бортом. Грузоподъемность 2 т. Мощность двигателя 115 л. с. при 3200 об/мин. Шины 12.00—18 типа К-12А (ГОСТ 13298—67). Наибольшая скорость с нагрузкой 90 км/ч. Контрольный расход топлива на 100 км 24 л. Масса автомобиля без груза 3670 кг.

Автомобиль ГАЗ-51А (ТУ 37.025.238—66 Министерства автомобильной промышленности от 24 декабря 1966 г. и изменение № 1). Двухосный, с приводом на заднюю ось. Кабина двухместная, цельнометаллическая, с отопителем. Платформа деревянная с тремя откидными бортами. Грузоподъемность 2,5 т. Двигатель ГАЗ-51А. Мощность двигателя при 2800 об/мин 70 л. с. Шины 7.50—20. Наибольшая скорость с нагрузкой 70 км/ч. Контрольный расход топлива 20 л на 100 км. Масса автомобиля без груза 2710 кг.

Автомобиль ЗИЛ-157К (ТУ 37.025.025—66 Министерства автомобильной промышленности от 7 мая 1966 г. и изменение № 1). Трехосный, с приводом на все оси. Оборудован выводом к тормозам и электрооборудованию прицепа, а также устройством для регулирования давления в шинах с места водителя во время движения. Кабина трехместная, цельнометаллическая, с отопителем. Платформа деревянная, со скамейками вдоль боковых бортов и задним откидным бортом. Грузоподъемность, т: на дороге с твердым покрытием 4,5; на грунтовой дороге 2,5. Двигатель ЗИЛ-157К. Мощность двигателя при 2600 об/мин 104 л. с. Шины специальные 12,00—18. Наибольшая скорость с нагрузкой 65 км/ч. Контрольный расход топлива на 100 км 42 л. Масса автомобиля без груза 5540 кг.

Автомобиль-фургон УАЗ-452 (ТУ 37.025.0.48—66 Министерства автомобильной промышленности СССР от 13 июля 1968 г. и изменения № 1 и 2). Двухосный с приводом на обе оси. Кузов вагонный, цельнометаллический, с тремя боковыми и задней двустворчатой дверями и внутренней перегородкой, отделяющей место водителя от грузового помещения. Оборудован отопителем. Предназначен для перевозки товаров. Грузоподъемность 0,8 т. Двигатель ЗМЗ-451, мощность двигателя при 4000 об/мин 72 л. с. Шины 8.40—15". Наибольшая скорость с нагрузкой 95 км/ч. Контрольный расход топлива на 100 км 13 л. Масса автомобиля без груза 1720 кг.

#### § IV.3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТАХ

В настоящем параграфе помещены только основные правила по технике безопасности, преимущественно нормативного характера. Подробно материал изложен в «Правилах техники безопасности при изысканиях и проектировании автомобильных дорог» (утверждены Минтрансстроем СССР 10 декабря 1974 г. и ЦК профсоюза рабочих автомобильного транспорта и шоссежных дорог 24 декабря 1974 г.).

Общие указания. Все инженерно-технические работники и рабочие допускаются к работам только после изучения правил безопасного их выполнения и проходят: вводный инструктаж, инструктаж на рабочем месте, обучение по охране труда, первичную проверку знаний.

Все вновь поступающие работники обязаны пройти обучение с последующей сдачей экзаменов специальной комиссии. Работники, прошедшие обучение по технике безопасности, подвергаются проверке знаний (экзаменам) один раз в два года. Обучение и проверку знаний организуют в соответствии с «Временными инструктивными указаниями о порядке инструктажа и обучения по охране труда работников транспортного строительства» (№ П-1557 от 29 декабря 1970 г.).

Регистрация, учет и расследование несчастных случаев, связанных с производством, осуществляется в соответствии с Положением, утвержденным ВЦСПС в 1959 г. Регистрации подлежат несчастные случаи, вызвавшие утрату трудоспособности не менее чем на один рабочий день. Учету подлежат несчастные случаи, вызвавшие утрату трудоспособности свыше трех рабочих дней.

Все работники, назначаемые на изыскательские работы в районах с трудными условиями, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию для установления пригодности их по состоянию здоровья на эти работы. При выезде в районы распространения заболеваний по указаниям органов здравоохранения работники изыскательских подразделений обязаны сделать профилактические прививки.

Устройство изыскательского лагеря. Место для лагеря выбирают по возможности сухое, чистое, недалеко от воды и топлива. В районе лагеря лес очищают от хвороста, сухих сучьев и валежника; очищать площадку выжиганием запрещается. Палатки окапывают канавкой, не допускающей стока воды внутрь палаток.

Площадку для костра выбирают не ближе 10 м от палатки с подветренной стороны с принятием мер предосторожности, исключающих загорание от искр мха, травы, валежника. Горючие и смазочные материалы должны храниться в металлической таре в специально оборудованных временных складах, расположенных не ближе 100 м от стропил, палаток, складов, лесоматериалов, сена и прочих легковоспламеняющихся материалов.

Ямы для нечистот и уборные располагают не ближе 50 м от территории лагеря. Уборные и места для сбора нечистот устраивают из досок, размер пола 1×1,2 м, глубина ямы 0,8—1 м. Дезинфекция делается 2 раза в месяц. При ликвидации лагеря ямы засыпают грунтом.

Трубы от обогревательных приборов выводят из палатки через отверстия, изолированные от палаток листом железа радиусом не менее 20 см; в том случае, если выход трубы устраивается через стену палатки, расстояние между соседними палатками должно быть не менее 5 м.

Лампы и фонари в палатках ставят на устойчивые столы или подвешивают на железные проволоки не ближе чем в 0,75 м от потолка и 0,25 м от стены.

Лагерь в противопожарном отношении оборудуют: ящиками с песком, огнетушителями, штыковыми лопатами, ведрами, ломами, баграми, топорами, кошмой войлочной. Огнетушители развешиваются на видных и доступных местах на высоте 1,4 м над уровнем земли или пола палатки.

Работа в малообжитых районах. При работе в необжитых районах каждое изыскательское подразделение должно иметь обязательное аварийное снаряжение, включающее следующие предметы: два выверенных компаса, топографическую карту или схему, аптечку, свички в водонепроницаемой оболочке, охотничье ружье с запасом зарядов, неприкосновенный запас продовольствия (а в пустынях также и воды), нож, топор, веревку, ракетницу с комплектом ракет и т. п. Все инженерно-технические работники и рабочие должны быть обучены ориентировке по компасу, солнцу, звездам, местным предметам и по карте.

Отправляющиеся по неизвестному маршруту должны: оставить в лагере схему маршрутов, по пути делать затесы или обламывать ветки; кроме затесов и обломанных ветвей, оставлять на видных местах записки на высоте груди на кустах, деревьях, а также земляные копы, мелкие предметы личного пользования.

Безопасная толщина льда

Груз	Масса, т	Толщина льда, безопасная для передвижения при температуре воздуха от -1 до -25°C, см	Предельное расстояние до кромки льда, м
Человек в походном снаряжении	0,1	7	4—2
Нарта груженная с упряжкой собак	0,8	13—12	10
Автомобиль с грузом	3,5	34—25	16
Гусеничный трактор	8,4	52—39	22
Автомобиль с грузом	10	56—42	24
Сверхтяжелый груз	40	109—80	38

Запрещается отлучаться из лагеря без разрешения руководителя работ. Начальник партии обязан знать, где находятся его сотрудники. Отсутствие работников или группы работников в малонаселенных и ненаселенных районах по неизвестным причинам должно рассматриваться как чрезвычайное происшествие, требующее принятия срочных мер.

Розыски заблудившихся проводятся не менее чем двумя отрядами, которые должны вести розыски по плану, разработанному начальником полевого подразделения с учетом местных условий. Поисковые отряды должны выбирать ночные и дневные стоянки на возвышенных местах и обязательно разводить костры.

Услышав шум спасательного самолета, заблудившиеся должны увеличить: днем дым, ночью пламя костра. В случае затянувшихся поисков на командных высотах или крупных ориентирах должны быть организованы дежурные посты для осуществления световой или звуковой сигнализации (дым, огонь, флаги, удары колокола, ракеты, выстрелы и т. п.). По возможности, следует использовать самолеты или вертолеты. К поискам следует привлекать местное население. О ходе поисков необходимо сообщать вышестоящему руководителю работ и местным властям.

В горах запрещается передвижение и работа в непогоду — в сильный дождь, снегопад, ветер, град, туман.

Останавливаться на ночлег следует не позже чем за 1 ч до наступления темноты. Работники, работающие в горных районах, должны быть обучены основным приемам альпинизма и пользованию альпинистским снаряжением.

Движение по лавноопасным склонам можно совершать после снежного покрова через 2—4 дня, когда снег сползет или уплотнится, причем двигаться надо в лоб, а не зызагами.

**Переноска тяжестей.** При погрузочно-разгрузочных работах на изысканиях должны соблюдаться следующие предельные нормы: для мужчин — 50 кг, для женщин — 20 кг. Для подростков от 16 до 18 лет: девушки — 10 кг, юноши — 16 кг.

Механизированный способ погрузочно-разгрузочных работ является обязательным для грузов массой более 50 кг, а также при подъеме грузов на высоту более 3 м.

**Работа на воде, переправа через реки.** Перед использованием плавучих средств необходимо убедиться в полной их исправности. Плавучие средства должны иметь: исправный корпус, не обнаруживающий течи (как ниже, так и выше ватерлинии); необходимое оборудование — весла, уключины, якоря, багры и веревки; инструменты для ремонта двигателей; для водостлива — ковши и ведра на лодках, помпы и насосы на судах; для заделки пробоин и трещин — паклю, смолу и куски брезента; спасательные приборы (круги, шары, нагрудники, концы) исходя из установленных для данного вида судов, но не менее двух на лодку; сигнальные приборы (флажки, фонари, рупоры, сирену и колокол) из расчета по одному комплекту на каждое судно независимо от того, является оно самоходным или нет.

Максимально допустимая нагрузка лодки устанавливается в зависимости от ее устойчивости (валкости) и определяется возвышением ее бортов над водой не менее чем на 20 см, а в ветреную погоду не менее 40 см. Ватерлиния обозначается краской на обоих бортах лодок.

До переправы через реку всей группы один из работников должен исследовать брод, переправляясь со страховочной веревкой. Брод обозначают вежами по обеим сторонам в 1,5—3 м от оси перехода. Глубина брода при переправе верхом не должна превышать 1,3 м при скорости течения до 2 м и 0,8 м при скорости течения 3—4 м. Лошадь следует направлять под углом против течения, движение должно быть непрерывным, ноги у всадника должны быть вынуты из стремян. Глубина брода для лошадей с вьюком составляет 0,4 м при скорости течения реки 3—4 м и 0,6 м при скорости течения 1,5—2 м; а для оленей 0,7 м при скорости течения реки до 1 м и 0,5 м при скорости течения до 2 м/с.

На участке навесной переправы исходный берег должен быть выше противоположного. Применяемые для навесных переправ веревки или канаты дол-

жны иметь не менее чем 7,5-кратный запас прочности и разрывающее усилие не менее 600 кгс/см<sup>2</sup>.

Для определения грузоподъемности льда следует пользоваться данными табл. IV.19, составленной для осеннего льда. Для весеннего льда нормы увеличиваются в 1,5—2,5 раза. Следует иметь в виду, что по мере удаления от берега прочность льда уменьшается.

Толщину льда измеряют зимой при толщине его не более 1 м 1 раз в 15 дней, а на фарватерах с быстрым течением — 1 раз в неделю. Трассу переправы обозначают вешками в 3 м от ее оси и в 30 м друг от друга.

При переправах по льду люди должны сойти с повозок, автомобилей и т. п. и идти пешком за транспортным средством на расстоянии не менее 25 м от него. Водитель должен ехать с открытыми дверями кабины со скоростью не более 10 км/ч.

**Работа автомобильного транспорта.** Начальник экспедиции и начальники партий обязаны осуществлять контроль за работой водителей, не допускать самовольных выездов и контролировать своевременность их возвращения. Запрещается хранение автомобиля по месту жительства водителя.

Начальник изыскательского подразделения и лица, ответственные за использование транспорта, обязаны немедленно отстранять от управления автомобилем водителей, находящихся в состоянии опьянения (даже самого легкого), а также не направлять на линию водителей, находящихся в болезненном состоянии или в такой степени утомления, которая может повлиять на безопасность движения.

При перевозке людей грузовые автомобили оборудуют скамьями, закрепленными на высоте 40 см от пола кузова; заднюю скамью, а также скамьи, расположенные вдоль боковых бортов, надежно закрепляют и снабжают прочными спинками высотой не менее 30 см. Количество перевозимых людей не должно превышать: для автомобилей грузоподъемностью менее 1,5 т — 9 чел; 1,5—2 т — 16 чел; 2,5—3 т — 20 чел; 3,5—4,5 т — 24 чел. Скорость движения грузовых автомобилей при перевозке в кузове людей (независимо от их количества) не должна превышать 60 км/ч.

**Буровые работы.** Руководство буровыми работами возлагается на лиц, имеющих квалификацию горных инженеров, геологов, гидрогеологов, геофизиков и техников этих же специальностей, старших буровых мастеров. Буровой мастер во время рабочей смены является старшим в бригаде и отвечает за соблюдение правил безопасности всеми членами бригады.

Запрещается допускать посторонних лиц к месту работы бурового агрегата ближе чем на 20 м. Минимальное расстояние от вышки или мачты до различных зданий и сооружений должно быть не менее ее двойной высоты. При работе на буровой в вечернее или ночное время рабочие места (у ротора, насоса, мотора, глиномешалки и кран-блока), а также площадка перед буровой должны быть хорошо освещены. Яркость освещения рабочих мест должна быть не менее 40 лк.

При работе и передвижении автомобилей и буровых агрегатов вблизи линий электропередачи запрещается: производить буровые работы непосредственно под проводами действующих линий электропередачи любого напряжения; устраивать стоянки автомобилей и буровых агрегатов в охранной зоне воздушных линий электропередачи (см. табл. IV.2) без согласования с организацией, эксплуатирующей линию.

Работа или передвижение автомобилей и буровых агрегатов вблизи линий электропередачи допускается, если расстояние по воздуху от подвешенной или вывешенной части машины до ближайшего провода, находящегося под напряжением, будет не менее следующих величин:

Напряжение ЛЭП, кВ	до 1		1—20		35—110		150 до 330		до 500		до 880 по- стоянного тока	
	1,5	2	4	5	6	9	9	9	9	9	9	9
Расстояние, м	1,5	2	4	5	6	9	9	9	9	9	9	9

При передвижении самоходных буровых установок на участках крутых подъемов и спусков (свыше 15°) рабочим запрещается находиться на автомобиле. Подъем и спуск мачты-вышки должен осуществляться на малых оборотах и на первой скорости непосредственно буровым мастером. Остальные члены бригады при подъеме и спуске мачты должны находиться от станка на расстоянии, превышающем 1,5 высоты мачты.

При ветре в 5 баллов и более, во время грозы и гололедицы передвижка и работа самоходных агрегатов не разрешается. Открытый огонь разрешается разводить не ближе чем на расстоянии 15 м от самоходной буровой установки или от вышки мелкого бурения. Если буровая скважина выделяет горючие газы, то расстояние должно быть увеличено до 40 м.

Бурить со льда ближе 50 м от края подылью запрещается. Разводить костер или устанавливать переносную печь-временку на льду разрешается только с подсыпкой под них слоя земли (песка) толщиной не менее 15 см и не ближе 5 м от места работ под наблюдением специально выделенного лица. Под печь, кроме того, должен быть подложен лист железа.

Запрещается работать домкратами непосредственно со льда. Под домкраты необходимо подкладывать длинные брусья толщиной не менее 25—30 см.

**Горнопроходческие работы.** Место у устья выработки следует регулярно очищать от породы. Породу, выдаваемую из шурфа (ствала), во избежание падения кусков обратно складывают на расстоянии не менее 0,5 м от стенок шурфа; она не должна скапливаться в большом количестве.

При временной остановке работы устья выработки или борта канавы ограждают крепкими барьерами высотой не менее 1 м, а в населенных местностях, кроме того, плотно закрывают досками устья шурфов и дудок во избежание падений в выработки людей и домашних животных. На местах производства работ устанавливают предупредительные надписи.

В грунтах естественной влажности с ненарушенной структурой при отсутствии грунтовых вод рытье канав (траншей) с отвесными стенками разрешается без крепления на глубину не более: 1 м в песчаных (в том числе гравелистых) грунтах; 1,25 м в супесях; 1,5 м в суглинках, глинах и сухих лёссовидных грунтах; 2 м в особо плотных нескальных грунтах (плотность которых характеризуется при ручной разработке необходимостью применения ломов, кирок и клиньев). Ступенчатые канавы разрешается проходить без крепления в плотных устойчивых породах на глубину до 6 м, причем ширина берм должна быть не менее 0,5 м.

Шурфы, закладываемые при грунтово-геологическом обследовании трассы на глубину 1,5—2 м, допускается не крепить; в этом случае грунт выбирают уступами (ступеньками), начиная с глубины 0,75—1,0 м от устья. При глубине шурфа свыше 10 м необходимо устройство звукового сигнала.

Для спуска и подъема людей и груза в выработках допускаются канаты, отвечающие по качеству и конструкции стандартам, установленным на подъемные рудничные канаты. Подъемные канаты должны иметь запас прочности не менее чем 6,5—7,5-кратный.

При неустойчивых породах (грунтах) и значительном боковом давлении крепление должно быть сплошным, венцовым. Крепление устраивают непосредственно возле забоя, поголок и стенки выработок забирают затяжками. Для срубного крепления в неустойчивых или малоустойчивых породах и породах средней устойчивости применяют круглый лес или пластины. Для крепления на балках применяют круглый лес толщиной от 10 до 16 см. Длина пальцев основных венцов крепи должна быть не менее 30 см. Длина балок должна быть до 1 м, а шипы должны иметь высоту не менее 30 мм, причем гнезда делают на 5—10 мм глубже высоты шипов. Расстояние между основными венцами при срубной (венцовой) крепи принимают 2—4 м, а при креплении на балках 4—10 м. При креплении на балках венцы расшивают обрезными досками с интервалами не более 20 см.

При проходе шурфов круглого сечения в рыхлых породах разрешается крепление переносной цилиндрической крепью. Для подъема и спуска крепи используют трос диаметром не менее 12 мм. Для предохранения забойщика от падающих в шурф кусков породы через каждые 3 м в шурфе на стыке двух каркасов устраивают предохранительные полки из досок толщиной не менее 50 мм. Подъем ручным воротом допускается в шурфах глубиной не более 30 м.

Пеньковые канаты разрешается применять в выработках глубиной не более 20 м. Напряжение на разрыв пеньковых канатов должно быть не менее 600 кгс/см<sup>2</sup>.

**Геофизические работы.** Персонал электроразведочного отряда должен быть обеспечен необходимыми защитными средствами, в том числе диэлектрическими перчатками и диэлектрической обувью. Защитные (изолирующие) средства необходимо подвергать периодической проверке в отношении их пригодности для работы с электрическим током, напряжение которого превышает 36 В. При электрометрических измерениях с напряжением свыше 100 В необходимо наличие около питающих электродов по двое рабочих, чтобы они могли оказать помощь друг другу в случае травмирования электрическим током.

При пересечении грунтовых дорог провод закапывают в землю, а при пересечении дорог с твердым покрытием, провод подвешивают на шестах высотой не менее 4 м с выставлением предупредительных знаков.

В местах сближения с высоковольтными линиями электропередачи разное электроразведочной линии следует осуществлять не вдоль, а поперек ВВЛ, прокладывая провода от ВВЛ не ближе двойной высоты опор ЛЭП. Не допускается выполнять измерения под существующими высоковольтными линиями электропередачи.

Электроразведочная аппаратура может находиться под напряжением, не превышающем 300—400 В. Питающая линия и ее соединения должны иметь исправную и надежную изоляцию, препятствующую утечке тока. Сопротивление изоляции должно быть не менее 600 МОм на 1 км линии. При проверке питающей линии на утечку тока запрещается пользоваться напряжением свыше 100 В в сырую погоду и свыше 300 В в сухую погоду.

## Глава V

### АЭРОИЗЫСКАНИЯ И СТЕРЕОТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### § V.1. ВИДЫ АЭРОИЗЫСКАНИЙ

Аэроизыскания являются составной частью проектирования дорог. Современные аэроизыскания дорог так же, как и наземные, разделяются на проблемные, подробные и предпроектные. Проблемные производятся для составления технико-экономических обоснований (ТЭО), подробные — для составления технико-рабочих проектов, а по результатам предпроектных аэроизысканий переносят проект сооружения в натуру.



При одностадийном проектировании содержание всех аэроизысканий составляет единый процесс, по результатам которого составляют техно-рабочие проекты.

Аэроизыскания дорог состоят из аэро съемочных, аэрогеодезических, аэрогеологических, аэрогидрологических и ряда специальных инженерных работ на аэроснимках. С помощью аэро съемков получают изображение местности с воздуха. Аэрогеодезические работы преобразуют изображения местности аэроснимков в аэрофототопографические планы и карты или в стереоскопические, геометрические и математические модели местности; с помощью этих работ производится сбор всей исходной топографической информации о местности и выполняется проектирование дороги и ее инженерных сооружений. В процессе аэрогеологических работ по аэроснимкам устанавливают геологические, почвенно-грунтовые и гидрогеологические условия местности, элементы залегания горных пород, места размещения месторождений строительных материалов. При аэрогидрологических работах по аэроснимкам определяют основные характеристики и условия движения воды и льда на реках и в водосборных бассейнах, особенности перемещения речных наносов, образования островов, рукавов и стариц, влияние этих явлений на размещение проектируемых водопропускных сооружений и условия строительства дороги.

В процессе аэроизысканий автомобильных дорог устанавливают топографические, геологические и гидрологические условия местности; ведут пространственное трассирование вариантов дороги; определяют размеры линий, углов, превышений, уклонов и основных элементов кривых. По всем основным вариантам трассы разбивают пикетаж, нивелируют трассу и поперечники; ведут аэрофототопографические съемки отдельных участков местности; производят детальную укладку трассы дороги; изображают в объемном виде в пространстве стереоскопической или математической модели местности отдельные проектные решения, устанавливают границы и площади водосборных бассейнов, уклоны и протяженность тальвегов, условия стока по бассейну талых и ливневых вод; состояние водоотвода.

В современных аэроизысканиях автомобильных дорог используются поточные комплексно-механизированные системы, специальные работы по дешифрированию аэроснимков, радиогеодезическим и стереофотограмметрическим измерениям с автоматизированной записью их результатов на перфоленты или магнитные ленты, аналитические определения на ЭВМ и автоматизированные построения на графопостроителях с программным управлением.

## § 5.2 ВОЗДУШНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Воздушные обследования выполняют в сложных условиях для ознакомления с местностью района изысканий, трассирования возможных направлений дороги, определения или уточнения топографических, геологических и гидрологических характеристик местности, дешифрирования аэроснимков, оценки возможных вариантов трассы с выбором основных конкурирующих, оценки возникших принципиальных инженерных решений, определения границ и параметров специальных аэрофотосъемочных работ и приемки выполненных проектно-изыскательских работ. Их ведет на специально оборудованных вертолетах или самолетах группа опытных инженеров-изыскателей постоянного состава. Воздушные обследования сопровождаются выборочными аэро съемочными и кино съемочными работами. Работы выполняют после получения разрешения на их производство в Гостеонадзоре ГУТК при Совете Министров СССР.

Руководство полетом над районом изысканий обычно сосредотачивается у главного инженера проекта или специально выделенного руководителя воздушной группы. В процессе каждого полета он задает направление, скорость и высоту полета, уточняет положение трассы, следит за ходом работ, выполняемых отдельными участниками изыскательской группы. Объем и режим полетов при воздушных обследованиях устанавливают с учетом характера и содержания проектно-изыскательских работ, сложности местности и условий трассирования.

Воздушные обследования производят с учетом результатов камерального трассирования возможных направлений дороги по топографической карте и аэроснимкам прошлых лет. При обследованиях района изысканий в первую очередь устанавливают положение контрольных точек, через которые неизбежно должна пройти дорога, и находят полосу местности, в пределах которой целесообразно расположить возможные варианты трассы.

Назначение возможных и отбор конкурирующих направлений трассы выполняют по результатам инженерно-строительной оценки местности с воздуха.

В сложных условиях вдоль основных направлений назначают несколько полетов. При этом для каждого последующего полета над одним и тем же участком местности высота полета назначается меньше высоты предыдущего полета. Целесообразной высотой полета в начале воздушных обследований будет та, с которой постоянно виден ближайший контрольный пункт трассирования, расположенный впереди движения вертолета и при которой обеспечен широкий обзор полосы местности в пределах возможного положения трассы.

При обследовании основных вариантов дороги полосы местности, в пределах которой находится трасса, должна быть освещена солнцем и размещаться впереди или сбоку в непосредственной близости от линии движения вертолета или самолета. Положение назначаемых с воздуха вариантов трассы фиксируют на карте, аэроснимках или фотосхемах с указанием важных для трассирования характеристик и особенностей местности.

Объекты и элементы местности с воздуха определяют по характерным признакам их опознания. Общие топографические, геологические и гидрологические условия устанавливают по картам и при дешифрировании имеющихся аэрофотосъемочных материалов.

Для детального осмотра отдельных особенностей местности, выполнения наземных геофизических определений и взятия образцов грунта и горных пород в труднодоступной местности производятся посадки вертолета с высадкой из него членов изыскательской группы вблизи участков таких наземных работ.

В процессе воздушных обследований следует избегать повторных работ, ранее выполненных по картам и аэроснимкам съемок прошлых лет. Результаты воздушных обследований следует фиксировать лаконичной записью на магнитную ленту или условными знаками на топографическую карту или аэроснимки. Запись на магнитофоне должна быть привязана к определенным объектам местности, указанным на карте или аэроснимках. Значительная часть сведений о местности может быть также зафиксирована с помощью киносъемки и перспективной фотосъемки местности. Кроме этого, в полете полезно использовать спектрографы для снятия спектрограмм с отдельных характерных участков местности и приборы, определяющие интенсивность тепловых (инфракрасных) излучений от отдельных объектов и элементов местности. При необходимости выполнения в процессе воздушных обследований приближенных съемок продольных или поперечных профилей отдельных участков горных хребтов, речных долин или крупных суходолов, находящихся в районе изысканий, вдоль них совершают аэрофотосъемочные полеты на заданной высоте с записью показаний радиовысотомера и стотоскопа или автоматизированным вычерчиванием аэрадионивелирных профилей таких линий профилографами.

Стоимость воздушных обследований близка к 2% стоимости рекогносцировочных изысканий дорог и 1% стоимости подробных изысканий.

## § 5.3 АЭРО СЪЕМКА

При аэроизысканиях автомобильных дорог используются аэроснимки специальных аэро съемок и материалы аэро съемок прошлых лет различных ведомств. Границы аэро съемочных работ определяют по результатам предварительного трассирования проектируемой дороги по имеющейся топографической карте, по стереомодели и фотосхемам аэро съемок прошлых лет или по данным воздушных обследований. Специальные аэро съемочные работы выполняют отряды гражданской авиации СССР по договорам с проектными организациями. Разрешение на производство специальных аэро съемок проектная организация за-

Рекомендуемые параметры аэрофотосъемочных работ при дорожных аэроизысканиях

Параметры	Условия местности	Техно-рабочий проект			Детальное проектирование сооружений
		для трассирования	для работ вдоль трассы	для топографической съемки сложных мест трассы	
Масштаб фотографирования: основной аэросъемки дублирующей аэросъемки	Средние	1:20 000—1:12 000	1:10 000—1:5 000	1:5 000—1:2 000	1:3 000—1:1 000
	Сложные	1:25 000—1:17 000	1:15 000—1:7 000	1:5 000—1:2 000	1:4 000—1:2 000
Фокусное расстояние аэрофотоаппарата, мм: основного дублирующего	Средние	56—70	56—100	56—100	70—200
	Сложные	70—100	70—200	70—200	100—350
Высота фотографирования, м	Средние	100—200	100—200	100—200	—
	Сложные	200—350	200—350	200—350	—
Взаимное перекрытие аэроснимков основных маршрутов, %: продольное поперечное	Средние	1 000—700	1 000—500	500—200	500—200
	Сложные	2 000—1 000	2 500—500	1 000—300	700—200
База фотографирования, м: основной съемки дублирующей съемки	Любые	60	60	60	60
	>	60—10	60—10	60—10	60—30
	>	80—90	80—90	80—90	—
	Средние	1 500—900	700—350	350—150	250—70
	Сложные	1 800—1 200	1 000—500	350—150	300—150
	Средние	700—350	200—150	150—50	—
	Сложные	900—350	350—200	150—70	—

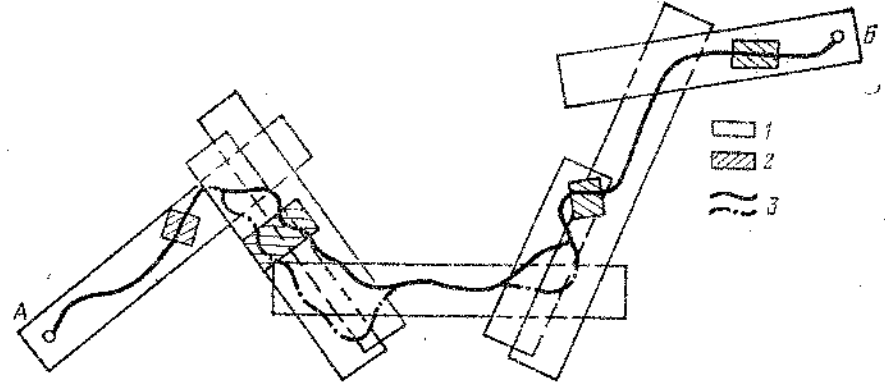


Рис. V.1. Маршрутная аэросъемка:

1 — маршруты аэрофотосъемки; 2 — участки аэрофотосъемки сложных мест трассы; 3 — варианты трассы

благорезультатно получает в ГУГК при Совете Министров СССР. Материалы аэросъемок прошлых лет изготавливают владельцы этих материалов после получения проектной организацией разрешения на передачу ей этих материалов через отделение Госгеонадзора ГУГК при Совете Министров СССР.

Основные параметры аэросъемочных работ определяются стадией проектирования, условиями местности, видом и технологией аэроизыскательских работ (табл. V.1). При этом результаты аэросъемки могут быть получены не только в виде аэрофотоснимков (аэроснимков), но и в виде электрографических изображений или электрических сигналов, записанных на магнитную пленку. При изысканиях автомобильных дорог используют плановую кадровую маршрутную аэрофотосъемку в виде отдельных прямых одиночных, двойных или строенных маршрутов, соединенных между собой в продольном направлении под некоторым углом в виде ломаной полосы и в поперечном направлении, проложенных параллельно друг другу (рис. V.1).

На участках мостовых переходов и отдельных участках сложного развития трассы выполняют многомаршрутную плановую кадровую аэрофотосъемку (рис. V.2).

Перспективная кадровая аэрофотосъемка используется в процессе воздушных обследований района изысканий и при воздушном дешифрировании аэроснимков. В процессе воздушных обследований аэрофотосъемка выполняется для оценки эффективности расположения отдельных вариантов трассы и характеристики размещения земляного полотна в сложных условиях местности, а при дешифрировании — для выявления некоторых особенностей геологического строения, степени распространения и активности того или иного геологического явления, для оценки устойчивости отдельных участков местности, занятых карстом, оползнем, осыпью и т. д.

Аэросъемку выполняют с гиростабилизированной установкой специальными аэрофотоаппаратами при одновременном снятии показаний радиовысотомера и статоскопа. По показаниям радиовысотомера устанавливают высоты фотографирования аэроснимков, а по показаниям статоскопа — колебания в высотах полета самолета. Летно-съемочные работы выполняют на самолетах или вертолетах при полном отсутствии облачности или, наоборот, при сплошной, но достаточно высокой облачности.

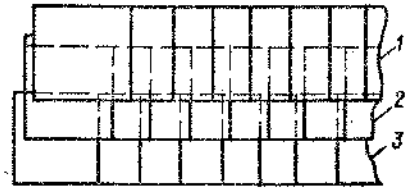


Рис. V.2. Многомаршрутная аэросъемка:

1—3 — номера маршрутов

В залесенной местности аэрофото съемку рекомендуется выполнять весной до появления на деревьях листвы или осенью после спада ее. При аэро съемке используется панхроматическая фото пленка. Для специального дешифрования аэроснимков иногда применяется ортохроматическая, инфрахроматическая или цветная спектральнозональная и цветная трехслойная пленки. В условиях атмосферной дымки применяют специальные светофильтры. Иногда светофильтры используют для выделения отдельных объектов местности или их характеристик среди других, обладающих теми же чертами изображения.

Аэрофото съемка производится при 60%-ном продольном и 20—60%-ном поперечном взаимных перекрытиях аэроснимков.

Масштаб аэро съемки  $i$  :  $m$  определяется по формуле

$$\frac{i}{m} = \frac{f_k}{H_0} \quad (V.1)$$

где  $f_k$  — фокусное расстояние аэрофотоаппарата;  $H_0$  — высота фотографирования над средней плоскостью зоны трассирования.

При значительных колебаниях высот в зоне трассирования аэро съемка производится в заданном масштабе с нескольких абсолютных высот. Пределы колебания масштаба в зоне трассирования указывают в задании на аэро съемку.

На каждой стадии проектирования дорог аэро съемку выполняют в двух-трех масштабах. Аэро съемки в каждой последующей стадии проектирования по масштабу должны быть в 2—4 раза крупнее, чем выполненные на предыдущей стадии проектирования. В сложных условиях местности при изысканиях автомобильных дорог может быть рекомендована одновременная аэро съемка двумя аэрофотоаппаратами в двух разных масштабах. Аэроснимки более мелкого масштаба предназначаются для трассирования по стереомодели местности, фотограмметрического планово-высотного обоснования аэроснимков, для съемки водоемных бассейнов, фотограмметрического инвентаризации трассы и рисовки рельефа, а аэроснимки более крупного масштаба (в 2—3 раза крупнее первого) — для дешифрования, более детальных фотограмметрических измерений трассы в плане и для решения отдельных инженерных проектно-изыскательских задач.

В залесенной и заболоченной местности фотографирование дублирующим аэрофотоаппаратом в более крупном масштабе целесообразно выполнять на цветную спектральнозональную аэро пленку. Аэро съемку сложных участков трассирования (мостовых переходов, косогоров с серпантинным развитием трассы и т. д.) выполняют в более крупных масштабах, чем основной трассы. На некоторых мостовых переходах специальные аэро съемки рекомендуется производить для установления условий ледохода и лаводков, определения характера перемещения русла, для стереофотограмметрического или для фотометрического определения живых сечений и характерного распределения русловых наносов в подводной части ложа реки и т. д. Для выявления лавноопасных и снеготаносимых участков местности рекомендуется назначать специальную аэрофото съемку сразу после схода с них основного снежного покрова. При реконструкции дорог и инвентаризации существующих дорог крупномасштабную аэро съемку целесообразно выполнять с захватом как полосы отвода, так и всех участков предстоящих дорожно-строительных работ.

В целях создания воздушного планово-высотного обоснования в период ведения аэро съемочных работ рекомендуется прокладывать дополнительные поперечные каркасные аэро съемочные маршруты по масштабу в 2—3 раза крупнее основных с 80—90%-ным продольным перекрытием аэроснимков.

Стоимость аэро съемочных работ примерно равна 12% стоимости реконструктивных изысканий и близка к 6% стоимости подробных изысканий дорог.

В результате аэро съемочных работ проектная организация получает следующие материалы: аэрофотофильмы и диапозитивы, контактные отпечатки (аэроснимки) в заданном количестве экземпляров (обычно в трех-четыре), репродукция наглядных монтажей всех залетов, фото пленки с показаниями радиовысотомера и статоскопа, паспорта залетов с оценкой качества выполненных работ и выписки из паспортов аэрофотоаппаратов, радиовысотомера и статоскопа.

Контактные отпечатки (аэроснимки) для дешифрования, составления фото схем и проектных работ изготавливают на глянцевого фотобумаге, а для рисовки рельефа — на матовой. Для точных фотограмметрических работ используют негативы или диапозитивы.

Аэрофото съемочные работы при изысканиях дорог должны удовлетворять следующим техническим требованиям: искажения фотоизображений негативов и диапозитивов, вызванные неравномерной деформацией и недостаточным выравниванием аэро пленки в плоскость при фотографировании, не должны превышать  $\pm 0.10$  мм; взаимное продольное перекрытие аэроснимков не должно быть менее 56%, поперечное — меньше 56 или 15% (для аэроснимков, полученных дублирующими аэрофотоаппаратами — меньше 10%); углы наклонов аэроснимков не должны превышать  $3^\circ$  (для аэроснимков, снятых с гиросtabilизирующих установок —  $1^\circ$ ); высота фотографирования снимков относительно заданной плоскости не должны отличаться больше чем на 70 м, а в пределах каждого маршрута — больше чем на 50 м; систематическая непараллельность сторон аэроснимка базису фотографирования не должна превышать  $5^\circ$ ; смещение маршрута в сторону от заданного положения не должно превышать 5% от ширины маршрута; непрямолинейность маршрутов должна быть не более 3%; все аэроснимки должны иметь четкие показания радиовысотомера и статоскопа; смежные аэрофото съемочные маршруты в продольном направлении должны иметь между собой перекрытия не менее чем на одну стереопару; фотограмметрическое качество аэро негативов должно обеспечивать интервал плотностей не более 1,3 и не менее 0,5 при наибольшей плотности не менее 1,0 и не более 1,8. Вуаль должна быть не более 0,3, а преработка деталей должна обеспечивать фотограмметрические измерения и дешифрование аэроснимков; на контактных отпечатках должны быть отображены все детали, имеющиеся на негативах, а контраст, плотность и резкость изображений — соответствовать норме; негативы и аэроснимки не должны иметь изображений облаков, их теней, царапин, пятен, изломов и других дефектов, препятствующих фотограмметрическим измерениям и дешифрованию снимков.

Кроме специальных аэро съемок, в процессе инженерных изысканий следует широко использовать уже готовую продукцию аэро съемок прошлых лет. Материалы аэро съемок прошлых лет рекомендуется получать в следующем виде: диапозитивы или их копии; аэроснимки (контактные отпечатки); копии аэроснимков с опознаками полевого планово-высотного обоснования и с точками сгущения этого обоснования; каталоги координат и высот таких точек в любой условной системе; копии эталонных аэроснимков дешифрования; аэроснимки с результатами дешифрования; копии таблиц определения высот фотографирования и колебаний в высотах полета или копии с фото пленок, имеющих показания радиовысотомера и статоскопа; выписки из паспортов залетов и аттестатов аэрофотоаппаратов, радиовысотомера и статоскопа.

Все материалы должны охватывать территорию зоны размещения конкурирующих вариантов трассы.

### § V.4. АЭРОСНИМКИ

Изображение точек местности на аэроснимках строится по законам центральной проекции (рис. V.3). Однако оно искажается под влиянием дисторсии объектива фотокамеры, деформациями фотоматериалов, погрешностями выравнивания фото пленки в плоскость, атмосферной рефракцией и др. Часть таких искажений может быть учтена при фотограмметрических работах.

Различают аэроснимки горизонтальные при углах наклона их к горизонту  $\alpha = 0$ , плановые при  $\alpha < 3^\circ$  и перспективные при  $\alpha > 3^\circ$ .

При преобразовании изображений на аэроснимках используют основные элементы центральной проекции (рис. V.4). К ним относятся:  $T$  — предметная горизонтальная плоскость местности;  $p$  — картинная плоскость аэроснимка;  $W$  — главный вертикаль;  $S$  — центр проекции (оптический центр объектива аэрофотоаппарата);  $G$  — горизонтальная плоскость, проведенная через центр проекции;  $O$  — главная точка;  $n$  — точка надира;  $e$  — точка нулевых искажений;

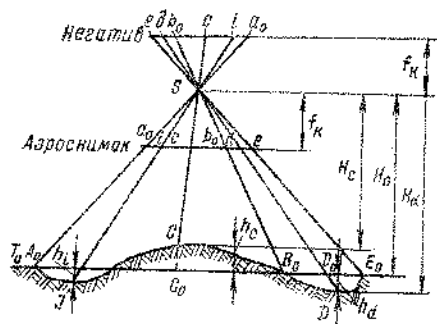


Рис. V.3. Построение изображения на аэроснимке

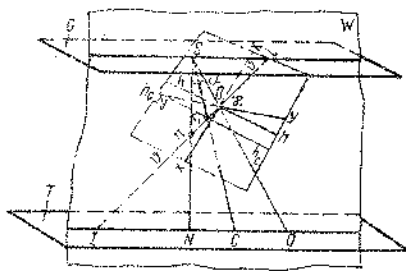


Рис. V.4. Основные элементы центральной проекции аэроснимка

$i$  — точка схода;  $xx$  — ось абсцисс;  $yy$  — ось ординат;  $oo$  — главная вертикаль;  $hh$  — главная горизонталь;  $h_c h_c$  — линия неискаженных масштабов. Масштабы изображений точек на аэроснимках (см. рис. V.3) определяют по формуле

$$\frac{1}{m_i} = \frac{f_K}{H_0 - h_i} \quad (V.2)$$

где  $f_K$  — фокусные расстояния аэрофотоаппарата;  $H_0$  — высота фотографирования над исходной точкой;  $h_i$  — превышение определяемой точки над исходной.

Смещения на аэроснимке изображений точек относительно их ортогональных проекций под влиянием рельефа местности находят по формуле

$$\delta h_i = \frac{r_i h_i}{H_0} \quad (V.3)$$

где  $r_i$  — расстояние по центральному направлению от точки надвора до определяемой.

При правильном выборе положения исходной плоскости в зоне размещения проектируемых инженерных сооружений величины смещений изображений точек на аэроснимках, вызванные рельефом даже в горной местности, оказываются небольшими, так как имеют ограниченные колебания высот в пределах данной зоны.

Смещения на аэроснимке изображений точек относительно их ортогональных проекций под влиянием углов наклона аэроснимков находят по формуле

$$\delta a_i = - \frac{r_i^2 \sin \alpha \sin \varphi}{f_K} \quad (V.4)$$

где  $\alpha$  — угол наклона аэроснимка;  $\varphi$  — угол при точке нулевых искажений между горизонталью и направлением на определяемую точку;  $r_i$  — расстояние от данной точки до точки нулевых искажений.

Для аэроснимков с хорошей гиостабилизацией фотоаппарата ( $\alpha_{\max} = 20'$ ) смещения изображений точек в плане, вызванные углами наклона снимков, ограничены графической точностью измерений, и поэтому ими в ряде определений можно пренебрегать.

Смещения изображений точек в плане, вызванные углами наклона снимков, устраняются трансформированием аэроснимков (см. § V.5).

Искажения отдельных направлений линий на аэроснимках, вызванные рельефом местности, определяют по формуле

$$\delta \psi_h = - \rho \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{d f_K} \quad (V.5)$$

где  $i$  — уклон линии на местности;  $\rho$  — число минут в радиане;  $d$  — расстояние между конечными точками линии;  $x_1, y_1, x_2, y_2$  — координаты крайних точек линии на аэроснимке.

Центральные направления на аэроснимках имеют наименьшие искажения.

Положения связок проектирующих лучей в пространстве в момент аэросъемки определяется элементами ориентирования аэроснимков. Элементы внутреннего ориентирования устанавливают положение лучка проектирующих лучей в аэрофотоаппарате. К ним относятся фокусное расстояние аэрофотоаппарата  $f_K$  и координаты главной точки аэроснимка  $x_0$  и  $y_0$ . Элементы внешнего ориентирования аэроснимка определяют пространственное положение связки проектирующих лучей или положение аэрофотоаппарата относительно системы координат снимаемой местности  $X, Y$  и  $Z$  (рис. V.5). Таких элементов шесть: пространственные координаты центров проектирования каждого снимка  $X_S, Y_S$  и  $Z_S$ , продольный  $\alpha_s$  и поперечный  $\omega$  углы наклона аэроснимка к горизонту и угол между главной вертикалью и осью абсцисс аэроснимка  $x$ .

Элементы взаимного ориентирования аэроснимков определяют пространственное взаимное положение двух аэроснимков. Применяются две системы элементов взаимного ориентирования. В первой системе (рис. V.6 а) элементы взаимного ориентирования устанавливают по расположению аэроснимков относительно базиса фотографирования.

Они представлены взаимными продольными углами наклона аэроснимков относительно нормали к базису  $\alpha'_1$  и  $\alpha'_2$ , измеряемыми в главных базисных плоскостях, взаимным поперечным углом наклона главных базисных плоскостей  $\omega'_2$  и углами поворота аэроснимков  $x'_1$  и  $x'_2$ . Во второй системе (рис. V.6 б) элементы взаимного ориентирования определяют взаимное расположение правого аэроснимка относительно левого. К ним относятся взаимные продольные углы наклона аэроснимков

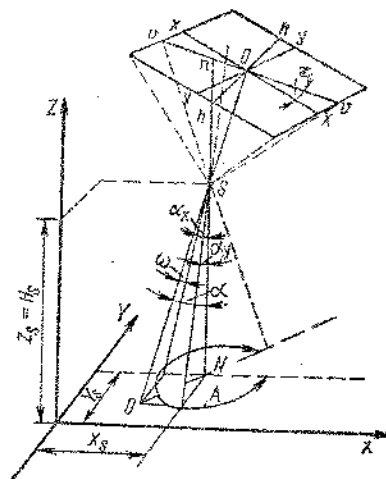


Рис. V.5. Элементы внешнего ориентирования аэроснимков

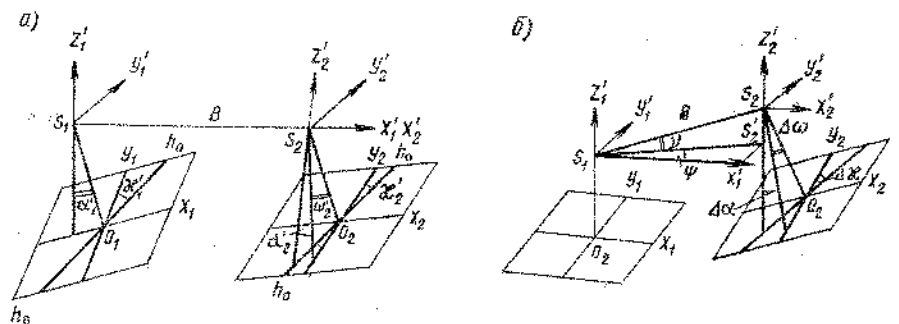


Рис. V.6. Элементы взаимного ориентирования аэроснимков

$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ , взаимные поперечные углы наклона аэроснимков  $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ , взаимные углы разворота аэроснимков  $\Delta\kappa = \kappa_2 - \kappa_1$ , дирекционные углы базисов фотографирования  $\psi$ , образованные отвесной базисной плоскостью и плоскостью координат  $XZ$ , и углы наклона базисов фотографирования  $B$  к горизонту  $\nu$ . При использовании элементов взаимного ориентирования элементы внешнего ориентирования пары аэроснимков будут представлены следующими величинами:

$$X_S, Y_S, Z_S, \alpha, \omega, \kappa, B, \alpha_1, \alpha_2, \omega_1, \omega_2, \kappa_1, \kappa_2$$

или  $X_{S_1}, Y_{S_1}, Z_{S_1}, \alpha, \omega, \kappa, B, \Delta\alpha, \Delta\omega, \Delta\kappa, \psi, \nu$ .

Элементы взаимного ориентирования обычно определяют на ЭВМ, решая нормальное уравнение взаимного ориентирования аэроснимков:

$$\frac{x_1 y_2}{f} a_1 - \frac{x_2 y_1}{f} a_2 + x_1 \kappa_1 - x_2 \kappa_2 - \left( f + \frac{y_1 y_2}{f} \right) \omega_2 + q = 0$$

или  $\rho\psi + \frac{\rho y}{f} \nu + \frac{x_2 y_1}{f} \Delta\alpha + x_2 \Delta\kappa + \left( f + \frac{y_1 y_2}{f} \right) \Delta\omega - q = 0$ ,

где  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$  — координаты точек в системах левого и правого аэроснимков;  $\rho$  — продольные параллаксы точек ( $\rho = x_1 - x_2$ );  $q$  — поперечные параллаксы точек ( $q = y_1 - y_2$ );  $f$  — фокусное расстояние аэрофотокамеры. Координаты и параллаксы связующих точек аэроснимков для таких работ следует измерять на высокоточных стереоскопаторах с автоматической записью результатов измерений на перфоленге, перфокартах или магнитной ленте.

В равнинной местности элементы взаимного ориентирования аэроснимков можно находить по упрощенным формулам с пониженной точностью при стандартном расположении связующих точек (рис. V.7):

$$a_1' = \frac{f_K \rho}{2b y_c} (q_3 - q_4); \quad a_2' = \frac{f_K \rho}{2b y_c} (q_5 - q_6);$$

$$\omega_2' = \frac{f_K \rho}{4y_c^2} (q_3 + q_4 + q_5 + q_6 - 2q_1 - 2q_2);$$

$$x_1' = \frac{f_K}{b} \omega_2' - \frac{q_2 \rho}{b}; \quad x_2' = \frac{f_K}{b} \omega_2' - \frac{q_1 \rho}{b};$$

где  $q_i$  — поперечные параллаксы стандартных точек;  $y_c$  — стандартная ордината связующих точек аэроснимков;  $b$  — базис фотографирования в масштабе аэроснимка;  $\rho$  — число минут в радиане.

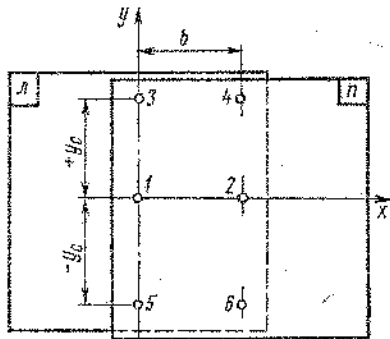


Рис. V.7. Стандартное расположение связующих точек стереопары

При обработке аэроснимков выделяют идеальный и нормальный случаи аэросъемки. Идеальным случаем аэросъемки называют такой, при котором аэроснимки горизонтальны и сняты с одной и той же высоты. При нормальном случае оси абсцисс аэроснимков параллельны, а главные лучи перпендикулярны базису фотографирования.

При идеальном случае аэросъемки угловые элементы внешнего ориентирования и элементы взаимного ориентирования аэроснимков равны нулю, при нормальном случае аэросъемки элементы взаимного ориентирования стереопары равны нулю, хотя угловые элементы внешнего ориентирования имеют некоторые значения.

Равенству нулю элементов взаимного ориентирования аэроснимков соответствует равенство ординат изображений одних и тех же точек на смежных аэроснимках или равенство нулю поперечных параллаксов  $q_i = y_{1i} - y_{2i}$  для всех точек стереопары. Последнее свойство используется для контроля вычислений элементов взаимного ориентирования аэроснимков и при взаимном ориентировании аэроснимков на стереофотограмметрических приборах.

Приведение координат точек наклонного аэроснимка  $x$  и  $y$  к координатам горизонтального аэроснимка  $x^0, y^0$  выполняют по формулам:

$$x^0 = -f_K \frac{a_1(x-x_0) + a_2(y-y_0) - a_3 f_K}{c_1(x-x_0) + c_2(y-y_0) - c_3 f_K}; \quad (V.6)$$

$$y^0 = -f_K \frac{b_1(x-x_0) + b_2(y-y_0) - b_3 f_K}{c_1(x-x_0) + c_2(y-y_0) - c_3 f_K}; \quad (V.7)$$

где  $x_0$  и  $y_0$  — координаты главной точки наклонного аэроснимка;  $a_i, b_i, c_i$  — направляющие косинусы угловых элементов внешнего ориентирования аэроснимка ( $\alpha, \omega, \kappa$ ):

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \cos \alpha \cos \kappa - \sin \alpha \sin \omega \sin \kappa; \\ a_2 &= -\cos \alpha \sin \kappa - \sin \alpha \sin \omega \cos \kappa; \\ a_3 &= -\sin \alpha \cos \omega; \\ b_1 &= \cos \omega \sin \kappa; \quad b_2 = \cos \omega \cos \kappa; \quad b_3 = -\sin \omega; \\ c_1 &= \sin \alpha \cos \kappa + \cos \alpha \sin \omega \sin \kappa; \\ c_2 &= -\sin \alpha \sin \kappa + \cos \alpha \sin \omega \cos \kappa; \\ c_3 &= \cos \alpha \cos \omega. \end{aligned} \right\} \quad (V.8)$$

Для плановых аэроснимков направляющие косинусы можно выразить непосредственно через угловые элементы внешнего ориентирования снимков:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= 1 - \frac{1}{2} \alpha^2 - \frac{1}{2} \kappa^2; \quad a_2 = -\kappa - \alpha\omega; \quad a_3 = -\alpha; \\ b_1 &= \kappa; \quad b_2 = 1 - \frac{1}{2} \omega^2 - \frac{1}{2} \kappa^2; \quad b_3 = -\omega; \\ c_1 &= \alpha + \omega\kappa; \quad c_2 = \omega - \alpha\kappa; \quad c_3 = 1 - \frac{1}{2} \alpha^2 - \frac{1}{2} \omega^2. \end{aligned} \right\} \quad (V.9)$$

Для плановых аэроснимков при координатах их главных точек, равных нулю ( $x_0 = y_0 = 0$ ), координаты точек горизонтального аэроснимка определяют по формулам:

$$\begin{aligned} x^0 &= x + \left( f_K + \frac{x^2}{f_K} \right) \alpha + \frac{xy}{f_K} \omega - y\kappa + x \left( 1 + \frac{x^2}{f_K^2} \right) \alpha^2 + x \left( \frac{1}{2} + \frac{y^2}{f_K^2} \right) \omega^2 - \\ &\quad - \frac{1}{2} x\kappa^2 + 2 \frac{x^2}{f_K^2} \alpha\omega - 2 \frac{xy}{f_K} \alpha\kappa + \frac{x^2 - y^2}{f_K} \omega\kappa. \end{aligned} \quad (V.10)$$

$$\begin{aligned} y^0 &= y + \frac{xy}{f_K} \alpha + \left( f_K + \frac{y^2}{f_K} \right) \omega + x\kappa + y \left( \frac{1}{2} + \frac{x^2}{f_K^2} \right) \alpha^2 + y \left( 1 + \frac{y^2}{f_K^2} \right) \omega^2 - \\ &\quad - \frac{1}{2} y\kappa^2 + x \left( 1 + \frac{2y^2}{f_K^2} \right) \alpha\omega + \frac{x^2 - y^2}{f_K} \alpha\kappa + 2 \frac{xy}{f_K} \omega\kappa. \end{aligned} \quad (V.11)$$

Зависимости между координатами точки местности  $X, Y, Z$  и координатами ее изображений на аэроснимках  $x$  и  $y$  представлены формулами:

$$X - X_S = (Z - Z_S) \frac{a_1(x - x_0) + a_2(y - y_0) - a_3 f_k}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3 f_k}; \quad (V.12)$$

$$Y - Y_S = (Z - Z_S) \frac{b_1(x - x_0) + b_2(y - y_0) - b_3 f_k}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3 f_k} \quad (V.13)$$

или

$$x - x_0 = -f_k \frac{a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)}; \quad (V.14)$$

$$y - y_0 = -f_k \frac{a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)}, \quad (V.15)$$

где  $X_S, Y_S, Z_S$  — координаты центра проектирования аэроснимков.

#### § 5.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И СТЕРЕОСКОПИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Стереоскопическая модель — пространственное изображение поверхности земли, образующееся при стереоскопическом наблюдении взаимно перекрывающихся частей двух смежных, соответствующим образом ориентированных между собой аэроснимков стереопары.

В отличие от стереоскопической модели поверхность пересечения пар одноименных проектирующих лучей, проходящих через центры проектирования снимков и через соответствующие им изображения одних и тех же точек местности, расположенных на паре смежных аэроснимков, называется геометрической моделью местности.

Геометрическую и стереоскопическую модели часто объединяют под общим названием — стереомодель местности.

Процесс восприятия пространственного изображения при рассмотрении стереомодели называется стереоскопическим эффектом. Для создания прямого стереоэффекта взаимно перекрывающиеся части пары аэроснимков рассматривают двумя глазами в стереоскоп. При этом аэроснимки под стереоскопом устанавливают так, чтобы левый снимок стереопары приходился против левого глаза, правый — против правого глаза, а все одноименные точки снимков располагались по линиям, параллельным главному базису.

Если поменять аэроснимки под стереоскопом местами (правый снимок установить на место левого, а левый на место правого), то можно наблюдать стереомодель при максимальном обратном стереоэффекте. При прямом стереоэффекте пространственное изображение соответствует обычному виду местности, а при обратном все выпуклые формы земной поверхности становятся подобными им вогнутыми формами. Обычно все виды аэроизыскательских работ выполняются при максимальном прямом стереоэффекте.

Наблюдение стереомодели ведут с помощью зеркальных и линзозеркальных стереоскопов или в бинокляры стереофотограмметрических приборов.

Горизонтальный масштаб стереоскопической модели местности  $\frac{1}{m_c}$  устанавливается по величине ее базиса  $b_c$  и базиса фотографирования  $B$ . Он равен отношению

$$\frac{1}{m_c} = \frac{b_c}{B} \quad (V.16)$$

У стереомодели местности обычно вертикальный масштаб  $\frac{1}{m_v}$  отличается от горизонтального  $\frac{1}{m_c}$  на некоторую величину:

$$\vartheta_v = \frac{m_c}{m_v} = \frac{d_r}{f_k}, \quad (V.17)$$

где  $d_r$  — расстояние наилучшего зрения глаз наблюдателя (равно 250 мм);

$f_k$  — фокусное расстояние аэрофотоаппарата.

Различное соотношение горизонтального и вертикального масштабов деформирует стереомодель, придает ей разную выпуклость. Степень деформации поверхности стереомодели зависит от фокусного расстояния аэрофотоаппарата  $f_k$ . При  $f_k = d_r = 250$  мм,  $\vartheta_v = 1$  стереомодель имеет нормальное неискаженное изображение, ее горизонтальный и вертикальный масштабы равны друг другу.

При  $f_k = 500$  мм,  $\vartheta_v = \frac{1}{2}$  рельеф модели кажется в 2 раза приплюснутым против действительного, а при  $f_k = 100$  мм,  $\vartheta_v = 2,5$  рельеф модели становится в 2,5 раза вытянутым вверх против обычного естественного.

Для стереоскопического наблюдения двух разномасштабных изображений (снимка и фотоплана) используют специальные стереоскопы.

При построении геометрической модели или стереомодели, подобной поверхности земли в определенном масштабе, по ней можно устанавливать взаимное расположение и определять координаты изображений любых точек местности. Такие определения выполняют на специальных фотограмметрических приборах.

В зависимости от конструкции стереоприбора наблюдаемая в нем стереомодель может иметь общее увеличение

$$\vartheta_c = \frac{d_r}{d_c} \quad (V.18)$$

где  $d_r$  — расстояние наилучшего зрения глаз наблюдателя (равно 250 мм);  $d_c$  — главное расстояние стереоскопа (расстояние вдоль центрального луча зрения между глазом и аэроснимком).

Геометрическая и стереоскопическая модели местности могут быть образованы в некотором масштабе по каждому аэро съемочному маршруту из последовательно сориентированных друг с другом смежных аэроснимков. Такое ориентирование может выполняться по элементам взаимного ориентирования аэроснимков. Однако полученная таким путем модель местности должна быть внешне ориентирована относительно геодезической системы координат.

Внешнее ориентирование модели можно выполнить по элементам внешнего ориентирования аэроснимков или по геодезическим координатам трех и более контурных точек местности, опознанных на аэроснимках и расположенных в пределах аэрофото съемочного маршрута. Чем больше таких точек и чем равномернее они расставлены по площади аэро съемки, тем точнее будет внешнее ориентирование модели. После ориентирования модели на ней можно выполнять самые разнообразные аэрогеодезические и проектно-изыскательские работы.

#### § 5.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ ПО АЭРОСНИМКАМ

Превышения на снимках устанавливают по разностям продольных параллаксов точек:

$$\Delta p_l = p_l - p_0.$$

Продольными параллаксами точек называют разности абсцисс изображений этих точек, измеренных на левом и правом аэроснимках стереопары:

$$p_l = x_{1l} - x_{2l}, \quad p_0 = x_{10} - x_{20}. \quad (V.19)$$

Превышения между точками местности на аэроснимках идеального случая аэросъемки определяют по разностям продольных параллаксов изображения этих точек по формуле

$$h_i = \frac{\Delta p_i H_0}{b_0 + \Delta p_i} \quad (V.20)$$

где  $\Delta p_i$  — измеренная на аэроснимках разность продольных параллаксов;  $H_0$  — высота фотографирования над исходной точкой;  $b_0$  — базис фотографирования в масштабе исходной точки.

Превышения по плановым аэроснимкам определяют по той же формуле, но при этом измеренную на стереокомпараторах по плановым аэроснимкам разность продольных параллаксов  $\Delta p_i$  приводят к разности продольных параллаксов, соответствующей идеальному случаю аэросъемки, вводя поправку влияния на нее элементов внешнего и взаимного ориентирования аэроснимков  $\delta p_i$ .

Значение разности продольных параллаксов, соответствующее идеальному случаю аэросъемки:

$$\Delta p_i = \Delta p'_i + \delta p_i,$$

$$\text{а поправка } \delta p_i = + \frac{x'_i}{f_k} \left( \frac{2b\alpha_1}{\rho} - \frac{\Delta H f_k}{H_2} \right) - \frac{x'_i{}^2}{f_k \rho} (\alpha_2 - \alpha_1) -$$

$$- \frac{x'_i y'_i}{f_k \rho} (\omega_2 - \omega_1) - \frac{y'_i}{\rho} \left( x_2 - x_1 - \frac{b}{f_k} \omega_1 \right) + \frac{2\Delta p'_i (x'_i + b)}{f_k \rho} \alpha_1 + \frac{\Delta p'_i y'_i}{f_k \rho} \omega_1, \quad (V.21)$$

где  $x'_i y'_i$  — координаты изображений точек местности, определенные на правом аэроснимке;  $f_k$  — фокусное расстояние аэрофотоаппарата;  $b$  — базис фотографирования в масштабе левого аэроснимка;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — продольные углы наклона левого и правого аэроснимков;  $\omega_1$  и  $\omega_2$  — поперечные углы наклона левого и правого аэроснимков;  $x_1$  и  $x_2$  — углы поворота осей координат левого и правого снимков относительно направления базиса фотографирования;  $H_2$  — высота фотографирования над исходной плоскостью;  $\Delta H$  — колебания в высотах полета между центрами проекций правого и левого снимков;  $\frac{\Delta H f_k}{H_2} = b_z$  — колебание в высотах полета, выраженное в масштабе изображения левого аэроснимка;  $\Delta p'_i$  — измеренная разность продольных параллаксов между определяемой и исходной точками.

Вводить поправки в разности продольных параллаксов при известных элементах внешнего ориентирования снимков можно как аналитически при помощи ЭВМ, так и механически с помощью специальных приспособлений (корректоров), устанавливаемых в фотограмметрических приборах (стереометрах, стереопроекторах, стереографах и др.).

### § V.7. СТЕРЕОКОМПАРАТОРЫ И СТЕРЕОМЕТРЫ

Стереокомпараторы служат для измерения координат и параллаксов изображений точек на фотоснимках стереопары. Координаты и параллаксы изображений точек аэроснимков измеряют по негативам или диапозитивам, а для приближенных определений — по контактным отпечаткам или трансформированным аэроснимкам. Стереокомпараторы (рис. V.8) имеют: станину 1, основную каретку 2, каретки левого и правого снимков с кассетами 3, бинокулярную наблюдательную систему 4, штурвал абсцисс 5, штурвал ординат 6, винт (штурвал)

поперечных параллаксов 7, винт (штурвал) продольных параллаксов 8, оси отсчеты 9. Бинокулярная оптическая система имеет измерительную марку, которую при стереоскопическом наблюдении наводят на наблюдаемые точки.

Перед работой стереокомпаратор поверяют и устанавливают места нулей шкал прибора.

При поверках контролируют: плавность и прямолинейность движения кареток вдоль осей, совпадение центров вращения кассет с их центрами и взаимную перпендикулярность движения марок вдоль осей  $x$  и  $y$  прибора при вращении соответствующих штурвалов и параллактических винтов.

Для высокоточных измерений координат и параллаксов изображений точек аэроснимков используют специальные автоматизированные высокоточные стереокомпараторы. Отечественные высокоточные стереокомпараторы СКВ-1, СКА-18, СКА-30 имеют неподвижную бинокулярную оптическую систему с увеличением 8–20\*, двухскоростное перемещение каретки от электропривода, переключение осей визирования и поворот изображения, фоторегистрирующее и проектирующее устройство наведения марок на точки, световое табло и автоматическое регистрирующее устройство для цифрового ввода измеряемых координат и параллаксов в электронную вычислительную машину. Они обеспечивают измерения координат со средней квадратической погрешностью  $\pm 1$  мкм и в связи с автоматизацией ряда процессов, обладают по сравнению с обычными значительно большей производительностью.

Стереометры являются стереокомпараторами, снабженными специальными коррекционными устройствами для автоматического исправления продольных параллаксов плановых аэроснимков за их элементы внешнего ориентирования. Стереометры предназначены для фотограмметрического нивелирования, рисовки горизонталей (рельефа) и для решения специальных инженерных задач (проведения линий заданного уклона, укладки трассы, определения рабочих отметок, оценки уклонов проектных линий и т. д.).

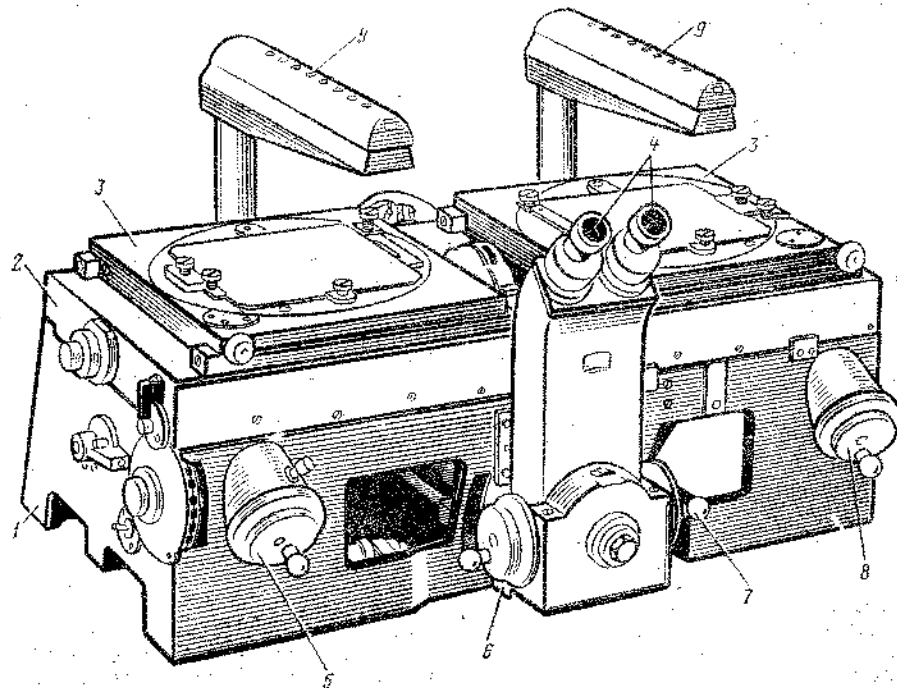


Рис. V.8. Стереокомпаратор

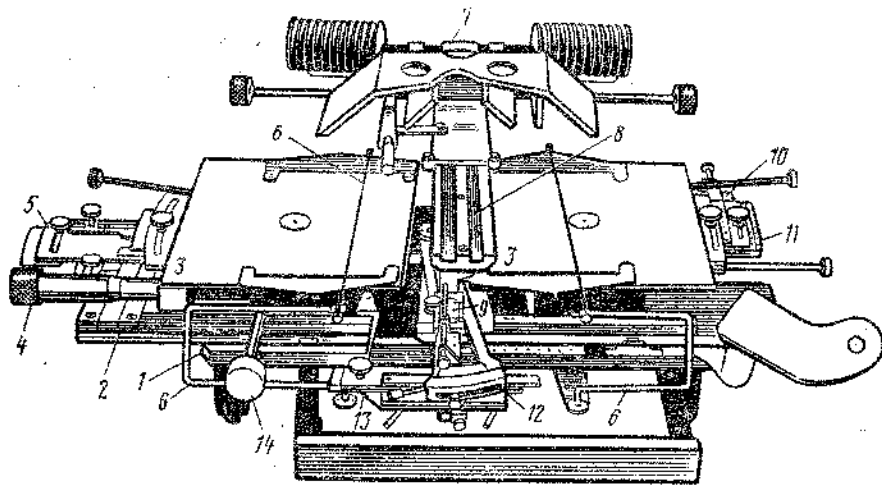


Рис. V.9 Стереометр СТД-2

Топографический стереометр СТД-2 (рис. V.9) имеет: станцию 1, основную каретку 2, левую и правую каретки с кассетами для аэроснимков 3, винт продольных параллаксов 4, наблюдательную систему 7, мостик наблюдательной системы 8, кремальерный винт (штурвал X) 14, измерительные нити с нитедержателями 6, масштабный корректор  $\Delta d_0$  9, корректор за взаимный продольный угол наклона снимков  $\beta_0$  12; корректор взаимного поперечного угла наклона аэроснимков  $\rho_0$  11; корректор поперечного угла наклона аэроснимка  $\gamma$  10; дополнительный масштабный корректор  $\gamma_1$  13 и корректор дополнительного поворота левой нити  $\gamma_2$  5.

Перед работой стереометр поверяют, определяют места нулей шкал всех его коррекционных устройств и длины рычагов нитедержателей.

#### § V.8. ФОТОСХЕМЫ И СТЕРЕОСХЕМЫ

Для обозрения фотографического изображения обширной территории местности или для выполнения на таких изображениях различных инженерных работ составляют фотосхемы. Фотосхемы бывают смонтированными из аэроснимков, приведенных к заданному масштабу, и из контактных отпечатков. Используются также уточненные фотосхемы, изготовленные из трансформированных аэроснимков, у которых масштаб изображения приведен к заданному лишь в зоне расположения проектируемого сооружения.

При проектировании автомобильных дорог используют фотосхемы, составленные из аэроснимков по сходимости изображений контуров в средней части взаимного перекрытия смежных снимков в зоне расположения трассы или оси проектируемого сооружения и при параллельности начальных направлений аэроснимков.

Линии порезов у таких фотосхем должны проходить в средней части взаимного перекрытия аэроснимков по участкам однородной тональности и пересекать контуры в местах их лучшего совпадения. Аэроснимки фотосхем склеивают целлулоидным или резиновым клеем.

Качество фотосхем зависит от величин смещений фотографического изображения на порезах. У фотосхем вблизи трасс и осей инженерных сооружений величины дублетов, вырезов и смещений контуров не должны превышать  $\pm 0,3$  мм.

Масштабы фотосхем, составленных из контактных отпечатков, могут быть выражены: одним числом, показывающим средний масштаб изображения зоны размещения инженерного сооружения на аэроснимках, составляющих фотосхему, и несколькими числами, указывающими масштабы изображений отдельных участков трассы сооружения на фотосхеме через некоторые интервалы. Однако пикетаж трассы на всем протяжении фотосхемы разбивается в масштабе ее изображения на каждом аэроснимке независимо от того, как подписан на фотосхеме ее масштаб.

При аэроизысканиях дорог и мостовых переходов применяют несколько видов стереосхем, составляемых из аэроснимков с взаимным продольным перекрытием больше 56%. Распространение получила маршрутная стереосхема, составляемая из левых и правых половинок снимков. Одна часть ее составляется из правых половинок снимков, в виде непрерывной фотосхемы, а вторая, составляемая из левых половинок снимков, разделена на несколько взаимно сопрягаемых друг с другом участков-вкладышей, имеющих длину 15—20 см. Монтаж каждой части стереосхемы по своему принципу сходен с составлением обычной фотосхемы.

В качестве вкладышей могут быть использованы левые половинки аэроснимков, соединенные вместе в одну книгу. Такая книга скрепляется с ножками стереоскопа. По мере перемещения прибора вдоль фотосхемы листы книги перелистываются, чем обеспечивается рассмотрение стереомодели по маршруту. При сильной разномасштабности смежных аэроснимков монтаж стереосхемы ведет с расчетом точного совмещения участков модели лишь в пределах зоны размещения трассы проектируемого сооружения.

Стереосхемы по ширине могут охватывать как один, так и несколько аэросъемочных маршрутов. Длинные многомаршрутные стереосхемы следует монтировать отдельными полосами в один-два маршрута с небольшим разрывом между ними.

В проектной работе может быть успешно использована и стереосхема, изготовленная в виде двух книг, составленных из одноименных половинок смежных аэроснимков и расставленных между собой на базис стереоскопа.

#### § V.9. ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ, ФОТОПЛАНЫ

Трансформирование аэроснимков — это процесс преобразования наклонных аэроснимков в горизонтальные заданного масштаба. Трансформирование ведут на специальных приборах — фототрансформаторах.

При трансформировании устанавливают плоскость кассеты, объектив и экран фототрансформатора в положение, соответствующее известным значениям элементов внутреннего и внешнего ориентирования аэроснимков, или совмещают изображения горизонтальных проекций четырех ориентирующих фотограмметрических точек негатива с их плановым положением на плашете заданного масштаба, помещенном на экран прибора. Наиболее точное трансформирование производится по фотограмметрическим точкам (опознанным на аэроснимках контурным точкам местности), координаты которых были получены в результате фототриангуляционных работ. При трансформировании они располагаются в углах аэроснимков.

В последние годы получило распространение дифференциальное трансформирование аэроснимков, при котором на специальных ортофототрансформаторах или универсальных фотограмметрических приборах с ортофотоприставками производится преобразование изображения аэроснимков из центральной проекции в ортогональную определенного масштаба. В результате трансформирования получают трансформированные аэроснимки, у которых сохраняется в заданных пределах смещения точек в плане, вызванные рельефом местности, а при ортофототрансформировании получают ортофотоснимки, все точки которых представлены в ортогональной проекции.

При трансформировании снимков, приведении их к заданному масштабу и при изготовлении фотосхем, фотопланов и фотокарт необходимо учитывать планово-высотное положение проектируемого сооружения.



Таким образом, для проектирования автомобильных дорог и мостовых переходов могут быть изготовлены: аэроснимки и фотосхемы в масштабе залета аэроснимки, приведенные к определенному масштабу, трансформированные аэроснимки, ортофотоснимки, фотопланы, фотокарты и ортофотопланы. Кроме ситуации на таких материалах может быть представлено и изображение рельефа горизонталями. Результаты проектно-исследовательских работ на аэросъемочных материалах фиксируют тушью, гуашью или цветными карандашами. Аэросъемочные материалы, предназначенные для полевых работ, желателен изготовливать на матовой бумаге, на которой хорошо фиксируются карандашные пометки.

Иногда результаты проектно-исследовательских работ наносят на прозрачный материал (восковку, аэропан и др.), накладываемый на фотосхемы или фотопланы.

## § 19. ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ

Дешифрирование снимков — это процесс выявления и раскрытия содержания различных объектов местности, зафиксированных на аэрофотоснимках. Дешифрирование является одним из наиболее эффективных методов определения топографических, геологических, гидрогеологических и гидрологических условий местности, сложившихся в районе изысканий проектируемой дороги.

Характерные черты и особенности различных объектов местности, способствующие распознаванию или раскрывающие содержание этих объектов по их фотозображению, являются основными признаками дешифрирования. Из них к прямым признакам относятся форма, размеры, тень, тон или цвет, структура отражения света от поверхности определяемых объектов, а к косвенным — существующая в природе и отразившаяся на аэроснимках взаимосвязь и взаимобусловленность различных объектов и явлений или сопутствующих им характеристик.

Косвенные признаки дешифрирования разделяются: на геоморфологические, в которых участвуют взаимосвязи форм рельефа и конфигурация (строение) гидросети с вещественным составом и физико-геологическими свойствами грунтов и горных пород, с условиями их залегания и морфологическими особенностями территории; на геоботанические, основанные на взаимосвязи между растительностью, рельефом и геологическим строением, на приуроченности растительности к вещественному составу пород и грунтов, к гидрологическим и мерзлотным условиям.

Прямые признаки дешифрирования наиболее полно используются на крупномасштабных аэроснимках.

Дешифрирование выполняют по контактному отпечаткам (нетрансформированным аэроснимкам) или фотосхемам специально подготовленные для этой цели инженеры и техники-испытатели.

Дешифрирование снимков, при котором определение объектов ведется только путем камерального изучения фотозображений, называется камеральным. При непосредственном опознавании изображенных на аэроснимках объектов и их особенностей в натуре дешифрирование называют полевым, а с воздуха — воздушным.

При трассировании автомобильных дорог целесообразно использовать аэроснимки масштабов 1 : 10 000—1 : 25 000 и камеральные или камерально-воздушные методы их дешифрирования, а при сборе данных для проектирования земляного полотна и дорожных сооружений — аэроснимки в масштабах 1 : 5000—1 : 10 000 и камерально-воздушные или камерально-полевые методы их дешифрирования. На мостовых переходах рекомендуются аэроснимки масштабов 1 : 5000—1 : 2000 и камерально-полевые или полевые методы дешифрирования.

Для вариантного проектирования автомобильных дорог при надлежащем подборе параметров и материалов аэрофотосъемки почти всегда используется камеральное и камерально-воздушное дешифрирование аэроснимков, при размещении основных вариантов трассы и получении исходных данных для проектирования дорожного полотна — камерально-воздушное или камерально-полевое дешифрирование, а при рабочем проектировании на участках с очень сложными

геологическими и гидрологическими условиями местности — полевое дешифрирование.

Камеральное дешифрирование предусматривает изучение изображений объектов и элементов местности по аэроснимкам под стереоскопом с увеличением в 2—5 раз и на фотосхемах или на накидном монтаже. Перед дешифрированием определяют объемы и границы работ, знакомятся с содержанием эталонных аэроснимков, результатами дешифрирования аэроснимков прошлых лет, перечнем объектов, требующих определения, и с особенностями изображения отдельных объектов местности в районе изысканий.

При дешифрировании широко используются существующие топографические и геологические карты, литературные данные и некоторые материалы ведомственных организаций, владеющих инженерными сооружениями, подземными коммуникациями, земельными участками и лесотаксационными материалами.

Камерально-воздушный метод дешифрирования снимков с вертолетов предусматривает несколько этапов.

На первом этапе выполняют камеральное дешифрирование снимков, разделяют зоны трассирования на однородные участки местности и назначают маршруты воздушных работ; на втором этапе предусматривают дешифрирование аэроснимков с воздуха и полевые работы в отдельных местах высадившимися с вертолета изыскателями; на третьем этапе контролируют и оформляют полученные результаты.

При дешифрировании с воздуха вертолет перемещается вдоль намеченных маршрутов, вблизи основных вариантов трассы с небольшой скоростью и на малой высоте с периодическими остановками в воздухе. В процессе перемещения по трассе контролируют результаты камерального дешифрирования и пополняют их теми данными, которые ранее не были обнаружены или были определены с сомнением.

Камерально-полевое дешифрирование аэроснимков может выполняться методом эталонных (ключевых) участков или методом эталонных маршрутов. В каждом из этих методов предусматривается камеральное определение по аэроснимкам топографической, геологической и гидрогеологической характеристик местности, ознакомление с положением вариантов трассы, перечнем объектов, подлежащих определению, и с особенностями местности притрассовой зоны.

Местность разделяют на отдельные участки по ландшафтному признаку с характерными для них геофизическими и морфологическими чертами. Идентичность участков устанавливается по однородности влияния на экономику дорожного строительства топографических, геологических и гидрогеологических условий по всей площади выделяемого участка местности.

Технология камерально-полевого дешифрирования аэроснимков предусматривает: разделение притрассовой зоны каждого варианта на участки, однородные по основным геофизическим и геоморфологическим условиям; установление направлений маршрутов-эталонов или границ участков-эталонов, охватывающих по содержанию однородные участки; составление плана работ; выезд в поле; последовательное производство полевого дешифрирования аэроснимков на участках-эталонах или маршрутах-эталонах; выполнение основных работ по детальному камеральному дешифрированию аэроснимков; контроль исполненных работ.

В данном методе полевым обследованием подвергается территория всех участков-эталонов или местность, расположенная вдоль эталонных маршрутов. При обследованиях таких участков и маршрутов могут использоваться передвижения на лошадях, мотоциклах, автомобилях или вездеходах. Детальное определение топографических, геологических и гидрогеологических характеристик местности сопровождается закладкой шурфов, буровых скважин, расчистками обнажений, выполнением необходимых геофизических работ, при которых раскрываются характерные черты фотозображений на снимках различных объектов и элементов местности, прямые и косвенные признаки их дешифрирования.

Полученные на участках-эталонах или маршрутах-эталонах признаки дешифрирования различных объектов и элементов местности и характерные черты их фотозображений на аэроснимках в дальнейшем используют при детальном камеральном дешифрировании аэроснимков по всей зоне изысканий. Результаты работ указывают на аэроснимках-эталонах, в таблицах и журналах

дешифрирования. Аэроснимки-эталоны вместе с полученными данными соединяют в специальные альбомы.

При камерально-воздушном и камерально-полевом дешифрировании аэроснимков полевую часть работ рекомендуется приурочивать к определенному этапу изысканий. Так, при дешифрировании снимков труднодоступной местности воздушные работы желательно вести в период воздушных обследований и аэрофотосъемочных работ, а полевые элементы дешифрирования аэроснимков выполнять в завершающий период подробных изысканий одновременно с другими видами наземных работ по трассе или в начальный период рабочего проектирования, одновременно с перенесением проекта дороги и ее сооружений в натуру.

Автоматизация дешифрирования пока еще находится в начальной стадии развития. В настоящее время экспериментируется несколько перспективных специальных методов автоматизированного опознавания объектов местности. Среди них — метод опознавательных признаков, в котором основными признаками объектов являются количественные соотношения соответствующих оптических плотностей внутри определяемых контуров.

Для автоматического установления границ между участками с различными характеристиками и объектами при дешифрировании можно использовать сканирование аэроснимка в одном направлении, в процессе которого фиксируются границы изменений плотностей фотоизображений.

В автоматизации дешифрирования снимков может использоваться фотоэлектрическое сравнение токов на фотозаэлементе при просмотре дешифрируемого и эталонного снимков. В качестве критерия достоверности дешифрирования принимается равенство значений электрического тока. Изображение объектов может первоначально кодироваться и вводиться в память электронной вычислительной машины, где оно сравнивается с кодом изображения эталонных снимков. Совпадение кодов характеризует опознавание. В процессе таких работ, как, например, при дешифрировании снимков лесных массивов, предусматривается кодирование сомкнутости полога (среднего расстояния между деревьями) и среднего диаметра кроны, измеренных на подлежащих дешифрированию и на эталонных аэроснимках. Сравнение признаков дешифрирования позволяет по сходности кодов в определенных пределах находить необходимые лесотехнические характеристики.

При цветной аэрофотосъемке в основу автоматизации опознавания может быть положена раздельная фоторегистрация на черно-белой аэропленке лучей красной, зеленой и синей частей спектра. При такой съемке спектрметрические наблюдения и подбор оптимального цветового и яркостного контрастов тонов дают возможность получить наиболее полную и детальную информацию о местности.

#### § V.11. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЭРОСЪЕМОК, АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ

Построенная по аэроснимкам в некотором масштабе, свободно ориентированная в пространстве модель местности хотя и обладает необходимой точностью для выполнения на ней инженерных проектно-изыскательских работ, но не имеет внешнего ориентирования относительно геодезической системы координат. У такой модели нет определенного масштаба, а ее условная уровенная поверхность расположена произвольно относительно исходной горизонтальной поверхности.

Для внешнего ориентирования построенной по элементам взаимного ориентирования модели местности и для определения ее масштаба необходимо иметь элементы внешнего ориентирования аэроснимков или сеть опорных точек планово-высотного обоснования аэроснимков. Таковую сеть создают при привязке аэроснимков.

Привязка аэроснимков возможна геодезическими методами в поле (полевая привязка), радиогеодезическими методами с самолета (воздушная привязка) и камерально путем определения по карте координат опознанных на аэроснимках контурных точек (камеральная привязка).

Полевую привязку снимков выполняют геодезическими приборами одновременно с развитием съемочного обоснования в виде геодезических, нивелирных, тахеометрических или мензуальных ходов; прокладкой рядов триангуляции или трилатерации между пунктами государственной опорной сети; разбивкой изолированных (уединенных) базисов, засечками точек с пунктов опорной сети.

При камеральной привязке аэроснимков за опорные точки принимают изображенные на карте и опознанные на снимках точки геодезической опорной сети или контурные точки, расположенные на пологих склонах. Для внешнего ориентирования моделей отдельных стереопар могут использоваться изображения урезов воды озер и водохранилищ.

Использование в качестве опорных точек отдельных контурных точек карты возможно только в тех случаях, когда удаленность таких камеральных опознаков друг от друга достаточно велика и обеспечивает предельную точность внешнего ориентирования модели маршрута. Предельно минимальные расстояния между опорными точками камеральной привязки аэроснимков для трассирования автомобильных дорог определяются расчетом исходя из предельных погрешностей получения с карт расстояний, превышений или уклонов и допустимой точности их определения.

Получение плановых координат центров проектирования аэроснимков при воздушной привязке осуществляется специальными радиогеодезическими и радионавигационными системами, действующими в процессе аэрофотосъемки. Воздушную высотную привязку снимков осуществляют аэроадионивелированием, ведущимся одновременно с аэрофотосъемочными работами.

При маршрутной аэрофотосъемке полученные аэроадионивелированием высоты точек используют для продольного горизонтирования аэрофотосъемочного маршрута, а для горизонтирования маршрута в поперечном направлении используют данные, полученные при аэроадионивелировании специальных каркасных аэрофотосъемочных маршрутов (рис. V.10).

Полевые методы привязки аэроснимков имеют более высокую точность, чем любые другие, но они трудоемки и дороги, занимают много времени и требуют определенного сезона года для своего производства. Выбор метода привязки снимков зависит от условий местности, допустимой точности и характера предстоящих проектно-изыскательских работ.

При построении общей модели местности целесообразно создавать сеть фотограмметрических точек с известными координатами.

Эта сеть обеспечивает построение моделей местности в пределах каждой стереопары.

Координаты точек такой фотограмметрической опорной сети определяются при сгущении планово-высотного обоснования аэрофотосъемки методами пространственной фототриангуляции.

В сеть сгущения могут включаться фотограмметрические связующие точки ориентирования или трансформирования аэроснимков, основные точки трасс и главных осей проектируемых сооружений, точки опорной разбивочной сети намечаемых к строительству сооружений и др.

Пространственная фототриангуляция разделяется на аналитическую с использованием стереокомпараторов и ЭВМ и аналоговую, выполняемую на универсальных фотограмметрических приборах.

В связи с тем, что при построении фотограмметрических сетей между опорными точками планово-высотного обоснования накапливаются погрешности, развитие таких сетей вдоль маршрутов имеет ограничения, связанные с необходимой точностью построения модели и с характером предстоящих основных фотограмметрических работ на фотограмметрических приборах.

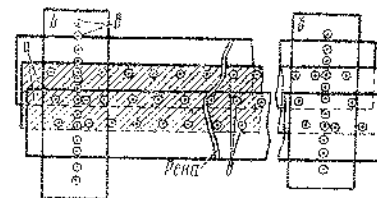


Рис. V.10. Схема воздушного высотного обоснования аэроснимков:

а — основные маршруты; б — каркасные маршруты; в — точки аэроадионивелирования

Возможно также развитие планового обоснования способами триангуляционной фотограмматрии и фотополигонометрии, а ступенные высоты способами неискаженной модели ЦНИИГАиК и т. д.

Аналитическая пространственная фототриангуляция делится на маршрутную и блочную (многомаршрутную). Первая используется для производства аэроизыскательских и проектных работ вдоль трассы дороги, а вторая для работ, выполняемых на мостовых переходах, косогорах, в местах развития трассы с серпантинами, на участках транспортных развязок и др.

Как маршрутная, так и блочная аналитические фототриангуляции имеют несколько технологических схем своего построения; схему частично зависимых моделей; соединяемых в общую модель, схему полностью независимых моделей, также соединяемых в общую модель, и схему построения общей модели одновременно по всем аэроснимкам маршрута. При изысканиях дорог и их сооружений аналитическая фототриангуляция является лишь частью аэроизыскательских работ, выполняемых на ЭВМ. Поэтому ее целесообразно объединять вместе с ними в одно общее комплексное решение.

В фототриангуляционных работах используются негативы, диапозитивы и аэроснимки, имеющие недеформирующуюся основу. Для измерения координат точек аэроснимков применяют как стереокомпараторы простых систем, так и высокоточные стереокомпараторы типа СКА-36, СКА-18 и СКВ-1.

Аналитическая маршрутная фототриангуляция состоит из вычисления координат точек аэроснимков и поправок к ним, определения элементов взаимного ориентирования и условных элементов внешнего ориентирования аэроснимков, расчета фотограмметрических и геодезических координат ориентирующих связующих точек стереопар, основных точек трассы и осей проектируемых сооружений. Геодезические координаты точек используются для ориентирования аэроснимков в фотограмметрических приборах и для решения специальных проектно-изыскательских задач.

#### § V.12. АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

Аэрофототопографические съемки выполняют для получения различных топографических материалов, необходимых для проектных работ, топографических планов и карт, фотокарт, фотопланов контурных фотосхем и фотосхем с горизонталями, цифровых и аналитических моделей местности.

Аэрофототопографическая съемка может выполняться стереотопографическим, аналитическим или комбинированным методами. Она состоит из собственно аэрофотосъемки, топографического дешифрирования, планово-высотной привязки аэроснимков, ступенного планово-высотного обоснования, рисовки рельефа, трансформирования аэроснимков, составления и оформления топографического плана, фотокарты, фотоплана или фотосхемы в горизонталях.

Стереотопографическая схема производится на фотограмметрических приборах в камеральных условиях. Полевые работы в ее комплексе выполняют для получения разреженного планово-высотного обоснования аэроснимков и дешифрирования снимков на участках-эталонах.

Стереотопографическая съемка может выполняться дифференцированным или универсальным способом. При дифференцированном способе обработка аэроснимков разделяется на несколько этапов, выполняемых несколькими исполнителями на нескольких сравнительно несложных фотограмметрических приборах. При этом способе для ступенной опорной сети используют аналитическую пространственную фототриангуляцию с измерениями координат точек аэроснимков на стереокомпараторе и вычислениями на ЭВМ. Для рисовки рельефа применяют стереометр, а для трансформирования аэроснимков фототрансформаторы или оптические проекторы.

При универсальном способе весь процесс обработки аэроснимков выполняет высококвалифицированный специалист на одном универсальном фотограмметрическом приборе (стереопроекторе, стереографе, стереометрографе и др.).

Для получения ортофотографических планов в горизонталях используются универсальные фотограмметрические приборы, снабженные приспособлениями

для дифференциального трансформирования снимков: стереограф СД-3 с ортофотоскопической приставкой (СССР), стереотригомет (К. Цейсс, ГДР), автограф А-10 (Вильд, Швейцария) и др.

Для автоматизации ориентирования аэроснимков, рисовки рельефа, получения ортофотографических изображений, съемки профилей и автоматизированной записи геодезических координат точек цифровой модели местности универсальным фототригометрическим приборам могут быть приданы специальные устройства.

В аналитическом методе аэрофототопографической съемки фотограмметрические измерения выполняются на высокоточных стереокомпараторах с автоматической регистрацией отсчетов вычисления на электронных вычислительных машинах, а составление топопланов — на координатографах с программным управлением или специальных высокоточных автоматизированных графопроектировках.

При использовании аналитических универсальных приборов указанные выше отдельные процессы соединены вместе в единый комплекс. Так как такие аналитические приборы состоят из высокоточного фотограмметрического прибора, электронной вычислительной машины и электрокоординатографа, смонтированных вместе, то выход продукции идет одновременно по двум каналам в виде геодезических координат всех наблюдаемых на приборе точек и в виде их изображения на топографическом плане, составляемом на координатографе прибора.

В комбинированной аэрофототопографической съемке планово-высотное обоснование аэросъемки, дешифрирование аэроснимков и съемка рельефа местности производится в поле, а работы по ступенному сети планового обоснования, трансформированию аэроснимков и составлению топографического плана или фотоплана местности — в камеральных условиях.

Для выполнения аналитических проектно-изыскательских работ на ЭВМ с помощью аэрогеодезических методов изображения местности представляют в виде цифровых и аналитических моделей.

Для построения цифровой модели рельефа местности существуют специализированные приборы и приспособления, обеспечивающие автоматическое снятие и регистрацию информации о положении точек модели. Имеются устройства, строящие цифровую модель рельефа по карте и на универсальных фотограмметрических приборах по ориентированной стереоскопической или геометрической модели местности. Такие приборы и устройства снимают и автоматически регистрируют положение точек в процессе рисовки горизонталей на фотограмметрическом приборе или при съемке профилей вдоль стандартно расположенных на модели линий. Имеются системы, автоматически перемещающие измерительную марку прибора вдоль горизонтали или по поверхности модели, вдоль заданного направления и автоматически регистрирующие положение точек, расположенных через определенные интервалы на горизонталях или профилях. Для автоматической регистрации координат расположения точек на стереомодели в любом месте могут быть использованы автоматизированные регистрирующие устройства АРУ-1 (ЦНИИГАиК) и координметры (К. Цейсс, ГДР), работающие с различными фотограмметрическими приборами.

#### § V.13. ВИДЫ ТРАССИРОВАНИЯ. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Имеются следующие методы трассирования автомобильных дорог с использованием материалов аэросъемки: камеральный аналитический с укладкой трассы по цифровым и аналитическим моделям местности; камеральный стереофотограмметрический с укладкой трассы по стереомодели; камеральный аэрофототопографический с трассированием дороги по топографическим планам, фотопланам или фотокартам, полученным в процессе стереофотограмметрической обработки аэроснимков; комбинированный, в котором процессе укладки трассы выполняется частично камерально по стереомодели и частично в поле с помощью геодезических приборов; полевой, в котором весь комплекс работ по выбору направлений, размещению вариантов и определению элементов трассы вы-

полняется по материалам аэросъемки в натуре при использовании геодезических работ.

В каждом из указанных методов трассирования могут быть использованы комплексно-механизированные технологические системы, автоматизирующие основные процессы производства.

Аналитический трассировочный процесс может выполняться способом раздельного проектирования трассы в плане и профиле и способом пространственной укладки трассы.

В способе раздельного проектирования трассы в плане и профиле предварительная укладка трассы производится проектированием по аэрофотогитографическим картам, фотокартам, фотопланам и фотосхемам в горизонталях с помощью гибких линеек и лекала. При трассировании назначают все конкурирующие варианты трассы с учетом топографических, геологических и гидрологических условий местности. В пределах прирассовой полосы местности каждого из назначенных вариантов трассы строят цифровую модель, а затем по ней на ЭВМ уточняют значения элементов трассы в плане и по найденному положению трассы в плане проектируют продольный профиль. В качестве критерия оптимальности укладки трассы в профиле часто принимают минимум стоимости земляных работ или минимум приведенных строительно-эксплуатационных затрат.

В отдельных комплексах такого трассирования предусматривают уточнение элементов отдельных участков трассы в плане при сохранении неизменным расположением каждого ранее установленного угла поворота трассы. При таком уточнении стремятся подобрать для каждого угла лишь лучшие элементы круговых или клотоидных кривых и целесообразные смыкания каждого участка со смежными. Для таких работ в ЭВМ закладывают набор круговых кривых и клотоид, а также взаимные сопряжения между ними, обеспечивающие построение клотоидного закругления (биклотоиды), круговой кривой или круговой кривой с переходными кривыми. После укладки трассы в плане по каждому варианту проектируют продольный профиль с выдачей всех основных технико-экономических показателей.

В заключительном этапе такого проектирования полученные на ЭВМ решения могут быть подвергнуты корректировке инженером-проектировщиком. На некоторых ЭВМ корректировку можно выполнять с помощью специальных электронных устройств — дисплеев, позволяющих в графическом виде получать и изменять на экране электронно-лучевой трубки положение участка проектной линии трассы с последующим расчетом всех необходимых данных по новому откорректированному положению. Выполненные работы оформляют в виде ведомостей и чертежей.

Результаты трассирования по каждому варианту сопоставляют между собой и из всех полученных вариантов выбирают лучший, предназначенный для окончательного проектирования.

При аналитической пространственной укладке трассы на ЭВМ ее варианты проектируют в зоне трассирования, границы которой устанавливают по имеющейся топографической карте, аэроснимкам стемок прошлых лет и по результатам воздушных обследований, выполненных в районе изысканий. Используя результаты фотограмметрических измерений и дешифрирования аэроснимков, создают цифровую модель местности, по которой в процессе вариантного проектирования дороги с помощью специальной программы на ЭВМ устанавливают основные направления трассирования и целесообразное расположение зоны с возможным размещением конкурирующих вариантов трассы.

Аналитическое вариантное проектирование рекомендуется производить с пространственным перебором возможных размещений трассы по всем впереди расположенным направлениям с вписыванием в каждый поворот в плане и в вертикальный излом рельефа горизонтальных и вертикальных кривых минимальных радиусов. Смежные кривые при этом должны иметь сходимость своих концов или содержать между собой прямые вставки, а уклоны касательных вертикальных кривых не должны выходить за установленные пределы. Варианты, у которых не обеспечены указанные выше условия, из рассмотрения исключаются.

Лучшими вариантами в таком трассировании считаются те, у которых значения суммарных приведенных строительно-эксплуатационных и транспортных расходов относительно самого минимального значения расходов имеют расхождения в заданном пределе. В результате вариантного проектирования устанавливают основные направления трассы и границы зоны ее вероятного расположения. Зоны размещения таких целесообразных вариантов считаются основными для ведения в дальнейшем в их пределах детальной укладки трассы.

Исходным материалом для детальной укладки трассы являются аэроснимки специальной маршрутной аэросъемки, выполненной вдоль зон размещения конкурирующих вариантов трассы. Трассирование ведут на специально построенной математической модели местности с вариантным перебором пространственного размещения трассы и определением оптимального положения земляного полотна, исходя из минимума приведенных суммарных строительно-эксплуатационных и транспортных расходов.

В данном методе трассирования детальная аналитическая пространственная укладка трассы на ЭВМ состоит из ряда циклов вариантного перебора на ЭВМ пространственного положения трассы как в пределах каждого отдельного участка, так и в пределах нескольких проектных участков. Циклы такого вариантного перебора взаимно связаны.

Варианты, имеющие минимальное значение приведенных строительно-эксплуатационных и транспортных расходов в каждой из оставшихся вариантных ветвей трассы, считаются основными. При окончательном рассмотрении технико-экономических показателей вариантов дороги и автомобильных перевозок по ним устанавливают лучший вариант, подлежащий реализации. По такому варианту в дальнейшем проектируют дорогу и ее сооружения.

#### § V.14. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЕ ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В данном методе пространственная укладка трассы производится на стереомодели местности. Рациональность размещения достигается инструментальным подбором проектных элементов трассы непосредственно на стереомодели с учетом условий местности, технико-экономических показателей дорожного строительства и автомобильного движения.

Пространственную укладку трассы можно осуществлять: способом визуального размещения трассы на стереомодели и фотосхеме (накидном монтаже), способом подбора проектных элементов трассы по стереомодели местности в зоне прохождения линии заданного уклона; способом последовательного подбора по стереомодели основных проектных элементов трассы.

Способ визуального размещения трассы на стереомодели применяется в равнинной и слабо пересеченной местности, где отсутствует необходимость развития трассы под некоторым установленным или предельным уклоном. Такое трассирование начинается с оценки возможных направлений дороги по накидному монтажу и топографической карте. Затем вдоль основных направлений по аэроснимкам под стереоскопом детально оценивают местность, выявляют участки трассы с неблагоприятными условиями дорожного строительства, назначают контрольные точки или места обязательного прохождения местности трассой, определяют зоны с наиболее целесообразным расположением земляного полотна.

Проектную линию между контрольными точками трассы укладывают под стереоскопом и на фотосхеме участками, подбирая элементы кри-

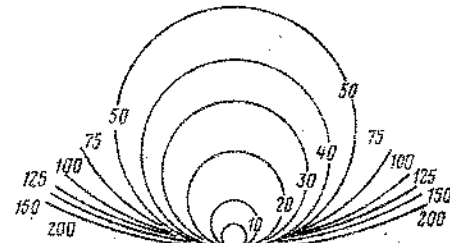


Рис. V.11. Прозрачный шаблон кривых

вых и корректируя положение углов поворота с учетом природных условий местности, полученных при дешифрировании аэроснимков.

Кривые подбирают под стереоскопом при помощи прозрачных шаблонов круговых или клотоидных кривых (рис. V.11), обеспечивающих их рациональное размещение в пределах каждого закругления. В равнинной местности, когда положение трассы определяется из особенностей размещения ситуационных объектов, а не из форм рельефа, такой подбор кривых выполняют не только по стереомодели, но и на фотосхемах или накидном монтаже.

При подборе прозрачный шаблон кривых укладывают под стереоскопом из левой аэроснимок каждой стереопары и перемещают его до тех пор, пока одна из представленных на нем круговых кривых или биклотоида не будет лучше других вписываться в ситуацию и рельеф местности с учетом целесообразной рабочей отметки в том месте стереомодели, где должна пройти трасса проектируемой дороги.

При подборе закруглений, составленных из круговых и переходных кривых, рекомендуется пользоваться комплексным шаблоном кривых, состоящим из трех частей — двух шаблонов клотоидных кривых и одного шаблона круговых кривых (рис. V.12, а), скрепляемых вместе иглой в центрах круговой и конечных радиусов подбираемых клотоидных кривых (рис. V.12 б).

Использование стереоскопических шаблонов кривых, состоящих из двух пластин, укладываемых на каждый снимок стереопары (рис. V.13), обеспечивает наиболее четкое наблюдение пространственного положения подбираемой кривой шаблона относительно стереомодели местности и более качественную оценку вписываемости кривой в склоны стереомодели.

Способ подбора проектных элементов трассы на стереомодели в зоне линии заданного уклона используют на участках с сильно пересеченным рельефом и в горах. Укладку трассы выполняют на фотограмметрических приборах с подбором положения трассы в зоне линии заданного уклона по стереомодели, ориентированной в пространстве.

Пространственной укладке трассы предшествует дешифрирование аэроснимков, получение элементов ориентирования аэроснимков на приборе, назначение вариантов размещения отдельных участков трассы на стереомодели и предварительное проведение линии заданного уклона вдоль намеченных вариантов. Чаще всего этот способ применяют на участках, где необходимо развитие трассы под предельным уклоном, или на подходах к ним.

Рис. V.12. Комплексный прозрачный шаблон кривых:

а — элементы шаблона; б — положение пластин при подборе закругления шаблоном

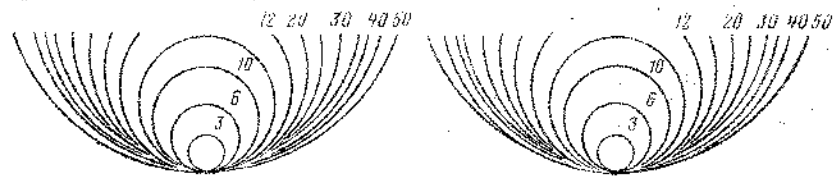
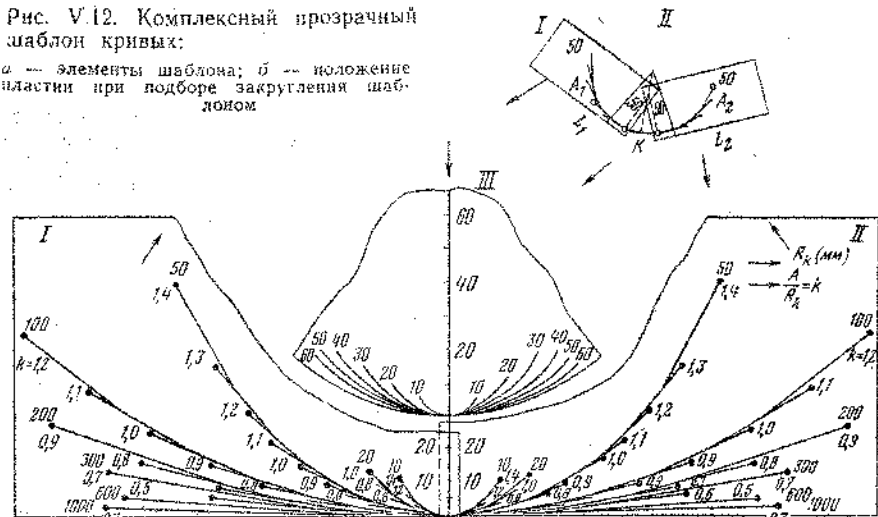


Рис. V.13. Стереоскопический шаблон кривых

Укладка линии заданного уклона на фотограмметрических приборах производится стереонитью или стереомаркой прибора по нормально ориентированной модели или по наклоненной на заданный уклон стереомодели местности. Ее также возможно провести с помощью специальных приставок, приданных прибору или по горизонталям, предварительно рисуемым на фотограмметрическом приборе впереди прокладываемой линии.

После проведения линии заданного уклона в зоне прохождения этой линии по стереомодели прокладывают трассу стереомаркой прибора и прозрачными шаблонами кривых. Степень вписываемости кривых шаблона в склоны модели оценивают на глаз, и только рабочие отметки образующихся при этом крупных насыпей и выемок находят с помощью стереомарки (стереонити) прибора. Положение углов поворота трассы устанавливают путем проведения тангенциальных касательных к кривым, подобранным на аэроснимках и стереомодели местности.

Как и в предыдущем способе, общее положение трассы корректируют на накидном монтаже или фотосхемах.

Прямолнейные участки трассы размещают с помощью прозрачных линеек с оценкой вписываемости прямых в склоны стереомодели, расположенные в промежутках между смежными кривыми. Особенно эффективен данный способ работ при расчлененном рельефе, когда трасса разделяется на сравнительно большие однородные участки, или при развитии трассы под предельным уклоном.

В тех случаях, когда требуется одновременный подбор основных элементов трассы в плане и профиле на каждом проектом участке, этот метод осложняется и вызывает дополнительные варианты сопоставления. В таких случаях трассирование ведут способом последовательного подбора на стереомодели всех основных элементов трассы раздельно по каждому участку.

В способе последовательного инструментального подбора на стереомодели всех элементов трассы пространственная укладка осуществляется постепенным продвижением вдоль направлений, ранее выбранных под стереоскопом.

Перед укладкой на стереомодели оценивают природные топографические, геологические, гидрогеологические условия местности, определяют элементы ориентирования аэроснимков на фотограмметрическом приборе, устанавливают предельные технические нормативы трассирования, находят масштабы аэроснимков, ориентируют аэроснимки на приборе, выявляют наиболее благоприятные направления трассы, а затем вдоль них последовательно один за другим укладывают проектные участки.

Элементы трассы в плане подбирают одновременно с ее высотным размещением на той же стереомодели при использовании стереоскопических шаблонов кривых и определении маркой (нитью) прибора целесообразных уклонов и рабочих отметок. Результаты укладки трассы целесообразно фиксировать на двух снимках стереопары для определения пространственного положения трассы на стереомодели местности. При таком закреплении трассы одновременно на стереосхеме и ее вкладышах при надлежащем оформлении откосов насыпей и

высок под стереоскопом можно наблюдать пространственное изображение уложенной трассы и оценивать удачность пространственного проектирования дороги.

При трассировании могут использоваться разные приборы. В равнинно-холмистой местности пространственную укладку трассы целесообразно выполнять на стереоскопах типа СИД или «интерпретоскоп» (К. Шейс, ГДР). В сильно пересеченной местности и в горах предпочтительнее топографический стереометр СТД-2 или один из универсальных фотограмметрических приборов с приставками, решающими отдельные задачи трассирования.

#### § V.15. НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ НА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ

Фотограмметрическому нивелированию предшествуют: пространственная укладка трассы на стереомодели местности, дешифрирование снимков, работы по планово-высотному обоснованию аэроснимков и его сгущению, ориентирование снимков на стереоприборе. Перед нивелированием на аэроснимках с зафиксированной трассой проводится линия ортогонального следа трассы (см. § V.17). Трассу нивелируют по переломным точкам этой линии дважды — в прямом и обратном направлениях. Расхождения в превышениях должны соответствовать установленной предельной точности. В число точек, участвующих при каждом нивелировании, следует включить связывающие точки трассы, общие для смежных стереопар.

На закрытых участках местности трассу нивелируют по поверхности растительного покрова, высоту которого учитывают при расчете отметок.

Аэроснимки, предназначенные для фотограмметрического нивелирования, должны изготавливаться на твердой недеформирующейся основе. При нивелировании рекомендуется использовать приставки к фотограмметрическим приборам, автоматизирующие вычерчивание продольных профилей трассы и поперечников.

Технология пикетажных работ на аэроснимках включает: расстановку по трассе и поперечникам переломных точек, измерение длин линий и величин углов поворота трассы, расчет масштабов изображений переломных точек трассы, определение расстояний между точками трассы и точками поперечников, расчет пикетного положения главных точек горизонтальных кривых, поперечников и всех расставленных по трассе точек.

Масштаб изображения каждого отрезка трассы на аэроснимке устанавливают по фокусному расстоянию аэрофотоаппарата  $f_k$  и высоте фотографирования  $H_0$ , определяемой над средней точкой каждого отрезка трассы. Масштаб находят по превышениям точек трассы относительно исходной связующей точки каждой стереопары  $h_t$ :

$$\frac{1}{m_t} = \frac{f_k}{H_0 - h_t} = \frac{f_k}{H_t}$$

Контроль измерений по трассе ведут вторым промером расстояний между углами поворота трассы на плановой фототриангуляционной основе или по углам, измеренным на аэроснимках, наглядном монтаже или фотосхеме с учетом смещений их вершин за рельеф местности.

Для связи измерительных работ в смежных стереопарах, в зоне тройного перекрытия каждого аэроснимка, устанавливают на трассе одну-две связующие контурные точки, которым при разбивке пикетажа придают поликетное положение. Результаты нивелирования представляются в виде продольных и поперечных профилей и фотосхемы (фотоплана) трассы.

При решении отдельных задач, связанных с укладкой трассы на стереомодели, построением стереомодели, фотограмметрическим нивелированием или аэрофото-топографическими съемочными работами в притрассовой полосе, используют ЭВМ. На ЭВМ также определяют элементы ориентирования аэроснимков и установочных значений шкал коррекционных устройств фотограмметрических приборов, значений геодезических координат характерных точек трассы и местности; ведут расчеты элементов плана и профиля трассы, определяют суммарные приведенные

строительно-эксплуатационные и транспортные расходы по отдельным участкам и в целом по трассе.

Наиболее эффективно использовать ЭВМ в определенном комплексе с фотограмметрическими работами. Например, все фотограмметрические работы по съемке трассы и притрассовой полосы осуществляются на стереокомпараторе сразу за один раз, а аналитические расчеты на ЭВМ также сразу по всему комплексу с определением всех проектных данных и положения всех точек трассы и местности. По результатам расчетов на автоматизированном графопостроителе получают план, продольный профиль и поперечники уложенной трассы.

#### § V.16. КОМБИНИРОВАННОЕ ТРАССИРОВАНИЕ ДОРОГ

Комбинированное трассирование автомобильных дорог предусматривает сочетание камеральных работ по аэроснимкам, фотосхемам и стереомодели местности с геодезическими, геологическими и гидрологическими работами в поле. Комбинированное трассирование целесообразно выполнять по одной из комплексно-механизированных технологических схем, сочетающих пространственную стереофотограмметрическую укладку трассы по стереомодели местности или аналитически по математической модели на ЭВМ с полевыми геодезическими и геологическими работами в притрассовой полосе. Полевые работы в этом комплексе ведутся на современных геодезических приборах при автоматизированной записи результатов измерений на перфокарты, перфоленту или магнитную ленту. Аналитический процесс выполняется на ЭВМ, а графический — на автоматизированных графопостроителях.

В настоящее время могут быть использованы следующие комплексно-механизированные системы комбинированных трассировочных работ:

система топопривязчика и баропротографа, при использовании которой вдоль трассы, запроектированной по стереомодели местности, на автомобиле-топопривязчике перемещается отряд по перенесению проектной трассы в натуру и геологическая группа, уточняющая почвенно-грунтовые условия местности. Вынесенную в натуру трассу закрепляют вехами. Пользуясь проектом трассы на аэроснимках, его переносят на планшет топопривязчика в соответствующем масштабе с указанием элементов кривых. Далее топопривязчик двигается по трассе вместе с расположенным в кабине баропротографом. Стационарные барометрические станции при этом заранее размещаются и оснащаются необходимым оборудованием. При перемещении по трассе топопривязчика с баропротографом из кабины автомобиля опознают трассу, уточняют ее основные элементы, а на записывающих устройствах автоматически вычерчивается план и профиль трассы. При съемке поперечников топопривязчик перемещается вдоль них на местности, произведя автоматизированную запись точек плана и профиля. Опознавание трассы совмещается с дешифрированием аэроснимков, в процессе которого уточняют и фиксируют положение всех размещенных на трассе контуров, выявляют все плохо выраженные объекты и характеристики местности притрассовой полосы, устанавливают наиболее целесообразные точки для постоянного закрепления трассы на местности;

система электрооптических тахеометров (типа ТЭ), применяемая в комплексе с опознаванием, перенесением и закреплением в натуре уложенной по стереомодели трассы. Работы выполняют с точек опорного тахеометрического хода, прокладываемого вдоль трассы. При прокладке хода опознают трассу, дешифрируют аэроснимки, уточняют положение главных точек и основных элементов трассы и производят съемку всех характерных точек трассы и местности. Результаты полевых работ автоматически записываются на перфокарты, перфоленту или магнитную ленту, а затем по специальной программе обрабатываются на ЭВМ и автоматизированных графопостроителях. Выдаются материалы таких работ в виде готовых ведомостей, планов трассы и топографических планов сложных мест, продольных и поперечных профилей трассы, аэроснимков с трассой и результатами их полевого дешифрирования. После соответствующих фотограмметрических работ могут быть созданы фотопланы или фотокарты трассы, вся контурная часть которых создается камерально по фото-

снимкам. При отсутствии электронных или кодовых тахеометров в этой системе могут быть использованы оптические тахеометры с насадкой оптического дальномера или нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования, горизонтальным кругом и оптическим дальномером. Автоматизация записей на перфокарты и ленты в этом случае производится с помощью переносного автоматизированного записывающего кодового устройства (АРКУ);

Система номограммного тахеометра типа ТН с картографическим столиком. В этой системе так же, как и в предыдущей, тахеометром вдоль трассы прокладывают опорный ход. На станциях хода в столик закладывают аэроснимки с трассой, уложенной по стереомодели местности. Точки опорного хода стремятся разместить в хорошо опознаваемых и резко выраженных на снимках контурных точках. После оценки и уточнения на местности положения трассы производят съемку всех характерных точек трассы и местности притрассовой полосы с нанесением их на аэроснимки. Результаты геодезических работ записываются на автоматизированном кодовом устройстве для проведения необходимых расчетов на ЭВМ и вычерчивания на графопостроителе плана хода продольных и поперечных профилей трассы;

Система перемещаемого вдоль трассы фототеодолита. Двигаясь на автомобиле, вездеходе или мотоцикле вдоль переносимой с аэроснимков в натуру трассы (ранее запроектированной по аэроснимкам и стереомодели), выполняют фототеодолитом стереотопографическую съемку притрассовой полосы. Съемка сопровождается прокладкой опорной фотограмметрической сети между точками стояния прибора и опознаваемыми контурными точками местности, размещившимися в притрассовой зоне. Обработка снимков выполняется на высокоточном стереокомпараторе с автоматизированной записью результатов измерений, ЭВМ, графопостроителе, на современном стереоавтографе или технокarte. В процессе обработки фотоснимков на стереомодели производят пространственную фототриангуляцию, уточняют положение трассы, нивелируют все переломные точки трассы и поперечников с разбивкой пикетажа, составляют топографические планы отдельных сложных мест.

При использовании комплексно-механизированных систем комбинированного трассирования необходимо стремиться сократить все наиболее трудоемкие работы и пешие перемещения работников.

Предварительная укладка вариантов трассы аналогична вариантному трассированию стереофотограмметрическим методом. В сложных условиях рельефа может быть также рекомендована предварительная укладка трассы по горизонталям, зарисованным в узкой полосе, где располагаются варианты трассы. Для такого трассирования используются материалы аэросъемки прошлых лет различных ведомств с имеющимся геодезическим и фотограмметрическим обоснованием.

Детальная укладка трассы может производиться как камерально по стереомодели, аэроснимкам, фотосхеме или фотоплану специальной комбинированной аэрофотопографической съемки, так и в поле с точек магистрального хода, прокладываемого вдоль направлений трассы, установленных при трассировании по стереомодели. Камерально уложенная трасса переносится в натуру с последующей разбивкой пикетажа и нивелированием геодезическими приборами. При полевых трассировочных работах учитывается положение каждого участка трассы, а затем производятся обычные топографо-геодезические работы по трассе. Одновременно ведутся детальные почвенно-грунтовые и геологические обследования.

В случае развития трассы ее укладку в поле совмещают с инструментальным проведением линии заданного уклона и оценкой положения каждого участка трассы на стереомодели. При очень сложном рельефе перед трассированием по аэроснимкам в поле в узкой притрассовой полосе определяют высоты характерных точек местности и разбивают линию заданного уклона или рисуют рельеф. Съемку высот и проведение линии заданного уклона целесообразно выполнять номограммными тахеометрами ТН и ТВ или кипрегелями КА или КВ, а укладку трассы — по аэроснимкам под стереоскопом с интерполированием высот и с подбором кривых шаблонами. Использование фотографического изображения аэроснимков и стереомодели местности при трассировании

обеспечивает объективную оценку природных условий местности, исключает необходимость вести контурную съемку притрассовой полосы и заполнять пикетажный журнал, разделять притрассовую полосу на участки с однородными природными характеристиками.

#### § V.17. ОРТОГОНАЛЬНЫЙ СЛЕД ТРАССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕРЕОМОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Ортогональный след трассы (рис. V.14) образуется при проектировании отнесенными линиями воздушной линии трассы вместе с ее элементами плана на поверхность стереомодели (линия  $A, B, C, D, E, F$ ). На местности ему подобна линия пешенки с разбитыми вдоль нее прямыми и кривыми трассы. По ортогональному следу трассы выполняют нивелирование и проектирование дороги в профиле и перенос трассы в натуру.

При фотограмметрических работах, когда положение трассы фиксируется непосредственно на аэроснимках и негативах, ортогональный след трассы будет располагаться в ином месте, чем изображение воздушной линии. Так, рассматривая (см. рис. V.14) положение воздушной линии трассы на стереомодели (линия  $AB C' D' E F$ ) и ее ортогональную проекцию на стереомодель — ортогональный след трассы (линия  $ABCDEF$ ), при их проектировании на плоскость аэроснимка по законам центрального проектирования получим на ней изображение воздушной линии в одном месте (линия  $abc'd'e'f$ ), а изображение ортогонального следа трассы в другом (линия  $abcd'ef$ ). Между этими изображениями

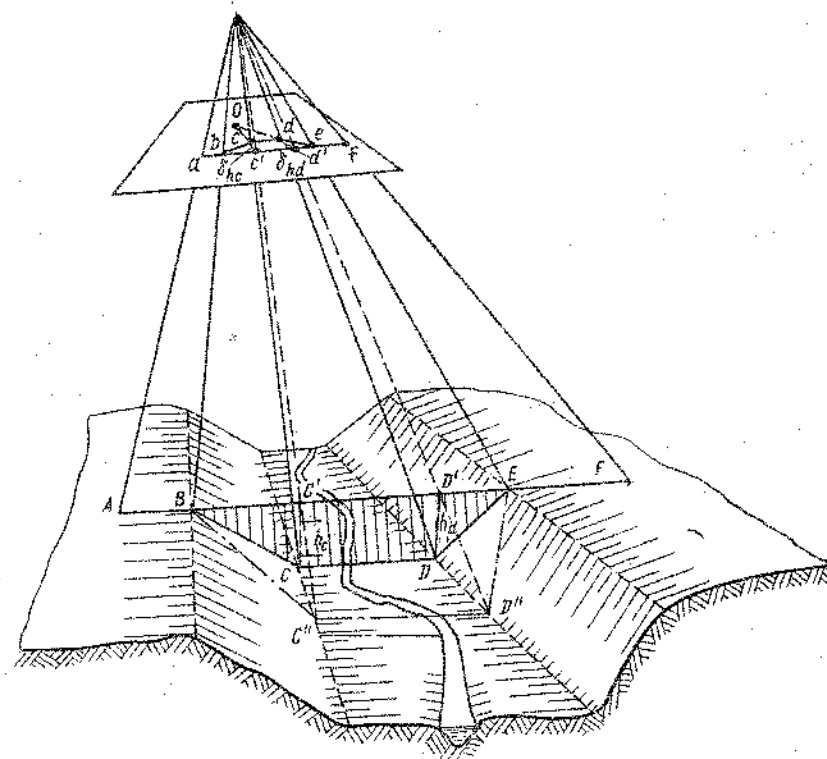


Рис. V.14. Ортогональный след трассы на стереомодели и аэроснимке





числе и кротоид, вдоль ортогонального следа секущих, проложенных вблизи криволинейного контура или от любых линий, разместившихся между двумя опознаваемыми контурными точками местности. Элементы разбивки всех точек в таких случаях рассчитываются на ЭВМ.

При отсутствии контурных точек на трассе их можно брать на продолжениях проектных линий или находить положение отдельных точек трассы путем промера расстояний вдоль контуров, пересекающих трассу, между лежащей на контуре точкой местности и трассой. Длины линий откладываются с учетом введения в них поправок за влияние рельефа местности. Переносимая с аэроснимком в натуру линия трассы должна иметь не менее трех хорошо выраженных створных контурных точек при возможно большем удалении их по трассе друг от друга.

Уклонение этих точек от створов не должно превышать установленных для них пределов.

На длинных прямых в пересеченной местности створные вехи должны быть высотой 5—6 м с характерной отметкой на вершинах.

Способы перенесения проекта трассы в натуру должны подбираться в соответствии с обстановкой и наличием подручных средств.

Все створы через трассу между боковыми опознаваемыми контурными точками местности целесообразно проводить вдоль центральных направлений каждого снимка. Исходные контурные точки должны быть опознаны в натуре с необходимой точностью.

Всемер промерам расстояний на аэроснимках должно предшествовать определение положения горизонтальных проекций исходных точек на горизонтальную плоскость, расположенную на высоте определяемой точки. Все промеры между изображением определяемой точки на ортогональном следе и горизонтальной проекцией исходной контурной точки на снимке выполняются в масштабе определяемой точки.

Отдельные данные, отсутствующие в проекте, определяют с помощью геометрических измерений на снимке или чертеже и путем аналитических вычислений. Однако к геометрическим измерениям следует прибегать лишь в тех случаях, когда у проекта трассы отсутствуют другие, более точные данные, с помощью которых можно установить некую величину.

При аналитическом или стереофотограмметрическом трассировании дорог на ЭВМ наряду с другими точками в зоне укладки трассы намечают ряд хорошо опознаваемых контурных точек местности, предназначенных для перенесения запроектированной трассы в натуру. Эти точки в процессе аналитической укладки трассы образуют створные линии или линии инструментальных ходов, от которых по предварительно вычисленным на ЭВМ данным в дальнейшем ведут перенос и детальную разбивку запроектированного земляного полотна. При этом на ЭВМ можно выбирать способ разбивки и все данные по ее производству в зависимости от того, как опознаваемые контурные точки размещаются относительно точек запроектированной трассы. В таких случаях перенесение трассы и детальная разбивка трассы обычно совмещаются в один общий процесс.

При перенесении запроектированной трассы в натуру по исходным данным, полученным на ЭВМ, точность работ резко повышается.

При инструментальном методе переноса проекта трассы в натуру имеются два способа ведения работ: способ прокладки магистрального хода по трассе с инструментальной укладкой проектных элементов и точек трассы и способ прокладки инструментального магистрального хода вблизи трассы с разбивкой точек трассы от точек и линий магистрального хода.

Первый способ широко используют, когда проект трассы зафиксирован на топографических планах, контурных планах или когда он представлен аналитически — координатами основных точек трассы. Его можно также применять в бесконтурной местности и в тех случаях, когда трасса размещена на аэроснимках, фотосхемах или фотопланах.

Перенесение трассы вторым способом сводится к тому, что прокладывают магистральный ход и от него откладывают элементы привязки трассы к этому ходу. Обычно для определения положения точек трассы пользуются способами

перпендикуляров, полярных координат или засечек. Значения элементов привязки трассы к ходу или к опознакам чаще всего устанавливают по топографическому плану или фотоплану.

При перенесении трассы в натуру за рубежом широко используется густая сеть опорных точек, созданных в пратрассовой полосе и замаркированных на местности еще перед крупномасштабной аэро съемкой.

## § V.19. АЭРОИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

Аэроизыскательские работы для реконструкции дорог выполняются теми же методами, что и при изысканиях новых автомобильных дорог.

По стереомодели производят пространственное проектирование участков трассы, подлежащих перестройке: устраняют неоправданную извилистость трассы, увеличивают видимость, смягчают продольные уклоны, увеличивают радиусы кривых, перестраивают водоотвод и дренажную сеть переувлажненных мест. По аэроснимкам и на стереомодели проектируют обходы населенных пунктов, пересечения дорог в разных уровнях, устанавливают целесообразные конструкции перестройки и уширения отдельных элементов земляного полотна, инженерные мероприятия по приданию устойчивости оползневым склонам.

При трассировании новых участков дороги взамен опасных и перестраиваемых мест по стереомодели могут быть назначены и оценены все основные элементы вновь проектируемых участков земляного полотна и условия его примыкания к существующему. При уширении дороги на стереомодели можно оценить условия размещения уширяемой части земляного полотна, выделить одно из направлений в виде самостоятельной ветви земляного полотна. В процессе таких работ аэрогеодезическими методами могут быть определены новые рабочие отметки и уклоны земляного полотна, подобраны наиболее целесообразные места закруглений и их элементы с учетом условий безопасности и рациональной вписываемости в сложившийся рельеф местности при надлежащем сочетании геометрических элементов трассы между собой и с природными факторами. Трассирование сопровождается вариантными сравнениями и оценками.

После окончания трассирования производится фотограмметрическое нивелирование трассы и поперечников с расчетом и разбивкой пикетажа. Данный комплекс работ может быть выполнен любым из ранее указанных методов трассирования. Для учета и характеристики существующего движения на дороге может быть выполнена специальная аэро съемка, приуроченная к определенному времени и месту.

## Глава VI

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ

#### § V.I. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование автомобильных дорог и мостовых переходов, выделяемых в отдельный титул, на основании постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28 мая 1969 г. «Об улучшении проектно-сметного дела» ведут в две стадии — технический проект, составляемый на основе подробных технических изысканий, и рабочие чертежи, разрабатываемые на основе предпроектных изысканий. Для технически несложных объектов с применением типовых проектов разрешается также проектирование в одну стадию — технико-рабочий проект (технический проект, обеспеченный рабочими чертежами).

Для автомобильных дорог большого протяжения, пролегающих в сложных природных условиях, а также титульных мостовых переходов предшествующей стадией проектирования является самостоятельно составляемое ТЭО — технико-экономическое обоснование строительства (см. гл. III). При выполнении срочных заказов на проектирование небольших объектов по протяжению или отдельных участков автомобильных дорог, а также мостовых переходов в виде исключения разрешается разработка ТЭО параллельно с техническим проектом, и в этом случае ТЭО включается отдельной главой в состав технического или техно-рабочего проекта.

Постановлением Госстроя СССР от 15 сентября 1975 г. № 156 «Об уточнении порядка разработки технико-экономических обоснований и проектов на строительство (реконструкцию) объектов» установлено:

на стадии ТЭО более тщательно прорабатываются варианты трассы автомобильных дорог, выполняются все согласования по отводу земель под сооружения, входящие в комплекс дороги, а также временно отводимые под сосредоточенные резервы грунтов, строительные площадки и т. п.;

стоимость строительства объектов, определенная на стадии ТЭО и принятая при утверждении ТЭО, является окончательным лимитом для данного объекта;

стоимость строительства на стадии ТЭО определяется на основании укрупненных показателей сметной стоимости (УПСС). УПСС разрабатываются по данным отрасли строительства в соответствии с Методическими указаниями Госстроя СССР, утвержденными 4 декабря 1975 г.;

сводные и пообъектные сметы, составляемые по материалам технического или техно-рабочего проекта и определяющие строительную стоимость объектов, не должны превышать утвержденного лимита на стадии ТЭО.

На основании постановления Госстроя СССР несложные объекты (короткие по протяжению автомобильные дороги низких категорий), как правило, проектируют в одну стадию (техно-рабочий проект).

Для магистральных автомобильных дорог высших категорий большого протяжения и больших мостовых переходов, а также для дорог, пролегающих в сложных природных условиях (зона вечной мерзлоты, дороги на болотах и пролегающие в горной местности), проектирование ведется в две стадии — технический проект и рабочие чертежи. Стадийность проектирования устанавливает инстанция, утверждающая ТЭО.

Технический проект или техно-рабочий проект составляют с целью: выявления технической возможности строительства; установления этапных участков строительства, позволяющих вводить в эксплуатацию законченные строительством участки дороги; определения сроков окончания строительства дороги в целом и отдельных участков; окончательного выбора направления дороги и источников обеспечения строительства основными строительными материалами, электроэнергией и водой; принятия всех основных технических решений; определения сметной стоимости строительства дороги в целом и этапных участков в частности (по этапным сметам ведутся расчеты со строительными организациями за выполняемые работы).

Технический проект должен содержать те материалы и данные, которые необходимы для обоснования принятых основных технических решений, определения стоимости, сроков и технико-экономических показателей строительства.

Составлено техно-рабочего проекта включает в себя стадию рабочих чертежей, по которым осуществляется строительство.

При проектировании в две стадии рабочие чертежи разрабатывают на основе утвержденного технического проекта и предпроектных изысканий, причем сметы к рабочим чертежам не составляют. По существу рабочие чертежи являются детализованными чертежами, по которым осуществляются строительные и монтажные работы.

Техно-рабочий проект на несложные объекты с применением типовых проектов составляется на основе утвержденного ТЭО и подробных технических изысканий. После утверждения техно-рабочего проекта выполняется корректировка его по замечаниям экспертизы и утверждающей инстанции и в исправленном

виде он направляется строительной организации для осуществления строительства.

При разработке рабочих чертежей при двухстадийном проектировании запрещается вносить изменения в проект, вызывающие снижение технической категории дороги, капитальности сооружений, утвержденных в техническом проекте. Изменение объемов в сторону увеличения против предусмотренных в техническом проекте, влекущих увеличение сметной стоимости против утвержденной стоимости в техническом проекте категорически запрещается.

Рабочие чертежи, а также привязанные к участкам строительства типовые проекты, сметы к которым составлены и утверждены в техническом проекте, должны передаваться строительной организации комплектно по объектам в целом не позднее 1 сентября года, предшествующего году начала строительства.

На строительстве, осуществляемые за счет средств капитального ремонта, разрешается выдавать рабочие чертежи не позднее чем за 3 мес до начала строительства. На объекты, срок строительства которых более одного года, допускается передача рабочих чертежей по очередям и этапам строительства по согласованному с заказчиком графику.

Объем и оформление проектных и сметных материалов, входящих в состав ТЭО, технического или техно-рабочего проектов, рабочих чертежей, должны соответствовать эталонам проектов, согласованных министерствами и ведомствами с Госстроем. В частности, для проектов автомобильных дорог Главтранспроектом Минтрансстроя СССР разработан проект эталона на технический проект.

Составленные проектными организациями проекты и сметы подлежат утверждению в порядке, установленном Советом Министров СССР.

При двухстадийном проектировании на утверждение представляются технический проект со сводной и этапными сметами и ТЭО, составляемое перед разработкой технического проекта.

Основные проектные решения со сводным сметно-финансовым расчетом разработанные для сложных объектов, по требованию заказчика представляются на утверждение ранее, т. е. до составления технического проекта.

При одностадийном проектировании несложных объектов с использованием типовых проектов представляются на утверждение техно-рабочий проект со сводной и этапными сметами и ТЭО.

Установлен следующий порядок утверждения проектов:

ТЭО и технические проекты со сводными и этапными сметами наиболее крупных объектов, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, утверждаются Советом Министров СССР с предварительным рассмотрением Госстроем СССР;

ТЭО и технические проекты объектов республиканского значения, выполняемые по заказам республиканских министерств и ведомств, утверждаются советами министров союзных республик;

технические проекты на строительство объектов союзного значения и объектов, находящихся в ведении министерств, со сметной стоимостью свыше 2,5 млн. руб., а также технические проекты, разработанные по ТЭО, утвержденным Советом Министров СССР или советами министров союзных республик, утверждаются министрами и руководителями ведомств СССР или их заместителями;

технические проекты на строительство объектов союзного подчинения и объектов, находящихся в ведении министерств, а также технические проекты, разработанные по ТЭО, утвержденным министерствами и ведомствами, утверждаются в порядке, установленном министрами и руководителями ведомств СССР; технические проекты на строительство объектов союзно-республиканских министерств, союзных республик, республиканских министерств и ведомств местного подчинения утверждаются в порядке, определяемом советами министров союзных республик.

Рабочие чертежи при двухстадийном проектировании утверждаются руководителями организаций заказчика.

Изменения утвержденных технических проектов, техно-рабочих проектов и смет, а также ТЭО производятся инстанциями, утвердившими соответствующую проектно-сметную документацию.

## Перечень основных типовых проектов, используемых при проектировании автомобильных дорог

Типовой проект	Номер проекта, утвержденный Госстроем СССР	Проектная организация, разработавшая проект
Поперечные профили земляного полотна автомобильных дорог, за исключением участков насыпей высотой более 12 м и выемок глубиной более 12 м, насыпей на болотах глубиной более 2 м, на крутых косогорах, оползневых склонах	5-04-52	Киевский филиал Союздорпроект, 1964 г.
Альбом конструкций укреплений откосов земляного полотна железных и автомобильных дорог общей сети Союза ССР	—	Мосгипротранс, 1970 г.
Укрепление земляного полотна сборными решетчатыми конструкциями. Рабочие чертежи	—	Союздорпроект, 1971 г.
Укрепление земляного полотна. Примеры проектирования	5-0-66	Киевский филиал Союздорпроект, 1964 г.
Конструкции земляного полотна для строительства в районах распространения вечной мерзлоты	—	Союздорпроект, 1971 г.
Альбом водостводных устройств на железных и автомобильных дорогах общей сети Союза ССР	—	Мосгипротранс, 1970 г.
Дренажные устройства земляного полотна автомобильных дорог	3.503-21	Союздорпроект, 1972 г.
Конструкции дорожных одежд	3.503-1	Киевский филиал Союздорпроект, 1970 г.
Элементы автомобильных дорог на закруглениях — виражи, уширения проезжей части, переходные кривые	4.503-1	Союздорпроект, 1963 г.
Пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне	503-53	Киевский филиал Союздорпроект, 1967 г.
Автобусные остановки и площадки для стоянок автомобилей	500-1	Киевский филиал Союздорпроект, 1966 г.
Конструктивные решения по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах	3.503-9	Союздорпроект, 1966 г.
Элементы ограждений автомобильных дорог	3.503-9	Союздорпроект, 1966 г.
Нормы конструкций для обеспечения безопасности движения на подходах к мостам и путепроводам и устройств для эксплуатации	3.503-9	Союздорпроект, 1966 г.
Схема разметки проезжей части автомобильных дорог I, II, III категорий	3.503-9	Союздорпроект, 1968 г.
Дорожные знаки	—	Союздорпроект, 1974 г.

Представляемые на утверждение проектные материалы должны рассматриваться с вынесением соответствующих решений в следующие сроки с момента получения материалов: ТЭО — не позднее 30 дней, технический и техно-рабочий проекты — не позднее 45 дней.

Рабочие чертежи составляются под ответственность исполняющих их проектных организаций. Заказчик обязан проверять по согласованному с проектной организацией графику поступление рабочих чертежей и передавать их строительной организации к исполнению за подписью главного инженера, дирекции строящейся дороги, а при ведении работ хозяйственным способом — за подписью главного инженера строительства.

Советом Министров СССР запрещено осуществление и финансирование строительства при отсутствии ТЭО, технического или техно-рабочего проекта со сводными поэтапными сметами, утвержденными в установленном порядке.

### § VI.2. ДОКУМЕНТЫ И ТИПОВЫЕ ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Проектирование автомобильных дорог, как и всякого другого сооружения, выполняется на основании строительных норм и правил (СНиП), введенных в действие с 1962 г., с учетом изменений и дополнений, введенных в последующие годы, разработанных на их основе норм и технических условий проектирования автомобильных дорог и ряда других документов, утвержденных Госстроем СССР.

«Строительные нормы и правила» (СНиП) представляют свод общеобязательных норм по проектированию и строительству и состоит из четырех частей:

Часть I. Строительные материалы, изделия, конструкции и оборудование. В этой части приведены характеристики и требования к строительным материалам, изделиям, конструкциям. Основное назначение части I — способствовать правильному применению наиболее эффективных материалов. Требования к дорожно-строительным материалам приведены в СНиП I-Д.2-70 (Автомобильные дороги. Материалы и изделия).

Часть II. Нормы строительного проектирования. Нормативы, касающиеся проектирования автомобильных дорог, изложены в СНиП II-Д.5-72, а нормы строительного проектирования мостов и труб — в СНиП II-Д.7-72.

Часть III. Организация и технология строительного производства. В этой части приведены основные положения по организации труда и материально-техническому хозяйству, правила по технике безопасности и продолжительности строительства, рекомендуемая технология строительных процессов. Дорожно-мостовое строительство описано в СНиП III-Д.5-73 и СНиП III-43-75.

Часть IV. Сметные нормы. В этой части помещены сметно-нормативные материалы: общие положения, указания и правила по применению сметных норм, определению стоимости материалов, изделий, машино-смен, а также нормы затрат на временные здания и сооружения в процентах и т. д.

Проектирование и строительство отдельных элементов автомобильных дорог осуществляется также по ведомственным техническим правилам, указаниям и инструкциям.

Проектирование ведут с максимальным использованием типовых проектов (перечень основных типовых проектов приведен в табл. VI.1).

При наличии утвержденных, в установленном порядке, типовых проектов категорически запрещается разработка индивидуальных решений. Необходимо также использовать нетиповые проекты, рекомендованные для повторного применения.

Индивидуальные проекты разрешается составлять на объекты, для которых нет типовых проектов (высокие насыпи и глубокие выемки, или насыпи и выемки, находящиеся в сложных гидрогеологических условиях, участки дорог, проходящие в зоне оползней, горных обвалов, по крутым скальным склонам, через болота, в зоне многолетней мерзлоты, места пересечений автомобильных дорог в разных уровнях и т. п.).

Некоторые документы, наиболее широко используемые при проектировании, кроме типовых проектов, приведены в табл. VI.2.

Типовой проект	Номер проекта, утвержденный Госстроем СССР	Проектная организация, разработавшая проект
Путепровод на автомобильных дорогах для пересечения в разных уровнях автомобильных и железных дорог на перегонах и станциях с вариантом северного исполнения (взамен инв. № 332/1, 2).	3.503-28	Гипротрансмост, 1963 г.
Пешеходные мосты через железные и автомобильные дороги с вариантом северного исполнения	501-166	Гипротрансмост, 1965 г.
Унифицированные сборные водопропускные трубы для железных и автомобильных дорог общей сети и промышленных предприятий	3.501-50	Ленгипромтранс-мост, 1970 г.
Водопропускные сборные бетонные и железобетонные трубы для железных и автомобильных дорог при расчетной температуре — 40°C и ниже, глубококом сезонном промерзании и наледях	3.501-65	Ленгипротрансмост, 1972 г.
Укрепление русел, конусов и откосов насыпей у труб	3.501-65	Ленгипротрансмост, 1962 г.
Сборные унифицированные водопропускные трубы для железных и автомобильных дорог	501Ж-5	Ленгипротрансмост, 1965 г.
Унифицированные косогорные водопропускные трубы для железных и автомобильных дорог	501-96	Ленгипротрансмост, 1957 г.
Укрепление русел, конусов и откосов насыпей у малых и средних мостов	501-203	Ленгипротрансмост, 1972 г.
Верховые и низовые подпорные стены из сборного и монолитного железобетона	3.503-22	Тбилисский филиал Союздорпроекта, 1971 г.
Здания и сооружения службы эксплуатации автомобильных дорог	—	Союздорпроект, 1974 г.
Комплекс зданий и сооружений дорожного участка с дорожно-ремонтным пунктом технической помощи для районов с сейсмичностью 7—8 баллов (районы Крыма и Кавказа)	503-753	Тбилисский филиал Союздорпроекта, 1969 г.
Павильоны на автобусных остановках автомобильных дорог общегосударственного значения	503-156	Тбилисский филиал Союздорпроекта, 1972 г.
Автопавильоны:		
Вып. 1. На 20 чел., полузакрытый	—	Ленинградский филиал Гипродорнии, 1973 г.
Вып. 2. На 20 чел., полузакрытый		
Вып. 3. На 10 чел., полузакрытый		
Вып. 4. На 12 чел., открытый		

## Документы, используемые при проектировании автомобильных дорог

Наименования документов	Кем и когда утверждены
<b>1. Общие вопросы</b>	
Указания о порядке планирования проектных и изыскательских работ и порядке выделения средств на эти работы	Госплан, Госстрой, Минфин СССР, 1959 г.
Правила о договорах на выполнение проектных и изыскательских работ	Госплан, Госстрой, Минфин СССР, 1959 г.
Общие положения к инструкциям для основных видов строительства СН 210-62	Госстрой СССР, 1962 г.
Инструкция по изысканиям и проектированию реконструкции автомобильных дорог	Союздорпроект, 1959 г.
Инструкция о порядке проведения экспертизы проектов на строительство СН 213-73	Госстрой СССР, 1973 г.
Положение об изыскательских подразделениях, выполняющих изыскания автомобильных дорог	Союздорпроект, 1962 г.
Инструкция по инженерным изысканиям для линейного строительства СН 234-62	Госстрой СССР, 1962 г.
Руководство по разбивке переходных кривых и выражей на закруглениях автомобильных дорог ВСН 23-63	Минавтошосдор РСФСР, 1963 г.
Временные нормы продолжительности проектирования СН 283-64	Госстрой СССР, 1965 г.
Технические правила по экономическому расходованию металла, леса, цемента и по рациональной области применения железобетонных и металлических конструкций в строительстве ТП 101-65	Госстрой СССР, 1966 г.
Указания по производству изысканий и проектирования лесонасаждений вдоль автомобильных дорог ВСН 33-66	Минавтошосдор РСФСР, 1966 г.
Указания по организации и обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах ВСН 25-76	Минавтодор РСФСР, 1976 г.
Рекомендации по вопросам согласований при производстве изысканий автомобильных дорог и мостовых переходов	Союздорпроект, 1969 г.
Временные указания по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании и строительстве автомобильных дорог	Минавтошосдор РСФСР, 1969 г.
Временная инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства СН 202-69	Госстрой СССР, 1969 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Положение о проектной организации и генеральном проектировщике	Госстрой СССР, 1970 г.
Технические правила по экономичному расходованию основных и строительных материалов ТП-101-70	Госстрой СССР, 1970 г.
Инструкция о порядке составления смет на проектные и изыскательские работы	Госстрой СССР, Стройбанк СССР, 1970 г.
Правила дорожного движения	МВД СССР, 1972 г.
<b>2. Инженерно-гидрометеорологические работы</b>	
Технические условия определения волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега СН 92-60	Госстрой СССР, 1960 г.
Технические указания по проектированию морских берего-укрепительных сооружений ВСН 89-63	Госстрой СССР, 1965 г.
Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям СН 288-64	Госстрой СССР, 1965 г.
Методические указания по гидравлическому расчету косогорных труб	ЦНИИС, 1967 г.
Технические указания по применению аэрометодов на изысканиях мостовых переходов ВСН 37-67	Минтрансстрой СССР, 1967 г.
Указания по определению ледовых нагрузок на речные сооружения СН 76-66	Госстрой СССР, 1967 г.
Инструкция по расчету стока с малых бассейнов ВСН 63-67	Минтрансстрой СССР, МПС, 1967 г.
Методические указания по расчету общего размыва под мостами	ЦНИИС, 1968 г.
Рекомендации по подсчету естественных циклических деформаций русел равнинных рек при строительном проектировании	ГУГМС Министерства энергетики и электрификации СССР, 1970 г.
Технические указания по расчету местного размыва у опор мостов, струенаправляющих дамб и траверсов ВСН 62-69	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Методическое руководство по гидрологическому обследованию водотоков и разработке региональных норм максимального стока при проектировании автомобильных дорог	Союздорпроект, 1970 г.
Методические указания по проектированию противоналедных сооружений	ЦНИИС, Томгидротранс, 1970 г.
Инструкция по производству инженерно-гидрографических изысканий на реках, озерах и водохранилищах для строительства	Минречфлот РСФСР, 1971 г.
Наставления по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки НИИМП-72	ЦНИИС, Главтранспроект, 1972 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Указания по определению гидрологических характеристик СН 435-72	Госстрой СССР, 1972 г.
Методические указания по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям автомобильных дорог	Союздорпроект, 1973 г.
Указания по расчету дождевых расходов	Главтранспроект, Союздорпроект, 1973 г.
<b>3. Проектирование земляного полотна</b>	
Инструкция по сооружению земляного полотна автомобильных дорог ВСН 97-63	Минтрансстрой СССР, 1963 г.
Указания по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на болотах	Главтранспроект, 1963 г.
Указания по технологии возведения насыпей железных и автомобильных дорог на болотах и устройству построчных дорог ВСН 134-66	Минтрансстрой СССР, 1966 г.
Предложения по оценке и учету источников увлажнения и регулированию водного режима земляного полотна автомобильных дорог	Союздорнии, 1966 г.
Предложения по нормам плотности при уплотнении грунтов в особых условиях	Союздорнии, 1966 г.
Предложения по укреплению пучинистых грунтов для устройства морозозащитных слоев	Союздорнии, 1967 г.
Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах	Главтранспроект, 1968 г.
Указания по проектированию производства земляных работ при сооружении земляного полотна железных и автомобильных дорог способом гидромеханизации	Союздорнии, 1969 г.
Инструкция по определению требуемой плотности и контролю за уплотнением земляного полотна автомобильных дорог	Минтрансстрой СССР, 1969 г.
Технические указания по производству работ при укреплении земляных откосов железобетонными плитами	Минтрансстрой СССР, 1969 г.
Технические указания по возведению земляного полотна автомобильных дорог из переувлажненных грунтов ВСН 166-70	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Методические рекомендации по оценке степени уплотнения насыпей, возведенных из крупнообломочных грунтов	Минавтошосдор РСФСР, 1972 г.
<b>4. Проектирование дорожной одежды</b>	
Временные технические правила устройства дорожных оснований из основных доменных шлаков	Минавтошосдор РСФСР, 1954 г.
Указания по строительству дорожных гравийных покрытий	Минавтошосдор РСФСР, 1960 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ВСН 46-72	Минтрансстрой СССР, 1972 г.
Рекомендация по укреплению грунтов цементом при строительстве дорожных и аэродромных оснований и покрытий	Союздорпроект, 1964 г.
Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами СН 25-64	Госстрой СССР, 1965 г.
Методические указания по проектированию морозозащитных и дренирующих слоев в основании проезжей части автомобильных дорог	Минтрансстрой СССР, 1965 г.
Рекомендации по проектированию смесей из некондиционных каменных материалов, укрепленных цементом для дорожных покрытий и оснований	Союздорнии, 1966 г.
Предложения по комплексному методу укрепления грунтов, применяемых при строительстве дорог II—IV категорий в различных климатических условиях	Союздорнии, 1967 г.
Рекомендации по выбору вязких битумов для строительства разных типов дорожных одежд в различных климатических условиях	Союздорнии, 1967 г.
Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью ВСН 30-77	Минавтодор РСФСР, 1977 г.
Инструкция по устройству цементобетонных покрытий автомобильных дорог ВСН 139-68	Минтрансстрой СССР, 1968 г.
Технические указания по устройству покрытия и основания из грунтов, укрепленных битумами ВСН 140-68	Минтрансстрой СССР, 1968 г.
Технические указания по укреплению глинистых грунтов цементом при отрицательных температурах ВСН 142-68	Минтрансстрой СССР, 1968 г.
Технические указания по устройству дорожных покрытий из теплого асфальтобетона ВСН 159-68	Минтрансстрой СССР, 1969 г.
Технические указания по устройству оснований из обломочных материалов, укрепленных цементом ВСН 164-69	Минтрансстрой СССР, 1969 г.
Предложения по освещению асфальтобетонных покрытий	Союздорнии, 1969 г.
Технические указания по применению мелкозернистых (песчаных) цементных бетонов в дорожном строительстве ВСН 171-70	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий на основаниях из битумо-минеральных смесей или местных каменных материалов, укрепленных гранулированным шлаком или малыми дозами цемента	Минтрансстрой СССР, 1972 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Методические указания и рекомендации по технологии производства керамдора для применения в конструкциях дорожных одежд	Союздорнии, 1972 г.
<b>5. Обстановка и принадлежности дороги</b>	
Руководство по расчету и проектированию транспортных развязок (при пересечениях и примыканиях автомобильных дорог в разных уровнях)	Одобрено Минтрансстроем СССР, 1960 г.
Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог ВСН 103-74	Минтрансстрой СССР, 1974 г.
Указания по проектированию городских транспортных и пешеходных тоннелей СН 296-64	Госстрой СССР, 1964 г.
Предложения по повышению эффективности снегозадерживающих насаждений вдоль автомобильных дорог	Союздорнии, 1964 г.
Инструкция по устройству и обслуживанию поездов	МПС СССР, 1965 г.
Правила установки дорожных знаков на автомобильных дорогах ВСН 28-76	Минавтодор РСФСР, 1976 г.
Указания по разметке автомобильных дорог ВСН 27-75	Минавтодор РСФСР, 1975 г.
<b>6. Подпорные стены</b>	
Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства ВСН 167-70	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Рекомендации по проектированию подпорных стен в районах северной строительно-климатической зоны	ЦНИИС, 1971 г.
<b>7. Организация строительства</b>	
Указания по проектированию и разработке при-трассовых карьеров дорожного строительства ВСН 75-62	Минтрансстрой СССР, 1963 г.
Инструкция по сооружению земляного полотна автомобильных дорог ВСН 97-63	Минтрансстрой СССР, 1964 г.
Нормы расхода материалов в промышленности, транспортном и коммунальном строительстве СН 275-64	Госстрой и Госплан СССР, 1964 г.
Указания по сбору данных для составления проекта организации строительства железных и автомобильных дорог	Главтранспроект, 1965 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Инструкция о порядке составления и утверждения проектов организации строительства и проектов производства работ СН 47-74	Госстрой СССР, 1974 г.
Указания по составлению и применению сетевых графиков в транспортном строительстве	Минтрансстрой СССР, 1967 г.
Единые правила безопасности при взрывных работах	Гостехнадзор, 1968 г.
Единые правила при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом	Гостехнадзор, 1968 г.
Нормы технологического проектирования	Минпромстройматериалов СССР, 1968 г.
Указания по разработке сетевых графиков и применению их в строительстве СН 391-68	Госстрой СССР, 1968 г.
Указания по проектированию возведения земляного полотна железных и автомобильных дорог способом гидромеханизации	Главтранспроект, 1968 г.
Временные указания о порядке определения этапов работ и рекомендуемые схемы этапов в проектах на строительство дорог	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Указания по методике заполнения сводных ведомостей объемов земляных работ и установлению номенклатуры земляных работ	Союздорпроект, Главтранспроект, 1971 г.
Рекомендации по разработке вопросов техники безопасности и производственной санитарии в проектах организации строительства и проектах производства работ	ЦНИИОМТ Госстрой СССР, 1972 г.
<b>8. Изыскания, проектирование и строительство дорог в сложных природных условиях</b>	
Технические правила на сооружение земляного полотна, дорожных оснований в засушливой зоне на засоленных грунтах	Минтрансстрой СССР, 1954 г.
Технические указания по проектированию и возведению земляного полотна автомобильных дорог в районах искусственного орошения засушливой зоны ВСН 47-60	Минтрансстрой СССР, 1961 г.
Технические указания по проектированию и возведению земляного полотна автомобильных дорог в районах распространения подвижных песков ВСН 77-62	Минтрансстрой СССР, 1962 г.
Технические указания по изысканиям, проектированию и строительству автомобильных дорог и аэродромов в районах вечной мерзлоты ВСН 84-62	Минтрансстрой СССР, 1962 г.
Технические указания по строительству автомобильных дорог в зимних условиях ВСН 120-65	Минтрансстрой СССР, 1965 г.
Предложения по уточнению классификации засоленных грунтов для дорожного строительства	Союздорнии, 1966 г.

Наименования документов	Кем и когда утверждены
Рекомендации по конструкциям и способам возведения земляного полотна на мокрых солончаках	Союздорнии, 1966 г.
Указания по технологии возведения насыпей железных и автомобильных дорог на болотах и устройству построчных дорог ВСН 134-66	Минтрансстрой СССР, 1966 г.
Технические указания по строительству и содержанию зимних автомобильных дорог на снежном и ледяном покрове в условиях Сибири и Северо-Востока СССР ВСН 137-68	Минтрансстрой СССР, 1968 г.
Предложения по выбору рациональных конструкций дорожных одежд из укрепленных грунтов в пустынных и засушливых районах Казахской ССР	Минтрансстрой СССР, 1968 г.
Методические указания по проектированию противоналедных мероприятий и устройств	Минтрансстрой СССР, 1970 г.
Указания по защите автомобильных дорог от снежных заносов лесными полосами в Западном Казахстане ВСН 12-72	Минавтодор Казахской ССР, 1972 г.

## § VI.3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ

Большое количество инженерных расчетов запрограммировано, и для сокращения затрат инженерного труда рекомендуется применение этих стандартных программ.

Первый большой банк программ был составлен Союздорпроектком для ЭВМ типа «Наири», которыми располагают многие проектные организации. Перечень этих программ приведен ниже.

В настоящее время совершается повсеместный переход на ЭВМ типа ЕС-1020. Перечень программ для этой машины, разработанных и разрабатываемых Союздорпроектком, приведен ниже.

Кроме этих программ, могут быть использованы и другие, разработанные рядом проектных организаций. К их числу относятся, в частности, программы «Гидрам-3» и «РУР-1», разработанные Гипротрансмостом для комплексных расчетов мостовых переходов с уширением подмостового русла и без уширения.

## Перечень программ для расчетов на ЭВМ «Наири-2»

Раздел I. Изыскания и проектирование автомобильных дорог.  
 Проектирование плана трассы автомобильных дорог.  
 Расчеты координат плана трассы.  
 Разбивка трассы автомобильной дороги от базиса.  
 Определение элементов вспомогательных разбивочных ходов.  
 Вычисление дирекционных углов и координат теодолитного хода.  
 Узвязка проектной линии с подсчетом проектных и рабочих отметок при проектировании продольного профиля автомобильных дорог.  
 Подсчет объемов земляных и укрепительных работ в равнинной местности.  
 Подсчет объемов земляных и укрепительных работ в пересеченной местности.  
 Подсчет объемов земляных работ в заболоченной местности.

Подсчет скоростей движения автомобилей с учетом кривых в плане.  
 Программа определения приведенных капитальных вложений и транспортных расходов в зависимости от продольного уклона автомобильных дорог.  
 Проектирование равноустойчивого откоса по методу Н. Н. Маслова.  
 Расчет дорожной одежды.  
 Расчет выража на автомобильных дорогах.  
 Расчет перспективных координат проектируемых участков автомобильных дорог и сооружений на них.  
 Расчет перспективных координат на ЭВМ и построение перспективных изображений полотна дороги на графопостроителе ДГУ-2.  
 Раздел II. Гидрология и гидравлика.  
 Определение максимальных расходов дождевых паводков по формуле предельной интенсивности стока по СН 435-72.  
 Ливневой сток по предложению Союздорпроекта 1973 г.  
 Определение максимальных расходов талых вод.  
 Определение расходов с учетом аккумуляции.  
 Определение геометрических размеров и объемов работ по круглым трубам.  
 Определение размеров и объемов работ по прямоугольным трубам.  
 Определение максимальных расходов и уровней воды по методу Алексеева.  
 Морфометрические расчеты расходов и уровней мостовых переходов<sup>1</sup>.  
 Статистический расчет расходов и уровней.  
 Расчет общего размыва под мостами с учетом слоистого залегания грунтов по методическим указаниям ЦНИИС-1949 г.  
 Расчет местного размыва у опор мостов, струенаправляющих дамб и траверс.

Построение гидрографа весенних половодий.  
 Построение гидрографа ливневого паводка.  
 Построение гидрографа заданной вероятности превышения по типовому гидрографу.

Расчет устойчивого уширения русла на мостовых переходах.  
 Приближенный расчет отверстия моста и определение средней глубины под мостами после размыва для сравнения вариантов трассы и разработки ТЭО.  
 Построение эпюр элементарных расходов и скоростей и интегральных кривых площадей и расходов размещения отверстия моста на переходе.  
 Водосбросные сооружения с проезжей частью автомобильных дорог.

#### Перечень программ для расчетов на ЭВМ ЕС-1020.

Проектирование плана трассы автомобильных дорог:  
 расчет геометрических элементов криволинейной кривой;  
 расчет элементов магистрального теодолитного хода;  
 расчет координат главных и промежуточных точек и направлений нормалей к трассе;  
 детальная разбивка трассы от базисного и вспомогательных ходов.  
 Узвязки проектной линии продольного профиля с подсчетом проектных и рабочих отметок.  
 Расчет скоростей движения автомобилей с учетом организации и определения коэффициентов безопасности движения.  
 Проектирование водопропускных сооружений на автомобильных дорогах:  
 расчет объемов ливневого стока воды по СН 435-72;  
 расчет дождевых расходов воды по указаниям Союздорпроекта, 1973 г.;  
 расчет расходов талых вод по СН 435-72;  
 определение расчетного расхода с учетом аккумуляции.  
 Расчет общего размыва под мостами по методическим указаниям ЦНИИС.  
 Расчет планового очертания верховых струенаправляющих дамб.  
 Управляющая программа комплекса по проектированию плана трассы автомобильных дорог.

<sup>1</sup> Программа составлена также для БЭСМ-4.

Проектирование продольного профиля автомобильных дорог с подсчетом строительных затрат:  
 локальные коррекции проектной линии продольного профиля;  
 модификация программы и узвязки проектной линии продольного профиля с выводом результатов на магнитную ленту и дискки;  
 подсчет объемов земляных и укрепительных работ в равнинной местности;  
 подсчет объемов земляных и укрепительных работ в заболоченной местности.  
 Проектирование оптимального продольного профиля.  
 Проектирование выражей на автомобильных дорогах.  
 Расчет элементов транспортных развязок:  
 проектирование продольного профиля;  
 расчет элементов левоповоротных съездов транспортных развязок типа «клеверный лист»;  
 расчет элементов правоповоротных съездов в узвязке с геометрией левоповоротных съездов;  
 определение оптимальной длины и вида переходных кривых;  
 вертикальная планировка ответвлений и примыкающих съездов.  
 Расчет элементов перспективного изображения участков автомобильных дорог.  
 Проектирование водопропускных сооружений на автомобильных дорогах:  
 определение отверстий дорожных труб и выбор типа сооружения;  
 определение геометрических размеров и объемов работ по круглым трубам;  
 определение геометрических размеров и объемов работ по прямоугольным трубам;  
 определение расчетного гидрографа.  
 Программа составления смет на проектно-исследовательские работы.

#### § VI.4. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Одной из важнейших и актуальнейших проблем современности является охрана окружающей среды. Охрана окружающей среды приобрела общегосударственное значение, что нашло отражение в новой Конституции СССР, в ряде правительственных постановлений<sup>1</sup>, в решениях исторического XXV съезда КПСС.

Предусматривается размещение промышленных комплексов, линейных объектов строительства преимущественно на неудобных для сельского хозяйства землях, а временно занимаемые при строительстве пахотные земли должны возвращаться земледельцам в пригодном для нужд сельского хозяйства виде. Не менее важно сохранять чистоту вод внутренних водоемов страны от загрязнения сточными промышленными водами, для чего предусматривается строительство очистных сооружений, а многие промышленные комплексы переводятся на замкнутый цикл.

При строительстве автомобильных дорог мероприятия по охране окружающей среды должны быть заложены в проекты и сметы, определяющие строительную стоимость объекта. В проекте автомобильной дороги должны быть предусмотрены: рекультивация временно занимаемых земель под сосредоточенные резервы грунта, карьеры дорожно-строительных материалов, строительные площадки и т. п.; при проложении дороги по пахотным землям снятие гумусированного слоя под основание насыпей, складирование и дальнейшее его использование для приведения неудобных земель взамен отводимых под дорогу в угоду сельскохозяйственного назначения; применение средств гидромеханизации только при условии сброса в водоемы отработанной пульпы, предварительное осветленной в специально проектируемых отстойниках.

При проектировании комплексов дорожной линейной и автомобильной службы, временных городков для размещения строительных подразделений, мастерских для ремонта дорожно-строительной техники проектами должны предусматриваться необходимые очистные сооружения, предотвращающие загрязнение окружающей среды. В проекты асфальтобетонных заводов необходимо вклю-

<sup>1</sup> Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29 декабря 1972 г. «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов».



чать устройство дымоулавливателей для предотвращения загрязнения атмосферы.

При проложении автомобильных дорог в зоне лесных массивов вырубку леса следует производить не на всю ширину полосы отвода, а лишь в пределах обеспечения видимости встречного автомобиля. Но во всех случаях бровка дороги должна находиться от границы вырубки на высоту растущего дерева на границе вырубки.

При проектировании мостовых переходов через крупные водотоки, поймы которых используются для возделывания сельскохозяйственных культур, применяют технико-экономическое сравнение вариантов устройства насыпей и железобетонных эстакад с учетом потерь в сельском хозяйстве за счет дополнительно изымаемой площади сельскохозяйственных угодий, занимаемых под высокие насыпи. В проекте должно быть также предусмотрено, чтобы участки пойм, лежащие ниже перехода, не заносились песком в период прохода высоких вод весенних половодий или летних паводков.

Геометрические очертания регуляционных сооружений (струенаправляющих дамб) следует подбирать с учетом исключения оврагообразования при сливе пойменного расхода.

В пояснительные записки каждого технического (техно-рабочего проекта) на строительство автомобильной дороги или мостового перехода должен включаться раздел «Охрана окружающей среды». В данный раздел включаются все мероприятия по каждому разделу проекта, а также указывается их строительная стоимость.

Объем работ и стоимость мероприятий по охране окружающей среды включаются в соответствующие разделы технического (техно-рабочего) проекта.

## § VII. СОСТАВ ПРОЕКТА

В зависимости от схемы проектирования (двухстадийное или одностадийное) состав проекта несколько меняется. Ниже приведен состав проекта при двухстадийном проектировании.

### Состав технического проекта строительства автомобильной дороги (при двухстадийном проектировании)

#### А. Издаваемая документация

##### Часть I. Общая

###### Раздел I. Основные сведения о дороге.

Общая пояснительная записка, охватывающая все части проекта и проектные решения по безопасности движения автомобильного транспорта и по охране природы.

Документы, включаемые в раздел I: утвержденное архитектурно-планировочное задание (АПЗ); задание на проектирование; протокол или решение об утверждении технико-экономического обоснования (при наличии ТЭО); документы согласований; перечень типовых и повторно применяемых проектов.

Чертежи, включаемые в раздел I: схематический план трассы дороги; схематическая инженерно-геологическая карта (для сложных районов или отдельных сложных мест); совмещенный график дорожных условий, коэффициентов безопасности, скоростей движения.

###### Раздел 2. Техничко-экономические данные.

Пояснительная записка, включающая: характеристику проектируемой дороги, транспортно-экономическую характеристику с указанием районов тяготения, выводы.

Документы, включаемые в раздел 2: сводная ведомость грузонапряженности, грузо-пассажирских перевозок, грузооборота; сводная ведомость интенсивности движения автомобилей на отчетный и перспективный годы; графики (эпюры)

среднесуточной интенсивности движения автомобилей на перспективный год по основной дороге, пересечениям и примыканиям, обоснование категории дороги.

Раздел 2 составляется в случае, если на проектируемую автомобильную дорогу ТЭО ранее не составлялось, или составлялось более чем за три года до составления технического или техно-рабочего проекта, или было составлено на маршрут значительного протяжения, а технический проект составляется на отдельные переходы данного маршрута. При наличии утвержденного ТЭО, разработанного не ранее чем за три года до составления технического проекта, в общей пояснительной записке дается лишь отдельная глава (включаемая до раздела «План трассы»), содержащая технико-экономические данные с использованием материалов ТЭО, с детализацией отдельных проектных решений, указанием возможных местных вариантов. Особое внимание уделяется обоснованию отвода земель.

###### Раздел 3. План трассы.

План трассы дороги в масштабах 1:10 000 или 1:5000 (в масштабах 1:2000 или 1:1000 для сложных или коротких по протяжению участков) с указанием всех геометрических элементов, нанесением местных вариантов, резервов грунтов.

## Часть II. Строительная

### Раздел I. Подготовка территории строительства.

Пояснительная записка. К пояснительной записке прилагаются: ведомости итоговых данных по объемам работ, связанных с очисткой территории от леса (рубка леса и корчевка пней), сносом и переносом зданий и сооружений; ведомости пересекяемых коммуникаций, подлежащих переустройству; чертежи сложных переустраиваемых коммуникаций; график занимаемых внекрасовых земель.

### Раздел 2. Земляное полотно и дорожная одежда.

Глава I. Земляное полотно. Пояснительная записка. К записке прилагаются: чертежи характерных поперечных профилей земляного полотна дороги; индивидуальные проекты земляного полотна в сложных условиях; продольный профиль дороги; покิโลметровая ведомость земляных работ с разбивкой на этапные участки.

Глава 2. Дорожная одежда. Пояснительная записка с обоснованием типа дорожной одежды и расчетами дорожных конструкций. К пояснительной записке прилагаются: чертежи поперечных профилей и конструкций дорожной одежды; ведомость объемов работ по устройству дорожной одежды.

### Раздел 3. Искусственные сооружения.

Глава I. Общие данные. Общая пояснительная записка, включающая характеристику гидрографической сети в районе строительства дороги. К пояснительной записке прилагается ведомость проектируемых искусственных сооружений.

Глава 2. Большие и средние мосты. Общая сводная пояснительная записка. К записке прилагаются чертежи: планы мостовых переходов с регуляционными сооружениями; варианты схем больших мостов с технико-экономическими показателями; общие виды больших и средних мостов; схемы сложных устройств и приспособлений для постройки опор мостов и монтажа пролетных строений в сложных условиях; схемы строительных площадок больших мостов и средних мостов в сложных условиях; схемы организации строительных работ по возведению опор и монтажу пролетных строений больших мостов; календарный график строительства больших мостов.

Глава 3. Путепроводы. Общая, сводная пояснительная записка. К пояснительной записке прилагаются: планы пересечения автомобильных и железных дорог; варианты схем путепроводов (в сложных условиях или длиной более 100 м) с технико-экономическими показателями; общий вид рекомендуемых вариантов путепроводов; схемы строительных площадок путепроводов в сложных условиях; схемы организации строительства опор и монтажа пролетных строений путепроводов; календарный график строительства путепроводов.

Глава 4. Специальные сооружения (подпорные стены, балконы, галереи и прочие сооружения). Пояснительная записка, к которой прилагаются планы мест устройства низовых и верховых подпорных стен, галерей, балконов и прочих сооружений.

#### Раздел 4. Пересечения и примыкания.

Пояснительная записка, к которой прилагаются: ведомости проектируемых пересечений и примыканий — автомобильных дорог в одном уровне (сеззды и пересезды) и в разных уровнях (транспортные развязки); пересечений железных дорог в одном и разных уровнях; планы пересечений или примыканий в разных уровнях с решением водоотвода с местности и с проезжей части, с расстановкой знаков, ограждений, разметкой проезжей части (для пересечений даются планы транспортных развязок с откосами земляного полотна и вертикальной планировкой); планы индивидуальных примыканий и пересечений автомобильных дорог в одном уровне, а также при пересечении с железными дорогами; схемы освещения транспортных развязок.

#### Раздел 5. Обстановка и принадлежности дороги.

Глава 1. Автобусные остановки, беседки, площадки отдыха. Общая схема размещения автобусных остановок, площадок отдыха, беседок, пешеходных переходов с приложением чертежей автобусных остановок в увязке со съездами и переходно-скоростными полосами, а также площадок отдыха.

Глава 2. Пешеходные переходы в одном и разных уровнях. Сводная ведомость устройства пешеходных переходов. К ведомости прилагаются: чертежи подземных переходов; схематические чертежи пешеходных мостов; схема разметки «зебра» пешеходных переходов в одном уровне (разметка мест пешеходных переходов в одном уровне наносится на схему, включенную в гл. I раздела 5); чертеж характерной разметки проезжей части.

Глава 3. Тротуары, велосипедные дорожки. Включаются чертежи: план и продольный профиль тротуаров; план и продольный профиль велосипедных дорожек; поперечный разрез конструкций дорожной одежды тротуаров; поперечный разрез и конструкция земляного полотна и дорожной одежды велосипедных дорожек.

Глава 4. Дорожные знаки и ограждения. Ведомость расстановки дорожных знаков и ограждений: дороги, отдельных мест придорожной полосы и пешеходных переходов.

Глава 5. Озеленение дороги (декоративное, снегозащитное), защита дороги от заносов. Включаются чертежи и документы: схема снегозащитного и декоративного озеленения, ведомость снегозащитных мест; схемы защиты дороги от заноса снегом; ведомость заносимых песком участков.

Глава 6. Линейная связь, освещение. Линейная связь: схема постоянной линейной связи с необходимыми пояснениями. Освещение дороги: схема освещения дороги с необходимыми пояснениями. Проектные материалы по связи и освещению автомобильных дорог включаются в общий проект строительства дороги обязательно отдельным томом.

Раздел 6. Здания и сооружения дорожной и автотранспортной службы.

Глава 1. Здания и сооружения дорожной службы. Пояснительная записка. К записке прилагаются: схема размещения комплексов дорожной службы; генпланы комплексов дорожной службы в масштабах 1:500 или 1:1000; схемы внеплощадочных инженерных сетей в масштабах 1:500 или 1:1000; чертежи типовых зданий и сооружений; сводная ведомость применяемых типовых зданий и сооружений с краткой характеристикой и схематическим изображением их основных планов и размеров.

Глава 1. Здания и сооружения автотранспортной службы. Пояснительная записка. К записке прилагаются: схема размещения комплексов автотранспортной службы; генпланы комплексов автотранспортной службы; схема внеплощадочных инженерных сетей в масштабах 1:500 или 1:1000; чертежи типовых зданий и сооружений; сводная ведомость применяемых типовых проектов зданий и сооружений с краткой характеристикой и схематическим изображением основных планов и размеров.

Глава 3. Служба ГАИ. Пояснительная записка. К записке прилагаются: схема размещения комплексов ГАИ и генеральные планы комплексов ГАИ с нанесением внешних инженерных сетей.

#### Раздел 7. Подъездные автомобильные дороги.

Включает необходимые документы и чертежи по проекту подъездов. Перечень документов и чертежей тот же, что и для основной дороги; детализация их меняется в зависимости от сложности подъездов.

### Часть III. Строительные материалы

Паспорта намеченных к использованию прикрасовых месторождений дорожно-строительных материалов. Ведомость используемых (местных и привозных) дорожно-строительных материалов и данных об их качестве.

### Часть IV. Организация строительства

Пояснительная записка, составляемая только для больших и сложных объектов. Для малых и несложных объектов пояснительная записка по организации строительства включается в общую пояснительную записку к объекту.

К пояснительной записке прилагаются: сводная ведомость объемов строительных работ; линейный календарный график строительства, график средней дальности транспортирования материалов для дорожной одежды и размещения производственных баз и рекомендуемых карьеров дорожно-строительных материалов; сводная ведомость потребности строительства в трудовых затратах, основных строительных машинах и механизмах, оборудования и транспортных средствах; сводная ведомость потребности строительства в основных фондируемых и местных дорожно-строительных материалах, конструкциях, изделиях и полуфабрикатах; ведомость источников получения и способов транспортировки основных материалов, изделий и полуфабрикатов; перечень временных производственных сооружений, предусмотренных проектом.

### Часть V. Сметная стоимость строительства

Сводная смета. Сметы и расчеты на отдельные объекты и затраты. Каталог единичных расценок.

Приложения к проекту: паспорт дороги (основные технико-экономические показатели дороги); проект рекультивации временно занимаемых земель; заказные спецификации; топографическая карта.

## Б. Документация технического проекта, хранящаяся в архиве проектной организации

### Часть I. Общая

#### Раздел 1. Основные сведения о дороге.

Полевые пояснительные записки. Материалы изысканий. Топографические карты и планы с нанесенной трассой дороги, ее вариантов, месторождений дорожно-строительных материалов или промышленных карьеров, сосредоточенных резервов грунта. Утвержденное технико-экономическое обоснование. Задание на проектирование (подлинник). Документы согласований (подлинники). Заключение консультантов (при наличии). Отчеты по инженерно-геологическим изысканиям. Обоснование мероприятий по обеспечению безопасности движения по автомобильной дороге, анализ обеспечения видимости в плане и профиле, коэффициенты извилистости и другие данные.

#### Раздел 2. Технико-экономические данные.

Сведения о размере и направлении перевозок грузов и пассажиров, полученные от различных организаций и предприятий. Ведомость транспортных

связей. Таблицы грузонапряженности по перегоним, по категориям грузов за отчетный и на перспективный годы. Материалы по характеристике отраслей народного хозяйства района тяготения дороги. Схема транспортных связей. Исходные нормативы и показатели для расчета народнохозяйственной эффективности капиталовложений. Расчеты и таблицы сравнения вариантов. Материалы непосредственных контрольных учетов движения автомобильного транспорта. Расчет определения эффективности капиталовложений. Состав автомобильного парка по видам, грузоподъемности автомобилей на перспективный год и прогноз перевозок грузов автопоездами.

### Раздел 3. План трассы.

Ведомости: углов поворота; закрепления трассы; сквадного километража. Планы рассматриваемых вариантов трассы, не попавшие в план рекомендуемого варианта. Планы в горизонталях отдельных сложных мест с проектными решениями. Схема полосы отвода земель (постоянного и временного).

## Часть II. Строительная

### Раздел 1. Подготовка территории строительства.

Ведомости: рубки леса и корчевки пней, трелевки и транспортировки; строений, подлежащих сносу и переносу (с указанием кубатуры, материала, владельцев, документов согласований и т. п.); разборки труб и других искусственных сооружений с (указанием объемов и характера работ, объемов транспортирования материалов от разборки); разборки существующих дорожных покрытий (с указанием объемов транспортирования материалов разборки и их использования). Ведомость пересекаемых коммуникаций (с указанием их владельцев). Схема переустройства коммуникаций с определенным объемом работ, проектные решения с документами согласований с владельцами коммуникаций.

### Раздел 2. Земляное полотно и дорожная одежда.

Глава 1. Земляное полотно. Поперечные профили земляного полотна по вариантам трассы. Ведомость болот и особо сложных участков трассы, требующих индивидуального проектирования возведения земляного полотна. Ведомость выторфовывания полного или частичного с выделением участков пересечения болот без выторфовывания, с приложением расчетов устойчивости насыпей, величины пригрузок и полной консолидации насыпей. Ведомость замены слабых грунтов в основании насыпей. Попикетная ведомость подсчета земляных работ по этапным участкам. Ведомость укрепительных работ. Ведомость дренажных устройств. Схема расположения резервов грунта по трассе с указанием запасов и группы грунтов по разработке или ведомость обследованных сосредоточенных резервов с приложением документов согласований с земледельцами на отвод земель и условий последующей рекультивации их. Ведомость лабораторных анализов грунтов трассы и сосредоточенных резервов. Ведомость химического анализа грунтовых и поверхностных вод всех водотоков, пересекаемых трассой. Паспорта всех обследованных сосредоточенных резервов грунтов. Продольные профили по вариантам трассы дороги с проектными решениями и объемами работ. Перспективы отдельных участков дороги, оправдывающие проектировку продольного профиля. Паспорта особо сложных участков дороги.

Глава 2. Дорожная одежда. Расчет прочности дорожной одежды (по участкам). Технико-экономическое сравнение типов дорожной одежды. Чертежи и ведомости виражей и уширения проезжей части. Ведомости: укрепительных полос; доски обочины; укрепления обочины; устройства водоотвода с проезжей части и сброса воды с дороги; устройства бордюров.

### Раздел 3. Искусственные сооружения.

Глава 1. Малые мосты и трубы. Ведомость расчетных данных малых искусственных сооружений. Расчеты отверстий малых искусственных сооружений. Подсчеты объемов работ по малым искусственным сооружениям.

Глава 2. Большие и средние мосты. Ситуационные планы мостовых переходов. Инженерно-геологические паспорта мостовых переходов (в сложных условиях, дополнительно, карта инженерно-геологических условий). Гидрологические и гидравлические расчеты больших и средних мостов (отверстия, регуляционные сооружения, общие, средние и местные размывы). Хими-

ческие анализы воды рек, а также подземных водонесточников. Статистические и конструктивные расчеты ветровых конструкций. Варианты схем больших и средних мостов с подробными данными для сравнения. Технико-экономическое сравнение вариантов больших и средних мостов. Схема размещения сооружений (ограждения, лестницы, освещения, укрепления у моста и сопряжения с проезжей частью дороги). Сводные ведомости объемов работ по строительству мостов, эстакад и определение потребных ресурсов по рекомендуемым вариантам.

Глава 3. Путепроводы. Варианты схем путепроводов с подробными данными для сравнения. Ведомость подсчета потребных ресурсов по рассматриваемым вариантам. Технико-экономическое сравнение вариантов путепроводов. Инженерно-геологические паспорта мест пересечений с автомобильными и железными дорогами, где проектируются путепроводы. Химические анализы подземных вод из скважин в местах строительства опор путепроводов. Статистические и конструктивные расчеты ветровых конструкций. Сводные ведомости объемов работ по строительству путепроводов и определения потребных ресурсов по рекомендуемому варианту.

Глава 4. Специальные сооружения. Варианты проектов с технико-экономическим сравнением и рекомендация принятого варианта. Статистические и конструктивные расчеты ветровых конструкций. Ведомость объемов работ по строительству специальных сооружений с определением потребных ресурсов.

### Раздел 4. Пересечения и примыкания.

Варианты транспортных развязок с технико-экономическими сравнениями. Рекомендуемые типы сооружений (лотки, трубы и т. п.) для отвода воды с подсчетом объемов работ. Схема энергоснабжения для освещения пересечения. Расчет освещенности транспортных развязок с мощностью потребной электроэнергии. Ведомость и расчеты объемов подготовительных земляных работ, дорожной одежды, водоотводных переносных сооружений, расстановки знаков, ограждений и т. п. при проектировании индивидуальных пересечений и примыканий в одном или разных уровнях. То же, по железнодорожным переездам в одном уровне. Сводная ведомость объемов работ по рекомендуемым вариантам пересечений или примыканий автомобильных дорог в разных уровнях, съездов и переездов через автомобильные, железные дороги в одном уровне для определения потребных ресурсов.

### Раздел 5. Обстановка и принадлежности дороги.

Глава 1. Автомобильные остановки, павильоны, беседки, площадки отдыха. Ведомость объемов работ (подготовительных, земляных, устройства дорожной одежды на переходо-скоростных полосах, площадок автобусных остановок, благоустройства площадок отдыха, беседок, обстановки знаками, ограждениями и т. п.). Инженерно-геологические колонки в местах устройства автобусных остановок, павильонов, беседок, площадок отдыха.

Глава 2. Пешеходные переходы в одном и разных уровнях. Расчеты потребного освещения подземных переходов и пешеходных мостов. Паспорта подземных переходов, инженерно-геологические колонки (разрезы) по пешеходным мостам. Ведомость объемов работ по устройству подземных переходов, пешеходных мостов, разметок проезжей части на пешеходных переходах в одном уровне, разметок дороги для движения автомобильного транспорта на сложных узлах, поворотах и т. п. для определения потребных ресурсов.

Глава 3. Тротуары, велосипедные дорожки. Ведомость объемов работ по устройству тротуаров, велосипедных дорожек (подготовительных, земляных работ дорожной одежды, искусственных водоотводных сооружений, знаков, ограждений и т. п.) для определения потребных ресурсов.

Глава 4. Дорожные знаки. Ведомость объемов работ по установке дорожных знаков, ограждений дороги, отдельных мест придорожной полосы и пешеходных переходов сетками и т. п. для определения потребных ресурсов.

Глава 5. Озеленение дороги (декоративное, снегозащитное), защита дороги от песчаных заносов. Документы согласования земель, получения саженцев и лесопитомников. Расчет объема переносимого снега, песка через дорогу. Ведомость объемов работ по снегозащитным, снегозащитным устройствам для определения потребных ресурсов.

Глава 6. Линейная связь, освещение. Проектирование линейной связи и освещения дороги выполняются по специальному заданию. Номенклатура материалов, входящих в проект, устанавливается заказчиком.

Раздел 6. Здания и сооружения дорожной и автотранспортной службы

Глава 1. Здания и сооружения дорожной службы. Расчеты электротеплонагрузок, водоснабжения, канализации и т. п. Перечень сооружений комплексов дорожной и автотранспортной службы и службы ГАИ. Сводные генпланы внутриплощадочных инженерных сетей дорожной и автотранспортной службы в масштабе 1:500 или 1:1000. Инженерно-геологические паспорта под проектируемые здания и сооружения. Ведомости объемов работ в подсчеты потребных ресурсов.

Раздел 7. Подъездные автомобильные дороги.

Перечень хранимых документов разрабатывается применительно к перечню документов для основной дороги в зависимости от сложности объектов. Порядок расположения материалов по частям и главам проекта аналогичен основному объекту.

### Часть III. Строительные материалы

Ведомость обследованных притрассовых месторождений дорожно-строительных материалов и базисных месторождений, расположенных в зоне строительства дороги. Паспорта неиспользуемых месторождений дорожно-строительных материалов. Ведомость лабораторных испытаний дорожно-строительных материалов всех обследованных месторождений. Выписки из паспортов (физико-механические данные) привозных дорожно-строительных материалов. Химические анализы воды пересекаемых трассой водотоков и из буровых скважин (подземные воды).

### Часть IV. Организация строительства

Схемы разработки притрассовых месторождений дорожно-строительных материалов (материал используется для составления проекта рекультивации земель). Схемы разработки сосредоточенных резервов грунта (материал используется при составлении проекта рекультивации земель). Схемы разработки скальных грунтов. Схемы и ведомости временных объездных дорог с объемами работ. Сводный баланс каменных материалов. Расчеты потребности в материальных ресурсах, трудовых затратах, строительных машинах, оборудовании и транспортных средствах. Документы согласований по вопросам организации строительства дороги со всеми заинтересованными организациями и заказчиком.

### Часть V. Сметная стоимость строительства

Все вспомогательные расчеты к сметам. Ведомость объемов строительных и монтажных работ, на основе которых определяется сметная стоимость. Документы, обосновывающие применение льготных коэффициентов, включенных в сметы.

### Состав работ, выполняемых на стадии предпроектных изысканий и разработки рабочих чертежей<sup>1</sup>

#### Часть I. Общая

Раздел 1. Основные сведения о дороге.

Выполняются дополнительные согласования по отдельным вопросам строи-

<sup>1</sup> Структура перечня работ составлена применительно к структуре технического проекта, приведенной выше, на основании опыта последних лет дорожных проектных организаций. Состав и содержание работ уточняют в зависимости от выполнения рабочих чертежей в целом для объекта или части его в соответствии с очередностью строительства.

тельства, возникшим в процессе рассмотрения и утверждения проекта. Ведутся текущие согласования и возобновление ранее проведенных, срок которых к моменту рабочего проектирования истек.

Раздел 2. План трассы.

Восстановление трассы в натуре и возобновление закрепления ее. Оформление документации отвода земель, как постоянного, так и временного. Детальная, предпроектная разбивка круговых, переходных кривых, а в случае если трасса уложена по катондам, вынос трассы в натуре, если она не была вынесена в процессе изысканий для технического проекта. Уточненные ведомости углов поворота прямых и кривых, закрепления трассы, проектного километража рубленых пикетов. Рабочие чертежи переустройства пересекаемых наземных и подземных коммуникаций (линий связи, электропередач, дорог, оросительной системы, подземных кабелей, трубопроводов и т. п.). График занимаемых под постоянный и временный отвод земель с обоснованием требуемых площадей при необходимости с внесенным уточнением подлежащих сносу и переносу строений.

### Часть II. Строительная

Раздел 1. Подготовка территории строительства.

Уточнение ведомостей рубки леса и корчевки пней. Разработка планов строительных площадок, мест складирования дернового и гумусированного слоя.

Раздел 2. Земляное полотно и дорожная одежда.

Дополнительные съемка для проектирования элементов земляного полотна на сложных участках трассы (в случае необходимости). Контрольное бурение глубоких выемок при неблагоприятных гидрогеологических условиях, под фундаментами малых мостов и труб (в случае необходимости). Уточнение продольных профилей. Рабочие чертежи временного водоотвода в процессе строительства. Привязка проектных поперечных профилей земляного полотна в населенных пунктах, на болотах, крутых косогорах и в других сложных местах. Разработка деталей устройства виражей, переходных и вертикальных кривых, срезок откосов земляного полотна для обеспечения видимости в плане. Детализация рабочих чертежей индивидуальных насыпей и выемок и отдельных участков земляного полотна, устраиваемых в неблагоприятных по инженерно-геологическим условиям местах. Составление рабочих чертежей основного продольного и поперечного водоотводов, нагорных канав, подводящих и отводящих русел у малых искусственных сооружений, испарительных бассейнов и водопоглощающих колодцев. Разработка рабочих чертежей дренажей и фильтрующих насыпей. Разработка и уточнение составленных в техническом проекте укрепленных откосов земляного полотна и водоотводных сооружений, чертежи укрепления оврагов. Привязка типовых поперечных профилей земляного полотна к местности. Составление рабочих чертежей, сосредоточенных резервов грунта с проектом рекультивации. Уточнение объемов земляных работ по этапным участкам. Контрольное бурение по трассе и в сосредоточенных резервах с отбором проб и последующими анализами. Уточнение расположения по длине дороги типов дорожной одежды. Рабочие чертежи дренажирования основания. Рабочие разбивочные чертежи для устройства дорожной одежды. Рабочие чертежи и ведомости объемов работ по устройству основания и покрытия. Рабочие чертежи уширения проезжей части.

Раздел 3. Искусственные сооружения.

Контрольное бурение под опоры мостов и дополнительное инженерно-геологическое обследование для рабочих чертежей искусственных сооружений (в случае необходимости). Рабочие чертежи нетиповых конструкций опор и пролетных строений мостов. Чертежи нетиповых конструкций труб и малых мостов. Схемы и рабочие чертежи привязки малых, средних и больших мостов к местности с уточнением отметок заложения мостов. Рабочие чертежи регулирующих сооружений, искусственных русел, укрепления откосов. Рабочие чертежи монтажа подмостей, кружал, опалубки опор мостов при индивидуальном проектировании. Статические расчеты нетиповых конструкций или расчеты к типовым конструкциям при наличии сейсмичности в районе осуществления строительства. Уточнение объемов работ по рабочим чертежам. Рабочие чертежи котлованов, конструкций крепления котлованов. Чертежи монтажа сборных пролетных строе-

ний и опор мостов. Разбивочные работы на месте строительства (выполняются проектной организацией по специальным заказам строительной организации). Пересчет арматуры для железобетонных конструкций в случае отличия ассортимента и профиля от предусмотренных в проекте с необходимым переконструированием. Уточненная сводная ведомость потребных материалов и уточненные заявочные ведомости на металлоконструкции для заводов-изготовителей.

**Раздел 4. Пересечения и примыкания дорог.**

Планы в горизонталях на каждое пересечение и примыкание дорог с разработанным проектом пересечения, примыкания в одном или разных уровнях. Продольные и поперечные профили конструкций земляного полотна, системы водоотвода, укрепления откосов для каждого пересечения и примыкания дорог в одном или разных уровнях (в последнем случае указывается положение в плане и профиле проектируемых путепроводов). Рабочие чертежи конструкции типов дорожной одежды, принятых на пересечениях и примыканиях дорог. Ведомости объемов работ по устройству земляного полотна дорожной одежды, укрепления откосов и объемы по системе водоотвода на каждое пересечение и примыкание. Ведомость потребных материалов, конструкций и трудовых затрат на устройство пересечений и примыканий.

**Раздел 5. Обстановка и принадлежность дороги.**

Планы в горизонталях на отдельные участки дороги с нанесенным проектом ограждений. Рабочие чертежи типовых ограждений и привязка к местности типовых ограждений. Ведомость дорожных знаков с чертежами типовых устройств. Ведомость ограждений. Рабочие чертежи тротуаров, велосипедных дорожек, пешеходных тоннелей и мостов. Рабочие чертежи автобусных остановок, площадок отдыха. Планы и чертежи электроосвещения транспортных развязок с указанием расстановки светильников, трассами подводки электросети. Чертежи пешеходных переходов через дорогу в одном уровне. Чертежи устройства переездов через железные дороги в одном уровне. Ведомость снегозащитных устройств. Рабочие чертежи лесозащитного и декоративного озеленения. Рабочие чертежи питомников лесонасаждений. Рабочие чертежи нетиповых элементов архитектурного оформления дороги или привязка к местности типовых сооружений. Разбивочные работы (по специальному заказу строительной организации).

**Раздел 6. Здания и сооружения дорожно-транспортной службы.**

Генеральные планы площадок и сетей внутриплощадочных коммуникаций под сооружения комплексов дорожной и автотранспортной службы. Рабочий проект вертикальной планировки участков застройки. Планы фундаментов с отметками для конкретных участков строительства. Архитектурно-строительные планы, разрезы, фасады зданий и сооружений, конструктивные чертежи. Чертежи отдельных нестандартных конструкций. Чертежи расстановки производственного, энергетического и другого оборудования. Чертежи санитарно-технического и специального освещения зданий и сооружений (отопление, теплоснабжение, водоснабжение, канализация, энергоснабжение, электроосвещение, слаботочное хозяйство) с чертежами сетей (для нетиповых сооружений). Разработка отдельных узлов со спецификациями на оборудование и материалы. Разбивочные работы. Рабочие чертежи внеплощадочных инженерных сетей. Рабочие чертежи к проекту постоянной связи.

**Раздел 7. Подъездные автомобильные дороги.**

Состав рабочих чертежей для строительства подъездных автомобильных дорог аналогичен составу рабочих чертежей основной дороги, а объем изменяется в зависимости от протяженности и сложности комплекса природных условий районов проложения подъездных дорог.

**Часть III. Строительные материалы**

Дополнительная разведка отдельных месторождений дорожно-строительных материалов. Уточнение баланса основных дорожно-строительных материалов. Контрольное бурение и шурфование в карьерах. Дополнительные испытания дорожно-строительных материалов.

Уточнение дальности возки строительных материалов в случае изменения в строительстве источников снабжения материалами и объема их использования. Уточнение ведомостей объемов работ по видам строительных работ и этапным участкам. Уточнение этапных и сводных ведомостей объемов работ. Составление рабочих чертежей временных железнодорожных и автомобильных подъездных путей. Привязка к местности всех основных гражданских, коммунальных, культурно-бытовых и производственных зданий и сооружений. Рабочие чертежи подъемно-транспортного оборудования, подсобно-вспомогательных сооружений, а также средств малой механизации. Рабочие проекты организации строительства и вспомогательных работ, включая проекты разработки притрассовых карьеров стройматериалов и сосредоточенных резервов грунтов. Разбивочные работы (по специальному заданию заказчика).

**Часть V. Сметная стоимость строительства**

Финансирование строительства производится по сметам утвержденного технического проекта. Составление смет к рабочим чертежам и пересмотр утвержденного лимита запрещены. Только в исключительных случаях, когда в результате дополнительных разработок на стадии рабочего проектирования достигается уменьшение утвержденного в техническом проекте лимита по отдельным объектам, разрешается составление смет по рабочим чертежам.

**§ 11.8. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

**Общие положения.** Технические проекты брошюруют в порядке частей, перечисленных в § VI.5, и переплетают в отдельные тома, нумеруемые по порядку арабскими цифрами. Части проекта издают отдельными томами. При малом количестве документов можно объединять несколько частей в томе. При значительном количестве проектных материалов отдельными томами можно издавать и отдельные разделы проекта. При отсутствии в составе проекта одной из частей установленные названия и нумерация частей сохраняются.

По усмотрению проектной организации в случае необходимости чертежи не брошюруют, а заключают в папки; при этом в каждой папке группируют сброшюрованные тексты и чертежи соответствующих частей проекта.

Каждый том проекта должен иметь надпись на обложке, выполненную тиснением или в виде этикетки, титульный лист и оглавление. На внутренней стороне верхней обложки каждого тома помещается перечень томов проекта с указанием частей проекта, входящих в каждый том, причем наименование данного тома в перечне подчеркивается.

Ориентировочная разбивка материалов проекта по томам может быть принята такая:

- Том 1. Часть I. Общая пояснительная записка.
- Том 2. Часть II. План трассы.
- Том 3. Часть II. Строительная. Раздел 1. Подготовка территории строительства. Раздел 2. Земляное полотно и дорожная одежда.
- Том 4. Раздел 3. Искусственные сооружения.
- Том 5. Раздел 4. Пересечения и примыкания дорог. Раздел 5. Обстановка и принадлежности дороги.
- Том 6. Раздел 6. Здания и сооружения дорожно-транспортной службы.
- Том 7. Раздел 7. Подъездные автомобильные дороги.
- Том 8. Часть III. Строительные материалы.
- Том 9. Часть IV. Организация строительства.
- Том 10. Часть V. Сметная стоимость строительства. Раздел 1. Сводная смета.
- Том 11. Раздел 2. Сметы на отдельные объекты и затраты.
- Том 12. То же.
- Том 13. Раздел 3. Каталог единичных расценок.

Приложения к проекту: паспорт дороги (основные показатели проекта); проект рекультивации земель; заказные спецификации; топографическая карта.

Каждое приложение к проекту переплетают в отдельный том.

Чертежи размножают светокопированием, на аппарате РЭМ, а в необходимых случаях путем фотографирования. Тексты пояснительных записок иллюстрируют фотокопиями отдельных чертежей и фотографиями отдельных участков дороги, существующих дорожных сооружений, карьеров и т. п.

Чертежи и текстовые материалы, переплетаемые в тома, должны иметь стандартный размер 29×20 см. На чертежи обязательно наносят рамку. Чертежи, не уместившиеся в стандартном листе, выполняют на листах большего размера, складываемых в стандартные форматы, с тем, чтобы загибы были не менее 5 см по ширине и высоте листа. Для удобства пользования чертежи должны быть вычерчены в соответствующих масштабах и расположены на листах с максимальной улотненностью материала.

Нумерация листов в томах ведется, начиная с титульного, по всем листам тома без исключения. На титульном листе, оглавлении и прокладных листах знак номера не проставляется.

На чертежах наименование проектной организации, название чертежа и подписи исполнителей помещают в специальных штампах. Формы штампов устанавливаются единые для всех чертежей на всех стадиях проектирования. Если чертеж состоит из нескольких листов, основной штамп ставят на последнем листе. На остальных листах в правом нижнем углу помещается дополнительный штамп. В основном штампе последние две подписи («составил»), («проверил») относятся только к данному листу. Подписи составителей топографических и геологических данных на проектном чертеже приводятся в специальном штампе.

Если чертеж представляет собой только изыскательский документ, включаемый в проект (план трассы, ситуационный план или план перехода, паспорт карьера), подписи составителей и проверяющих размещаются в основном и дополнительном штампах.

Инвентарный номер и дату выпуска чертежа устанавливают по инвентаризационной книге перед размножением (светокопированием) чертежа. Дату выпуска чертежа указывают месяцем и годом. В случае когда чертежи состоят из нескольких листов, инвентарный номер присваивают по каждому листу отдельно.

Документы проекта должны иметь подписи руководителей проектных работ и исполнителей, располагаемые в следующем порядке: директор института (филиала), главный инженер института (филиала), главный инженер проекта, начальник отдела или самостоятельного сектора, главный инженер отдела или самостоятельного сектора, руководитель бригады, группы, сектора, начальник изыскательской партии или отряда, проверяющий, проектировщик или составитель.

Копировщики и корректоры подписывают кальки за рамкой чертежа, под штампом, а печатные материалы — в конце каждой страницы внизу.

На всех пояснительных записках, ведомостях, сметных документах и т. д. на первом листе документа в правом верхнем углу указывают стадию проектирования и название объекта.

При печатании ведомостей из них исключают все графы, предусмотренные формой, но не требующие заполнения для данного объекта.

Документы, обеспечивающие проект и не вошедшие в состав последнего, хранят в архиве проектной организации в подлинниках, подписанных составителями, проверяющими и руководителями соответствующих бригад или руководителями полесых подразделений. Архивные документы складывают в папки или переплетают в отдельные тома в порядке, установленном при комплектовании частей проекта.

На каждую папку (книгу) наклеивают этикетку, содержащую те же надписи, что и на томах проекта, и название содержащихся в ней материалов. В каждую папку (книгу) включают опись входящих в нее документов.

Полевые журналы: угломерные, пикетажные, тахеометрической съемки, поперечников, описание трассы, инженерно-геологического обследования мест расположения малых и средних искусственных сооружений, буровые журналы и прочие полевые документы хранят в архиве проектной организации.



Рис. VI.1. План трассы в масштабе 1:50 000

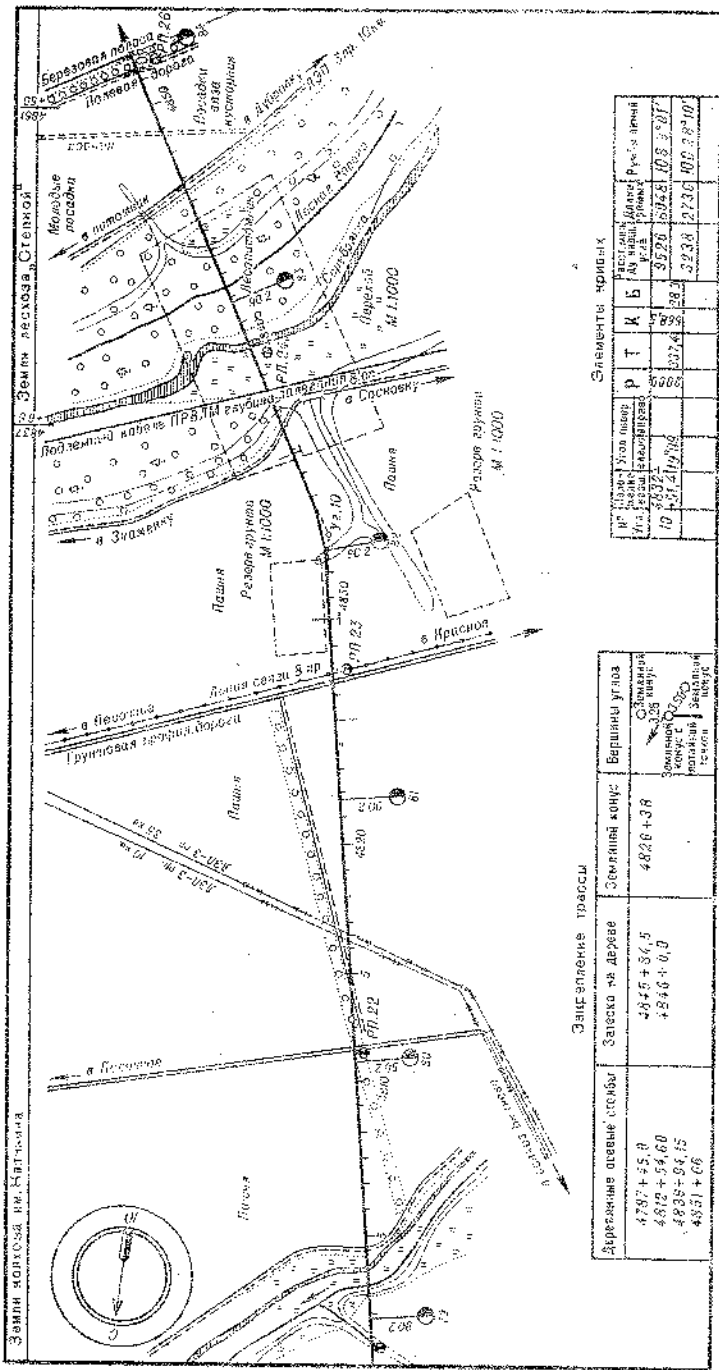


Рис. VI.2. План трассы в масштабе 1:10 000

Элементы чирьих

№	Длина	Радиус	Угол	Полуось	Полуширина	Полуширина
Р	Т	К	Б	А	В	С
1	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10
9	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10

Закрепление трассы

Длина	Затоска на дереве	Земляные конусы	Вершины углов
4787 + 55,8	4845 + 57,5	4826 + 38	4826 + 38
4810 + 54,68	4846 + 60,9		
4838 + 54,15			
4851 + 66			

Изменения и дополнения проекта, выполняемые по решению утверждающей инстанции, издаются отдельным томом, содержащим все документы, претерпевшие изменения и дополнения по всем частям проекта. Части проекта, требующие незначительных изменений, могут издаваться вновь, мелкие изменения вносятся непосредственно в текст и чертежи ранее изданного проекта.

Указания по оформлению отдельных чертежей. План трассы в масштабе 1:50 000 (рис. VI.1) вычерчивают на топографической карте соответствующего масштаба.

План трассы в масштабе 1:1000 или 1:2000 составляют в зависимости от наличия топографических карт и величины проектируемого объекта. На карту наносят трассу по всем вариантам, проектный километраж, месторождения дорожно-строительных материалов, основные базы строительства, а также все изменения ситуации, обнаруженные в процессе изысканий.

В том случае, если на данном объекте были применены аэрофотометоды взамен мелкомасштабной карты, составляют фотосхему в масштабе 1:50 000 или 1:20 000. На фотосхему наносят все данные, помеченные выше. В отдельных случаях фотосхему или уточненный фотоплан прилагают к проекту дополнительно к ситуационному плану на мелкомасштабной карте.

План трассы в масштабе 1:10 000 (рис. VI.2) составляют на листах длиной 80 см в рамке высотой 28 см. Расположение трассы на листах принимают с таким расчетом, чтобы сверху листа по возможности был север, а при направлении трассы с юга на север — запад.

Ситуационные знаки и подписи выполняют параллельно рамке. Пикеты и другие надписи, относящиеся к трассе, пишутся вдоль трассы или перпендикулярно к ней. В начале и конце листа наносят перпендикулярно к трассе пунктирные линии сопряжения с соседними листами.

Рубленные пакеты выкладывают с соблюдением масштаба. Пикетаж проектных километров указывают с точностью до 1 м. При большом количестве углов поворота на них выписывают только номера, а элементы углов выносят в таблицы. В начале и конце каждого листа указывают пункты, между которыми проложена трасса, и направления дорог, выходящих за рамки чертежа.

Ситуацию на плане трассы наносят по данным пикетажа на основании топографических карт, аэрофотоснимков. Все плановые условные обозначения и знаки должны строго соответствовать действующим условным знакам для топографических планов соответствующих масштабов. На плане указывают пунктиром территории, снятые для целей проектирования в крупном масштабе (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000). На план наносят схемы закрепления углов поворота, высотные реперы.

В зависимости от сложности ситуации, количества углов поворота трассы на 1 км, а также в горной местности масштаб плана трассы может быть увеличен. При применении на стадии технического проекта аэрофотосъемки план трассы заменяется фотопланом в масштабе 1:20 000 или 1:10 000, на который наносят все знаки и трассу, как было указано выше.

Продольный профиль составляют (рис. VI.3) в масштабе 1:5000, а для горной местности в масштабе 1:2000. Вертикальный масштаб принимается с учетом десятикратного искажения.

График занимаемых земель (рис. VI.4) составляют на все протяжении трассы с нанесением границ землепользователей, проекций глубоких выемок, высоких насыпей, водосточных сооружений, обособляющих ширину полосы отвода для данной категории дороги. График составляют на все временно отводимые земли под строительные площадки, временные дороги, сосредоточенные резервы грунта с указанием характера рекультивации временно занимаемых земель.

Поперечные профили земляного полотна составляют, как типовые для данного объекта. В чертеж включают типовые поперечные профили с нанесением в них необходимых изменений с учетом местных конкретных условий. В необходимых случаях разрабатывают индивидуальные решения для высоких насыпей, глубоких выемок, на которые нет типовых решений. Поперечные профили дорожной одежды составляются, как типовые для проектируемого объекта. На чертеже могут быть показаны отдельные конструктивные детали дорожной одежды, если они не приводятся в специальных чертежах.

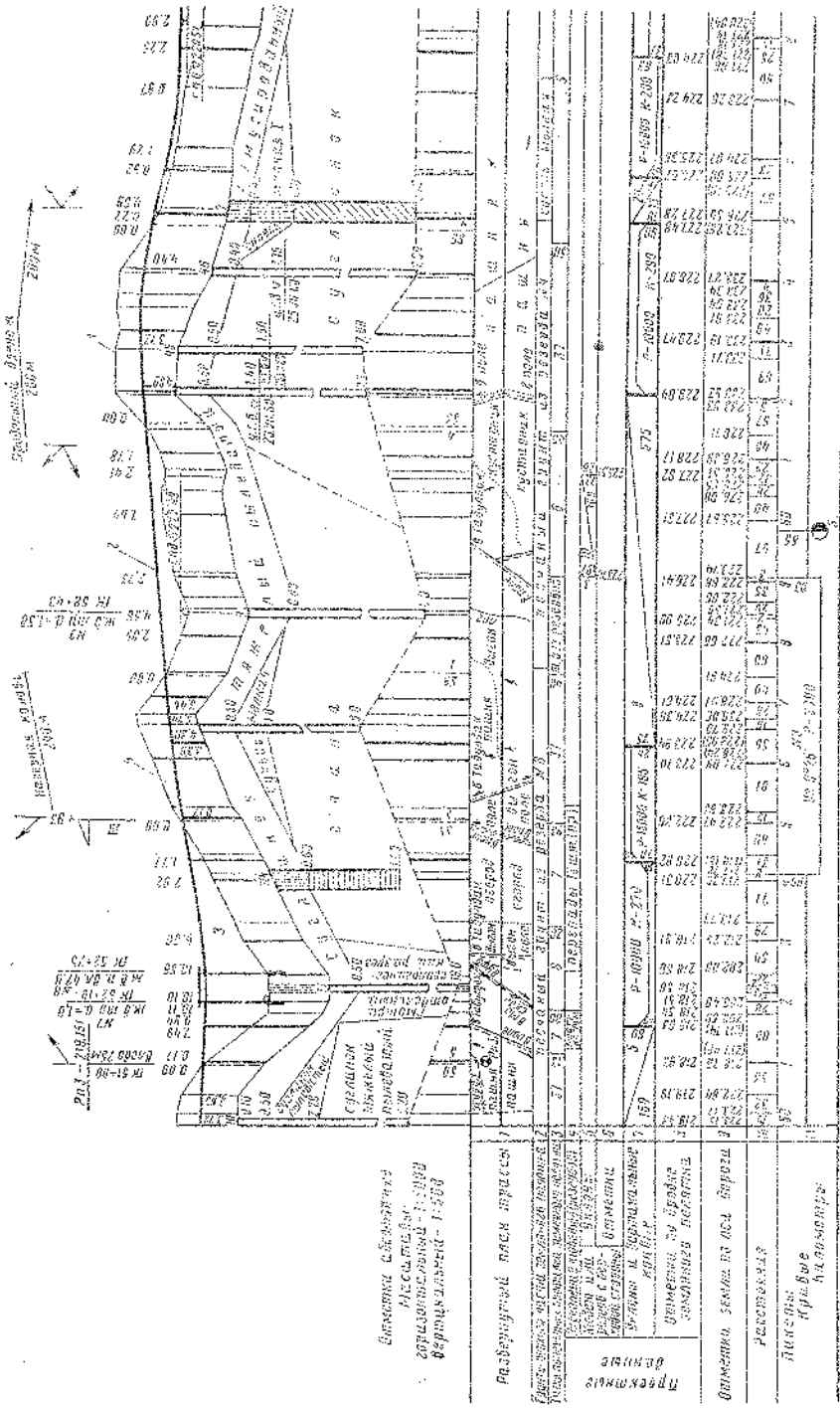


Рис. VI.3. Профиль дороги

Границы земельного и административного деления	Совхоз		Область		Гослесхоз		Итого
	Исх. №	Площадь	Исх. №	Площадь	Исх. №	Площадь	
Схема полосы отвода садовых земель	1	32	16	17	12	11	12
	2	16	Лес	Лес ср. ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.
	3	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.
	4	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.
	5	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.
Километры	32	17	17	17	17	17	17
	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.	Лес ср. нр.
Постоянный отвод земель под трамсу, га	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Временный отвод земель, га	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Итого	1,72	0,30	1,72	0,30	1,72	0,30	1,72

Наименование выдв. отвода	Совхоз		Область		Гослесхоз		Итого
	Исх. №	Площадь	Исх. №	Площадь	Исх. №	Площадь	
Постоянный	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Временный	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	2	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Итого	1,72	0,30	1,72	0,30	1,72	0,30	1,72

Рис. VI.4. График занимаемых земель



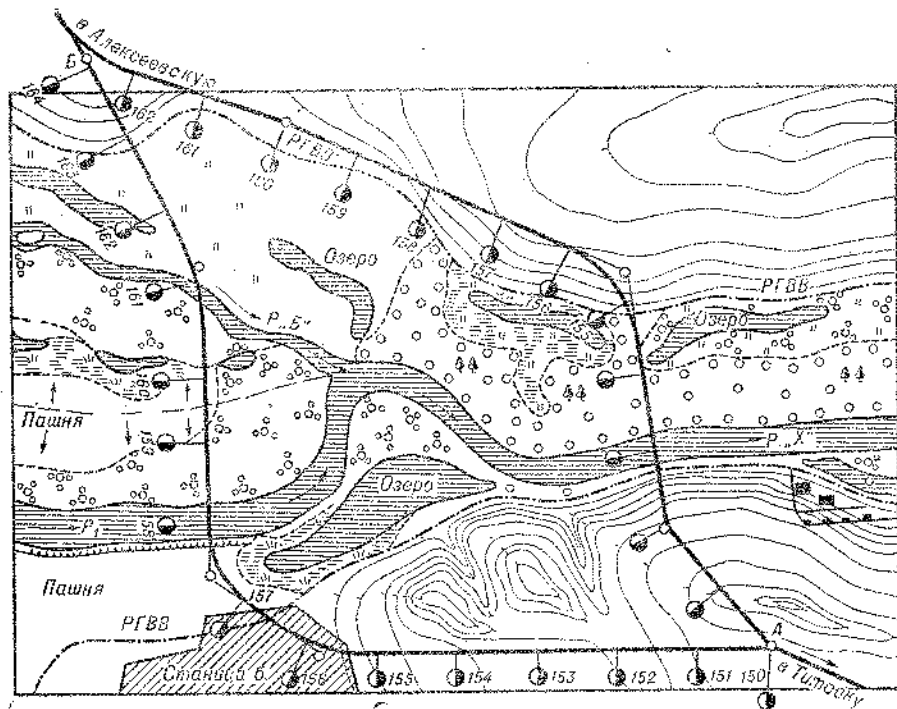


Рис. VI.5. План мостового перехода

Планы отдельных сложных мест трассы, строительных площадок, карьеров и других мест составляют в масштабах от 1:2000 до 1:500 в зависимости от назначения плана, его размеров, сложности рельефа и ситуации.

Рельеф изображают горизонталями. Сечение назначается от требуемых целей плана от 1 м до 0,25 м. На планы наносят: трассу с отметками на переделах продольного профиля, поперечные профили, отметки которых выписывают на план и учитывают при разводке горизонталей, геологические горные выработки, буровые скважины.

План мостового перехода (рис. VI.5) составляют в масштабе от 1:20 000 до 1:1000 с сечением рельефа горизонталями через 1 м, в отдельных случаях через 0,5 м. Размеры плана должны обеспечить проектирование струенуправляющих регуляционных сооружений, берегоукрепительных работ, высоких насыпей и выемок на подходах. В том случае, если варианты перехода не размещаются на плане трассы, представляется дополнительно ситуационный план перехода, на который наносят все варианты трассы.

Паспорт оси перехода с подробным геолого-литологическим разрезом составляют для каждого варианта трассы мостового перехода, на каждом листе вариантов схемы моста дают только профиль сечения оси в пределах моста без подробного геологического разреза. Конструкцию моста показывают без детализации. Технико-экономические показатели исчисляют укрупненно для каждой схемы и сводят в таблицу сравнения вариантов.

Схему размещения комплексов зданий дорожной, автотранспортной службы и постоянной связи (рис. VI.6), оформляют в техническом проекте при двухстадийном проектировании. Схема постоянной связи может быть исключена, если устройство такой связи не предусмотрено заданием.

Административные области		Тамбовская	
Сооружения эксплуатации автотранспорта	Мотель, кемпинг	М/1	М/2
	АС и АР	А/1	А/2
	АЗС	А/3	А/4
Сооружения ремонта и обслуживания дорог	ДРП	Д/1	Д/2
	Станция технического обслуживания	С/1	С/2
План трассы	А	А	А
	с. варианты	с. варианты	с. варианты

Условные обозначения:

1	6
2	7
3	8
4	9
5	10

Сводка комплексов

Наименование	Индекс	Каличество
Управление дороги	УД	—
Совмещенный комплекс (ДУ+ДРП+ПТ)	ДУ+ДРП+ПТ	—
» » (ДУ+ПТ)	ДУ+ПТ	—
Дорожно-ремонтный пункт	ДРП	1
Автомаршевая станция	АЗС	2
Станция технического обслуживания	СО	1
Мотель	—	—
Кемпинг	—	1
Пассажирская автостанция	АС	1
Автомаршевая	АР	2

Рис. VI.6. Схема размещения комплексов зданий дорожной и автотранспортной службы и постоянной связи:

1 — мотель; 2 — кемпинг; 3 — пассажирская автостанция; 4 — пассажирский автопарильсон; 5 — управление дороги; 6 — совмещенный комплекс [дорожный участок (ДУ) + дорожно-ремонтный пункт (ДРП) + производственно-технический пункт (ПТ)]; 7 — совмещенный комплекс (ДУ + ПТ); 8 — дорожно-ремонтный пункт; 9 — автомаршевая станция; 10 — станция технического обслуживания

В паспорте месторождения (рис. VI.7) должны быть построены суммарные кривые гранулометрического состава для различных случаев применения строительного материала. В пояснениях, приводимых в паспорте, должны быть указания о пригодности материала для всех основных видов дорожно-строительных работ. Указывается необходимость обогащения материалов, масштаб чертежа выбирается с учетом размеров и особенностей месторождения.

Линейный календарный график организации строительства (рис. VI.8) отражает основные виды дорожно-строительных работ. Для малых по протяжению несложных объектов, на которых не осуществляется поточный метод строительства, может составляться упрощенный календарный график (рис. VI.9).

Этапный график строительства составляется с учетом наглядного показа протяжения этапных участков по видам строительных работ, начала и окончания выполнения строительных работ (рис. VI.10).

#### § VI.7. СОГЛАСОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Каждое проектное решение, если оно затрагивает интересы той или иной организации, должно быть согласовано с заинтересованной организацией. Согласования производят перед началом технических изысканий и в процессе их, а также в период разработки технического проекта.

На стадии составления рабочих чертежей в период предпроектных изысканий могут производиться дополнительные согласования по вопросам, возникшим на этой стадии, а также повторные согласования по вопросам, срок действия согласований по которым к моменту составления рабочих чертежей истек. Решение о необходимости того или иного согласования на соответствующей стадии принимается проектировщиком в зависимости от конкретных условий выполнения изысканий и проектирования.

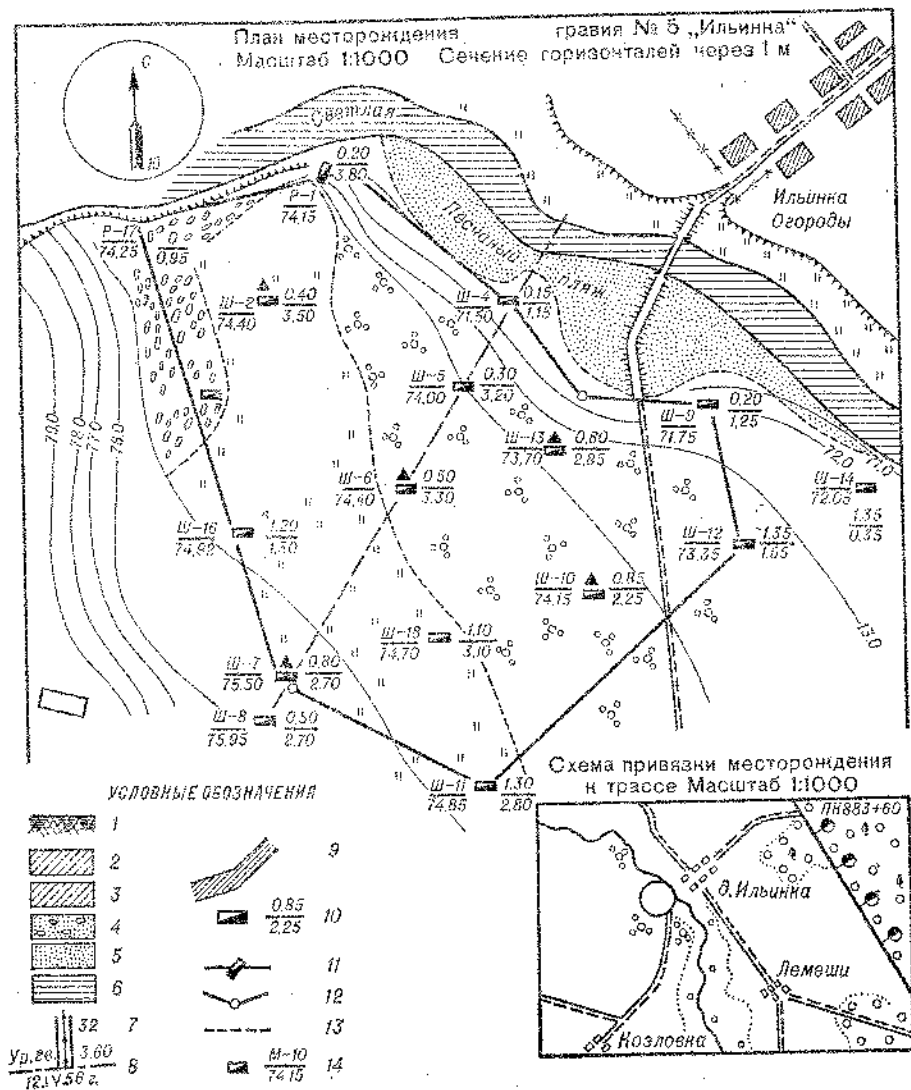
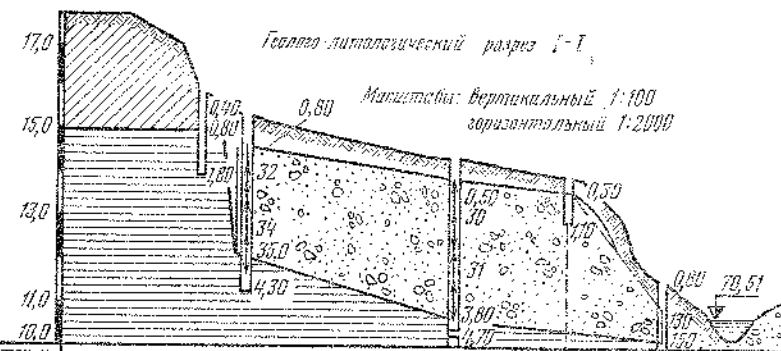


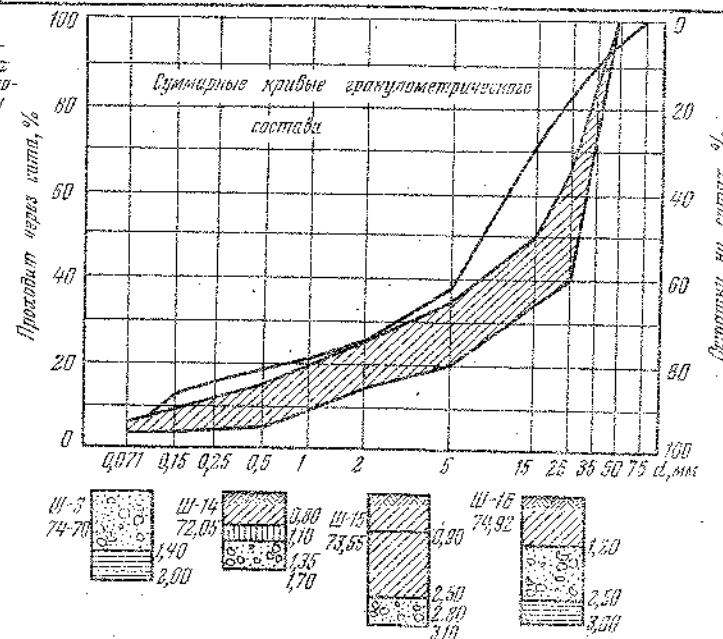
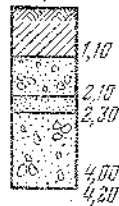
Рис. VI.7. Паспорт месторождения

1 — растительный грунт; 2 — суглесь; 3 — суглинок; 4 — гравий, заполнитель — мелкий песок; вод и время замера; 9 — предельные кривые гранулометрического состава гравийной смеси; 10 — контур месторождения; 12 — закрепительный столб; 13 — линия геолого-литологического разреза; 14 — номер выработки (в числителе), отметка устья (в знаменателе)



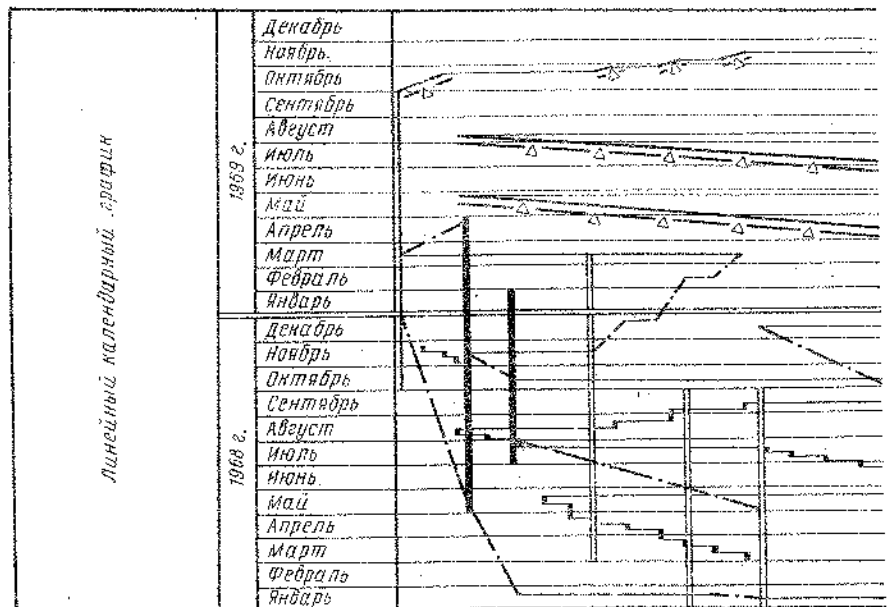
№ выработки и расстояние между ними, м	33	Ш-8/3	Ш-7	50	Ш-6	27	Ш-5	23	Ш-4
Отметка земли и устья выработки	78,00	78,00	75,95	76,50	74,40	74,80	71,50	71,50	71,50
Мощность вскрыши, м			0,80		0,50		0,50		0,15
Мощность полезного слоя, м			2,70		3,30		(3,20)		1,15

Колонка выработка, не входящая в геолого-литологический разрез Масштаб: 1:100

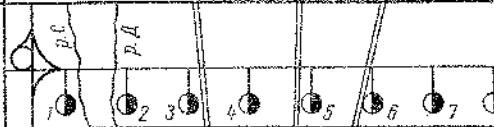


строительных материалов:

5 — мелкий песок; 6 — глина; 7 — место взятия пробы и ее номер; 8 — уровень грунтовых св; 10 — мощность вскрыши (в числителе), мощность полезного слоя (в знаменателе); чского разреза; 14 — номер выработки (в числителе), отметка устья (в знаменателе)



Схематический генеральный план организации строительства

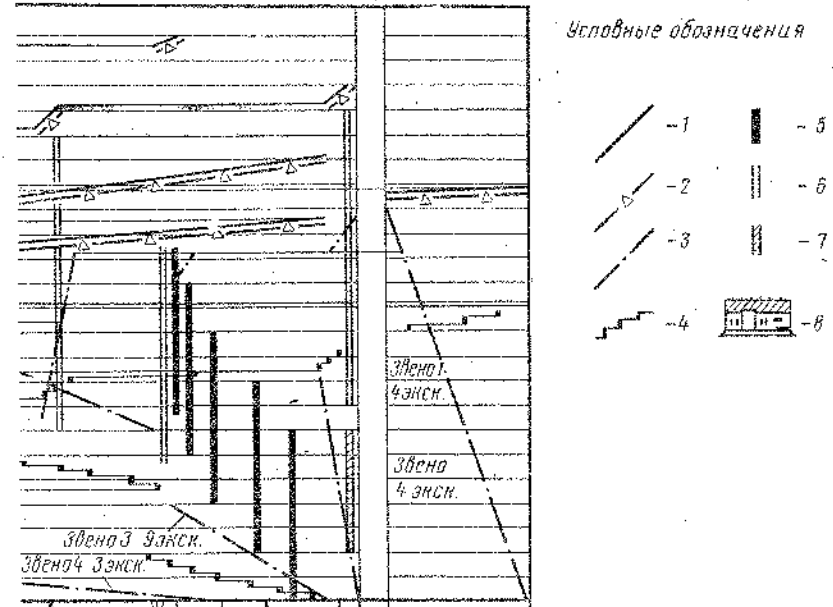


Устройство дорожной одежды, м <sup>2</sup>	Основная трасса	173300 м <sup>2</sup> (11500 п.м)
	Транспортные развязки	112900 м <sup>2</sup> (16500 п.м)
	Пересечения с радиальными дорогами	20200 м <sup>2</sup> (3400 п.м)
	Подъезд к ДЗУ	6000 м <sup>2</sup> (1000 п.м)
	Участок реконструкции подъезда к существующему мосту	20800 м <sup>2</sup> (1400 п.м)

Устройство земляного полотна, тыс. м <sup>3</sup>	Основная трасса	Нескальный грунт	38,6/133,8	65,5	112,6	94,3	58,9/3,6	74,3	69,5
	Транспортные развязки	Скальный грунт	94,3/288,0						
	Пересечение с радиальными дорогами	Нескальный грунт			64,3	89,7	60,1		
	Подъезд к ДЗУ	Нескальный грунт							
	Участок реконструкции подъезда к мосту	Скальный грунт							

Строительство искусственных сооружений	Мосты и путепроводы	II L=71,8; III L=71,5; IV L=71,8; V L=66,4; VI L=66,4; VII L=66,4
	Малые искусственные сооружения, шт./п.м	Трубы $\alpha$ -1,25-53/2016,8; трубы $\alpha$ -1,5-10/302; трубы $\alpha$ -1,5x2,0-3/16

Комплексы дорожной и автотранспортной службы



Условные обозначения

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8



		Всего
		173300
		112900
		20200
		6000
		20800

54,1	66,4/2,9	16,6/3,3	77,8	83,2		1026,4
2628/116					9021,31	1115,0
133,7					27841,62	269,4
		55,3				59,1
					392,4/12,4	304,8

Мосты - 7 шт.; путепроводы - 7 шт.  
 лотки ж-8 ппв 0,8x1,0-3/256; акведук  $\alpha$ -0,7-1/60; трубы - 68 шт.; акведуки - 1шт; лотки - 6шт; дюкеры - 3шт.

Комплекс ДЗУ - 1 шт

Рис. VI.8. Линейный календарный

1 — устройство покрытия; 2 — устройство основания; 3 — возведение земляного полотна; 4 — строительство комплекса ДЗУ; 5 — комплекс ДЗУ. В объемах земляных работ

график строительства: 4 — строительство труб; 5 — строительство мостов; 6 — строительство путепроводов; 7 — строительство мостов; 8 — строительство путепроводов. В числителе указан объем насыпи, в знаменателе — объем выемки

Перечень необходимых согласований проектных решений

№ по плану	Наименование работ	Категория	Кол-во	Единица измерения	Календарные сроки работ										
					Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май		
А. Сооружение моста															
1	Отводные строения (подъездки и строения временных сооружений)	чел-дн		750											
2	Сооружение перехода через русло реки для сообщения между берегами	м <sup>3</sup>	900	10											
3	Сооружение опор	м <sup>3</sup>	155	600											
4	Монтаж проволочных стругов	чел-дн	34	750											
5	Устройство проезжей части, тротуаров и парков	м <sup>3</sup>	1100	400											
6	Устройство канав, регулирующих дренажную и ивелятельную работу	м <sup>3</sup>	8300	1300											
7	Расчеты русла	м <sup>3</sup>	900	10											
Б. Сооружение подкотов															
8	Строительство земляно-палатки	м <sup>3</sup>		4500											
9	Строительство дорожной одежды	м <sup>2</sup>		700											
В. Прочие неучтенные работы															
		чел-дн		1800											
Г. Ликвидация строительства															
		чел-дн		200											
Итого		чел-дн		22700											

Рис. VI.9. Календарный график строительства мостового перехода

Этапы работ	Километры	Километры					
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	
1. Подготовка территории строительства	Отвод (постоянный) земель, га (всего)		44,4	23,3		46,0	
	Рубка, корчевка лесов и кустарника, шт		41			21,8	
	Переустройство линейных коммуникаций					2	
2. Земляное полотно	Возведение земляно-палатки, тыс м <sup>3</sup>	175,1	147,4	154,0	172,8	189,5	
	Насыпной проезд с квадратными опорами, шт/м	d=1,0 3/64 d=1,5x2 2/58	d=1,5 1/20 d=1,5x2 2/58	d=1,0 1/20 d=1,0x2 2/42	d=1,5 1/43 d=1,5 3/53	d=1,5x2 2/43 d=1,0 1/22	d=1,5x2 3/94 d=1,0 2/48
	Укрепление откосов насыпей и выемок и водоотводных канав, м	51680	41200	42460	39140	47900	
	Засеяние трав, ветроулавливат., щейбываицем	993	3337	800	800	1200	
3. Дорожная одежда	Устройство подстилающего слоя и оснований, м	6	5	5	5	5	
	Устройство дорожных и проезжих слоев, м	6	5	5	5	5	
	Устройство дорожных слоев, м	1080	430	427	1016	484	
4. Обстановка и приданиежности дороги	Дорожные знаки, шт	M-6A-56		M-12-2			
	Использованный ограждающий брус - 2590					Битобетонный параллель	
5. Зонирование и благоустройство территории	Земельные участки, шт					12	
	Автоподъемники, шт					7	
6. Искусственные сооружения	Мосты, шт/м	1/48,8	1/63,8	1/48,8	1/48,8	1/48,8	

Рис. VI.10. Этапный график строительства

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
Технико-экономическое обоснование	С областными плановыми комиссиями и госпланами республик
Ориентировочный перспективный грузооборот районов тяготения дороги	То же
Оценка намеченных основных вариантов направления дороги	С областными управлениями сельского хозяйства, облисполкомами Советов народных депутатов
Принципиальные согласования отвода земель по намеченным вариантам направления трассы дороги	С областными плановыми комиссиями и госпланами республик
Соображения о необходимости строительства подъездных автомобильных дорог	

Направление трассы и отвод земель

Принципиальное согласование принятого направления трассы, конкурирующих вариантов и ширины полосы отвода

С советами министров союзных республик, областными, районными Советами, с колхозами, совхозами и другими заинтересованными организациями

Получение разрешения на производство технических изысканий по принятому направлению трассы дороги в конкурирующим вариантам

С советами министров союзных республик, областными и районными Советами, колхозами, совхозами, лесхозами

Согласование об отводе земель под трассу дороги, отдельные постоянные и временные дорожные сооружения, под сосредоточенные резервы грунта и карьеры дорожно-строительных материалов

С областными, районными, городскими Советами, колхозами, совхозами и другими заинтересованными организациями

Возможность проложения трассы в районах выявленных месторождений полезных ископаемых

С Госгортехнадзором СССР и заинтересованными в разработке полезных ископаемых организациями

Снос и перенос строений

Принципиальные согласования на снос или перенос строений

С районными, городскими, поселковыми Советами и с заинтересованными государственными организациями, не подчиненными местным Советам

Условия возмещения убытков, связанных со сносом или переносом строений

Определяет оценочная комиссия, создаваемая районными, городскими, поселковыми Советами

Переустройство линейных коммуникаций

Места и схемы пересечения с дорогой воздушных, наземных, подземных коммуникаций

С владельцами соответствующих линий

Технические условия на переустройство коммуникаций

То же

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
Сроки и порядок переустройства	С владельцами соответствующих линий
<b>Земляное полотно и дорожная одежда</b>	
Расположение элементов земляного полотна в плане и профиле в населенных пунктах городского типа	С городскими и поселковыми советами
Ширина проезжей части в населенных пунктах	То же
Требования к конструкции дорожной одежды в населенных пунктах	»
Особые требования об устройстве тротуаров, велосипедных дорожек в населенных пунктах	»
<b>Пересечения с железными дорогами</b>	
Принципиальные согласования на устройство пересечения в одном или разных уровнях	С отделениями и управлениями железных дорог
Место пересечения в плане	То же
Количество путей и места расположения их с учетом перспективного развития железной дороги с указанием новых отметок путей	»
Габариты приближения строений	»
Намечается схема путепровода и его габариты	»
Схема производства работ по сооружению опор и монтажу пролетных строений	»
Специальные требования на переустройство железнодорожных сооружений	»
Режим работы пересечения в одном уровне и типы переездов	»
<b>Пересечения с автомобильными дорогами</b>	
Согласования на устройство пересечения в одном или разных уровнях	С местными дорожными организациями и управлениями службы ГАИ
Требования, которые должны быть выполнены при переустройстве пересекемой дороги	С местными дорожными органами
Требования, обеспечивающие безопасность движения автотранспорта в месте пересечения	С органами ГАИ

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
<b>Мостовые переходы</b>	
Класс водного пути	С органами Министерства речного флота или республиканским управлением речного транспорта
Место перехода	Для судоходных и сплавных рек с бассейными управлениями, Министерством речного флота, Министерством лесной промышленности
Особые требования, предъявленные к месту перехода на реках, поймы которых используются для выращивания ценных сельскохозяйственных культур	С совхозами, колхозами, органами мелиорации
Характер лесосплава и сплавные уровни	С местными лесосплавными организациями
Характер судоходства и расчетный судоходный уровень воды	С бассейными управлениями, Министерством речного флота
Согласование размещения судоходных пролетов, схемы моста и подмостовых габаритов	То же
Согласование русловых сосредоточенных резервов грунта для намыва средствами гидромеханизации пойменных насыпей подходов	С бассейными управлениями
Согласования намыва насыпи подходов средствами гидромеханизации, земель для устройства отстойников при сбросе отработанной пульпы	С Министерством рыбной промышленности, органами рыбнадзора, совхозами и колхозами, владельцами пойменных земель
<b>Малые искусственные сооружения</b>	
Места устройства скотопрогонов	С районными Советами
Устройство прудов, отметки, режим	То же
Места пересечения существующих и проектируемых оросительных каналов	С управлениями оросительных систем, водхозами областей, республик
<b>Сооружения дорожной и автотранспортной службы</b>	
Согласования отвода земель под строительство комплексов дорожной и автотранспортной службы	С районными, городскими, поселковыми, областными Советами, колхозами, совхозами, органами санитспекции, пожарной охраны
Согласование генеральных планов комплекса, архитектурных решений зданий, красные линии застройки, красные отметки тротуаров и внешних проездов	То же
Качество водопроводной и подземных вод в районе предполагаемого строительства	С органами, ведающими водопроводом и канализацией

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
<p>Место присоединения к существующему водопроводу и канализации, количество получаемой воды, диаметр существующих труб, материал и глубина их заложения, условия присоединения, напор в водопроводной сети</p>	<p>С органами, ведающими водопроводом и канализацией</p>
<p>Место возможного спуска сточных вод, условия и возможность их очистки при отсутствии канализации</p>	<p>С городскими и районными Советами и органами санинспекции</p>
<p>Согласование на присоединение проектируемых объектов к местным электросетям. Технические условия и место присоединения</p>	<p>С местными электроснабжающими организациями</p>
<p>Согласование на присоединение проектируемых объектов к сетям газопровода</p>	<p>С органами газоснабжения</p>
<p>Присоединение к местным сетям связи и технические условия на присоединение с указанием пункта подключения</p>	<p>С местными органами Министерства связи СССР</p>
<p><b>Снегозащитное и декоративное озеленение</b></p>	
<p>Согласование дополнительного отвода земель под снегозащитное и декоративное озеленение</p>	<p>С совхозами, колхозами, районными, областными Советами</p>
<p>Наименование и количество саженцев, которое может быть получено в соответствующих лесхозах для озеленения дороги</p>	<p>С местными лесхозами</p>
<p>Отпускные цены на посадочный материал</p>	<p>То же</p>
<p><b>Строительные материалы и сосредоточенные резервы грунта</b></p>	
<p>Условия, количество и сроки получения материалов из действующих карьеров</p>	<p>С организациями, в ведении которых находятся действующие карьеры</p>
<p>Станции отгрузки и выгрузки материалов, дальность возки по железной дороге и автомобильным транспортом</p>	<p>С соответствующими железнодорожными станциями, данными обследования подъездных автомобильных дорог</p>
<p>Условия, количество, сроки получения материалов, изготавливаемых местной промышленностью</p>	<p>С районными и областными плановыми комиссиями</p>
<p>Согласования отвода земель под сосредоточенные резервы грунта и условия рекультивации</p>	<p>С совхозами, колхозами, районными, областными Советами</p>

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
<p><b>Организация строительства</b></p>	
<p>Принципиальное согласие на временное представление разгрузочных фронтов на станциях железных дорог и условия пользования ими</p>	<p>С отделениями и управлениями железных дорог; при использовании подъездных путей, принадлежащих другим владельцам, с владельцами путей</p>
<p>Согласование на строительство временных туников широкой колеи на железнодорожных станциях; условия, при которых разрешается такое строительство</p>	<p>С отделениями и управлениями железных дорог</p>
<p>Принципиальное согласие на временное использование или постройку пристаней для разгрузки строительных материалов, условия пользования пристанями, условия фрахта грузовых и буксирных судов</p>	<p>С управлениями соответствующих пароконств</p>
<p>Согласие на размещение складских помещений и подсобных производств на территориях железнодорожных станций, пристаней, карьеров и других производственных объектов, а также в населенных пунктах</p>	<p>С организациями, в чьем ведении находятся необходимые территории</p>
<p>Согласие на временное предоставление электроэнергии, газа, воды, пара с указанием сроков, мощностей, количества по каждому виду энергии и условий ее получения, мест примыкания и технических условий на строительство существующих коммуникаций</p>	<p>С местными Советами или организациями, в чьем ведении находятся источники снабжения</p>
<p>Согласие на временное включение объектов строительства в действующие системы связи с указанием технических условий на включение и мест примыкания</p>	<p>С местными органами Министерства связи или с организациями, в чьем ведении находятся действующие системы связи</p>
<p><b>Основные вопросы строительства</b></p>	
<p>Применяемые материалы, конструкции, средства механизации строительно-монтажных работ и принятые решения по организации строительства. Разбивка объектов на этапные участки, определяющие этапы финансирования строительства</p>	<p>Со строительными министерствами и ведомствами, строительными главами, техническими управлениями и строительными организациями, которым поручено строительство</p>

Вопросы, подлежащие согласованию	Организации, с которыми производится согласование
<b>Сводная смета и сметы на отдельные объекты и затраты</b>	
Сметная стоимость строительства	Со строительной организацией и заказчиком. В тех случаях, когда к моменту составления сметы к техническому проекту не усановлено, на какую строительную организацию возложено осуществление строительства, согласование производится по указанию заказчика

Согласования должны выполняться, как правило, комплектно: все вопросы, связанные с проектированием конкретного объекта, сразу согласовываются с соответствующей организацией. Согласования проектных решений с местными органами власти должны выполняться в одном органе местного Совета, который привлекает к решению вопроса все заинтересованные организации и обязан принять решение в месячный срок. Организации министерств, ведомств обязаны принимать решения по вопросам согласования не более чем за 15 дней.

В конкретных условиях проектирования автомобильных дорог возникает большое количество вопросов, подлежащих согласованиям, основные из которых приведены в табл. VI.3.

### Глава VII

## ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ И ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ СМЕТ

### § VII.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Технический проект на строительство автомобильной дороги завершается сводной и частными сметами, определяющими стоимость строительства. Сметы составляются на основе ведомостей объемов строительных работ с учетом способа разработки грунтов, средней дальности возки грунта и материалов, способов транспортирования, а также применяемых механизмов при производстве строительно-монтажных работ.

Объемы строительных работ зависят от следующих факторов: категории проектируемой дороги, которая определяет ее основные параметры: ширину земляного полотна и проезжей части, число полос движения, транспортные развязки в одном или разных уровнях, капитальность покрытия, габариты больших и средних мостов и т. д.;

протяжения дороги, числа и протяжения подъездных дорог к промышленным центрам, крупным населенным пунктам;

рельефа и категории сложности местности в районе строительства дороги (равнинная, пересеченная, горная);

гидрологических условий местности (наличие, глубины и протяжения болот, высоты залегания уровня грунтовых вод), наличия на трассе просадочных, засоленных и вечномёрзлых грунтов и т. п.;

условий снабжения строительства дороги материалами;

количество пересекаемых трассой периодически действующих и постоянных водотоков, где требуется устройство искусственных водопропускных сооружений.

Указанные факторы влияют на проектирование продольного и поперечного профилей дороги, определяют высоты насыпей и глубины выемок, от которых в прямой зависимости находятся объемы земляных работ.

Особенно сказывается на увеличении объемов работ наличие на трассе больших мостовых переходов через крупные реки, где на сравнительно коротких по протяжению участках подходов к мостам концентрируются огромные объемы земляных и укрепительных работ, связанные с отсыпкой высоких насыпей и разработкой глубоких выемок, которые большей частью проектируют индивидуально.

В горной местности благодаря резко расчлененному рельефу, крутым косогорам, сложным и разнообразным комплексам климатических гидрогеологических и геологических условий объемы работ по сооружению земляного полотна, по сравнению с дорогами, пролегающими по равнинной и пересеченной местностям, увеличиваются на единицу длины дороги в десятки раз. Кроме того, возникает необходимость в строительстве большого числа косогорных водопропускных сооружений с устройством быстротоков и перепадов, а также специальных инженерных сооружений: тоннелей, полутоннелей, лавинозащитных галерей, навесов, балконов, подпорных и одевающих стен, нагорных и водостводных канав и других специфических для этих дорог сооружений.

Как бы ни был велик диапазон в колебании объема строительных работ, в зависимости от вышеприведенных условий порядок определения их в каждом техническом проекте остается единым. Единой остается и последовательность строительства, которая всегда начинается с нулевого цикла — подготовки территории и отвода земель под строительство.

На строительство на смену устаревшим машинам, методам производства работ приходят более совершенные и производительные. С введением новых, более совершенных машин и оборудования неизбежно меняется стоимость машино-смен, меняется средняя стоимость 1 м<sup>3</sup> земляных работ и 1 м<sup>2</sup> дорожной одежды.

Периодически изменяются стоимости строительных материалов, оборудования, но последовательность выполнения работ сохраняется без существенных изменений (нельзя возводить земляное полотно, предварительно не построив водопропускные трубы и малые мосты, нельзя укладывать покрытие на незавершенное земляное полотно).

Определение объемов строительных работ излагается ниже с учетом технологической последовательности строительства автомобильных дорог, отражаемой разбивкой сводной сметы на главы.

**Подготовка территории строительства. Оформление отвода земель.** Твердых утвержденных нормативов ширины полосы отвода земель под дороги разных технических категорий — нет. Временные нормативы (см. табл. IV.1) определяют лишь среднюю ширину полосы отвода для каждой категории дороги. Эти нормативы не всегда удовлетворяют требованиям проекта для отдельных участков. Поэтому в каждом проекте на строительство автомобильных дорог ширину полосы отвода, а следовательно, и площадь занимаемых земель необходимо обосновывать соответствующими поперечными профилями полосы отвода. В графике отвода земель детально указываются площади занимаемых сельскохозяйственных угодий, лесов, неудобных земель и т. д. (см. рис. VI.4).

Занятие полезных земель, особенно пахотных, под строительство нежелательно; поэтому возведение земляного полотна из боковых притрассовых резервов, как правило, в настоящее время исключается. Насыпи возводят из резервов грунта, располагаемых на неудобных землях, либо из выемок, если грунты их пригодны для возведения земляного полотна. С каждым годом все шире внедряется намыв насыпей средствами гидромеханизации, не только на подходах к мостам (где намыв ведется речными промытыми песками), но и на линейных участках при наличии воды и соответствующих резервов.

Как правило, верхний гумусированный слой почвы под насыпями и на участках выемок подлежит сему. Его объем определяется отдельно и включается в объемную ведомость. В процессе изысканий должны быть согласованы площади для складирования этого грунта, а также определены дальности возки

грунта, используемого для укрепления откосов растительностью и вывозимого частично на поля (по указанию землепользователей).

К постоянному отводу относятся земли, занимаемые под дорогу, транспортные развязки, автобусные остановки, сооружения автотранспортной и дорожной службы. Временному отводу подлежат земли, занимаемые под строительные площадки, АБЗ и ЦБЗ, временные поселки строителей и т. д. Указанные земли по окончании строительства подлежат возврату землепользователям в состоянии, пригодном для использования в сельском хозяйстве.

В объемную ведомость включаются все виды работ по приведению земель в пригодное состояние.

**Восстановление трассы и разбивка земляного полотна дороги.** В ведомость объемов работ включаются работы по восстановлению трассы, выносу закрепления углов поворота за пределы строительной полосы, разбивке криволинейных круговых и переходных кривых, указывается длина основной трассы, подвезных дорог, съездов и т. п. Учитывается, что одновременно с разбивкой осей трассы и земляного полотна разбиваются и закрепляются в натуре, за пределами строительной полосы, оси всех водопропускных труб и малых мостов.

**Разбивка осей и опор средних и больших мостов, разбивка микротрангуляции.** Объемы работ определяются по каждому мостовому переходу с указанием выносных закрепительных пунктов для осуществления контроля за правильным положением опор и осей в процессе строительства.

**Переустройство пересекаемых коммуникаций.** Объемы работ учитываются отдельно по видам коммуникаций. В объемную ведомость по переустройству трубопроводов включают: наименование и пикетное положение каждого трубопровода, диаметр, материал труб, необходимость устройства кожуха, резервных вентилей, протяжение переустраиваемого участка.

В объемной ведомости перекладки подземных кабелей (силовых, связи, спецсвязи, телевидения) указывается местоположение каждого кабеля, его назначение, протяжение переустраиваемого участка, марка кабеля, дополнительные условия обустройства пересечения по требованию владельца кабеля.

В объемной ведомости переноса воздушных наземных коммуникаций (ЛЭП высокого напряжения, электролиний низкого напряжения, линий связи, радиотрансляции и др.) указывается материал опор, необходимость устройства анкерных опор, длина переустраиваемых участков линий (с количеством переставляемых опор или заменой их новыми по требованию владельцев линий).

Как правило, все строительные работы по переустройству пересекаемых коммуникаций должны выполняться до начала работ по возведению земляного полотна.

**Рубка леса и корчевка пней.** Лес вырубается не на всю ширину полосы отвода, а лишь в границах, отстоящих не менее чем на 2 м от внешней бровки бокового кювета или внешнего откоса нагорных канав, окаймляющих глубокие выемки.

В объемной ведомости указываются местоположение и протяжение участков, подлежащих вырубке, характер древесных пород леса, диаметр деревьев, общее количество хлыстов.

**Снос строений и постройка их anew.** Как правило, все строения (жилые, хозяйственные), попадающие на трассу автомобильной дороги, подлежат сносу, переносу или постройке взамен новых строений по согласованию с владельцами сносимых строений. Объемы работ определяются на основании оценочных ведомостей, в которых приведены размеры зданий с указанием кубатуры материалов стен, кровли, степени ветхости и т. д. В отдельных случаях при наличии соответствующих согласований владельцам оплачивается стоимость здания согласно данным оценочной ведомости.

**Возмещение расходов по освоению новых земель.** Площадь занимаемых под трассу пахотных земель возмещается землепользователям путем освоения неудобных земель, производимого за счет строительства. Объемы работ определяют по проекту освоения земель, в основу которого должны быть положены документы согласований.

При вырубке фруктовых садов и виноградников землепользователю возмещается стоимость 3--4-годичного урожая (период ожидания плодоношения вновь посаженного сада).

Все временно занимаемые земли (под строительные площадки, резервы грунта, карьеры строительных материалов, площадки под временные поселки строителей) по окончании строительства возвращаются землепользователям в состоянии, пригодном для сельскохозяйственного использования. Эти работы выполняются строительной организацией и поэтому включаются в строительную смету. В объемной ведомости по этому виду работ учитываются все объемы по планировке, перемещению грунтов и т. п.

**Земляное полотно.** Объемы земляных работ складываются из объемов насыпей и выемок.

Объемы работ определяются на основании рабочих отметок запроектированного продольного профиля по нормативам, соответствующим категории дороги, в увязке с категорией сложности местности района продолжения трассы. Подробно о проектировании продольного профиля изложено в гл. VIII справочника. Для дорог в горной местности объемы работ определяют на основе проектирования земляного полотна как по продольному, так и по поперечному профилю местности.

Объемы земляных работ измеряются кубометрами земляных масс, необходимых для сооружения земляного полотна. На основании попятного и километрового подсчета объема работ получают профильную кубатуру насыпей и выемок, характеризующую общие объемы работ по возведению земляного полотна.

Для определения стоимости строительных работ, кроме профильной кубатуры, необходимо знать, из каких резервов, на какое расстояние надо возить грунт в насыпь, какими машинами разрабатывать его в резервах и выемках, а также знать способы его транспортирования. Следует также определить для участков дороги среднюю дальность возки, объем грунтов выемок, используемый для отсыпки насыпей и отвозимый в отвалы (их местоположение, средняя дальность возки и способы транспортирования). Все эти виды работ подробно рассмотрены в томе Справочника, посвященном строительству дорог.

Объемы земляных работ для дорог, пролегающих в равнинной, пересеченной, заболоченной местностях, подсчитывают, как правило, на электроинструментальных машинах по программам, перечень которых приведен в § VI.3. Для дорог, пролегающих в горной местности, ввиду большого количества литологических разностей на поперечных профилях местности, вычисление объемов земляных работ на ЭВМ пока не производят.

**Укрепительные работы.** Откосы земляного полотна насыпей и выемок, во избежание осыпания и сползания грунта на полотно дороги, подлежат укреплению. Объемы работ определяются исходя из площади поверхности откосов. Длина образующей откоса зависит от крутизны откосов насыпей и выемок.

Объемы работ по укреплению откосов, за исключением дорог, пролегающих в горной местности, также подсчитывают на ЭВМ.

Быстротоки для сброса воды с проезжей части, а также укрепления нагорных канав, окаймляющих глубокие выемки, устраивают из сборных железобетонных элементов. Объемы работ определяют на основе типовых проектов.

Водопропускные трубы входят в состав земляного полотна. Объемы работ по их устройству заносят в отдельную объемную ведомость.

**Искусственные сооружения.** В объемную ведомость по этому виду строительных работ включают работы по возведению малых, средних, больших мостов и путепроводов. Объемы строительно-монтажных работ подсчитывают отдельно по каждому мосту и путепроводу и сводят в общие ведомости. Объемы определяют раздельно по опорам, пролетным строениям, монтажу пролетных строений, проезжей части мостов и путепроводов, конусам и регуляционным сооружениям.

В проектах мостов и путепроводов, требующих освещения в ночное время, объемы работ по энергоснабжению и устройству светильников подсчитывают и сводят в отдельную ведомость.

**Дорожная одежда.** Объемы работ подсчитывают на основании данных проекта о принятой конструкции дорожной одежды. Подсчеты ведут сначала на измеритель (1 м<sup>2</sup> дорожной одежды), а затем на все протяжение дороги.

Для расчетов строительной стоимости дорожной одежды необходимо включать в ведомость средние дальности возки материалов для устройства основания, асфальтобетонной или цементобетонной смеси для устройства покрытия.



Объемы по досыпке обочины рассчитывают исходя из геометрических размеров обочины, зависящих от технической категории дороги.

**Обстановка и принадлежность дороги.** Ограждения предусматриваются на высоких насыпях на подходах к мостам и путепроводам, а также на горных дорогах со стороны обрыва. Объемы работ определяют на основе типовых проектов ограждений, принятых в данном проекте. В объемной ведомости указывают лицевое положение участков, требующих ограждений.

В объемную ведомость включают также работы по установке дорожных знаков, для чего перечисляют места их установки и типы знаков. Объемы работ определяют по данным типовых проектов дорожных знаков.

Объемы работ по устройству транспортных развязок в одном или разных уровнях вычисляют раздельно по видам работ (устройство земляного полотна, проезжей части, укрепление откосов, водосбросы и т. п.).

Объемы работ вычисляют раздельно по каждому съезду, проезду, примыканию согласно типовым проектам.

**Здания и сооружения дорожной и автотранспортной службы.** Объемы строительно-монтажных работ вычисляют раздельно для каждого комплекса зданий согласно данным проекта и сводят в отдельные ведомости.

**Временные здания и сооружения.** Объемы строительно-монтажных работ по временным зданиям и сооружениям вычисляют согласно данным, заложенным в проект, в зависимости от принятых типов зданий и сооружений.

Объемы работ по строительству АБЗ и ЦБЗ определяют раздельно по каждому объекту.

Если проектом предусмотрено строительство временных дорог вдоль трассы, а также подъездов к карьерам, резервам, АБЗ и ЦБЗ, то объемы работ определяют раздельно для каждой дороги.

## § VII.2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Сметы на строительство автомобильных дорог и мостов.** Сметы на строительство автомобильных дорог и титульных мостовых переходов входят составной частью в технические проекты и являются основными документами для планирования капитального строительства и расчетов между заказчиком и строительными организациями.

В настоящее время сметы составляются в ценах, введенных с 1 января 1969 г. На основании сметных норм (СНиП, ч. IV) с учетом новых оптовых цен на материалы, изделия и тарифы созданы новые сборники единичных районных единичных расценок на строительные работы (ЕРЕР, изд. 1969 г.), введены новые ценники. Указанные сметно-нормативные документы отвечают современному уровню строительного производства.

Сметные нормы (см. СНиП, ч. IV) разработаны из условий производства работ в летнее время. Дополнительные затраты при выполнении работ в зимнее время учитываются по специальным нормам (ВНДЗ-69) в процентах от стоимости строительно-монтажных работ.

Сметные нормы IV части СНиП исчислены при условии выполнения строительно-монтажных работ на отдельной строительной площадке на сумму более 100 тыс. руб. При стоимости строительно-монтажных работ менее указанной суммы предусматривается увеличение общей стоимости работ: менее 25 тыс. руб. — на 2%; от 25 до 50 тыс. руб. — 1,5%; от 50 до 100 тыс. руб. — на 1% от стоимости работ.

В составе технического проекта или техно-рабочего проекта по линейным стройкам сметная документация включает: краткую пояснительную записку; сводную смету; объектные сметы и сметы на отдельные сооружения и виды работ, предусмотренные проектом, расчеты стоимости этапов работ; расчеты прочих затрат, исчисляемые в процентах от стоимости строительства по действующим нормам и установленным лимитам; калькуляция стоимости материалов, полуфабрикатов, транспортных расходов; дополнительные единичные расценки, отсутствующие в сборнике ЕРЕР и местных нормах; каталог единичных расценок, привязанных к местным условиям строительства с учетом данных проекта организации работ и источников доставки материалов.

Смета к техническому проекту (техно-рабочему проекту) автомобильной дороги или титульного отдельного мостового перехода является основным измененным документом на весь период строительства, на основе которого производят финансирование строительства, расчеты за выполненные работы между подрядной организацией, осуществляющей строительство объекта, и заказчиком.

При больших объемах строительных работ функции заказчика выполняет дирекция строящегося объекта. Положение о дирекции строящегося предприятия утверждено Госстроем СССР 12 марта 1971 г. по согласованию с Госпланом СССР, Министерством финансов СССР и Стройбанком СССР. Дирекция создается министерством или ведомством СССР, советом министров союзной республики или другим органом, которому по действующему законодательству предоставлено право осуществления вновь начинаемого строительства.

Дирекция является заказчиком строящегося объекта, распорядителем денежных средств, предусмотренных сметой на данный объект, а также всех материальных ценностей. Дирекция разрабатывает и представляет на утверждение годовые планы капитального строительства, титульные списки и т. п., осуществляя через свой штат контроль за сроками и качеством строительства, следит за своевременным получением и утверждением проектно-сметной документации.

**Сметы на изыскательские и проектные работы.** Стоимость проектно-изыскательских работ определяют в соответствии с «Инструкцией о порядке составления смет на проектные и изыскательские работы для строительства», утвержденной Госстроем СССР и Стройбанком СССР 9 июля 1970 г.

Сметную стоимость каждой стадии проектирования и изысканий определяют раздельно по «Сборнику цен на проектные и изыскательские работы для строительства», введенному в действие с 1 января 1969 г.

Сборник состоит из трех частей: в I части приведены цены на изыскательские работы, во II части — цены на составление технического проекта, в III части — цены на разработку рабочих чертежей. Цены на проектирование мостов и автомобильных дорог приведены соответственно в разделах 23 и 24 этой части.

Общая стоимость работ, выполняемых на всех стадиях проектирования, сводится в сводную смету и включается как составная часть в смету на строительство по форме Iп. Сметы на проектные и изыскательские работы, составляемые по формам Iпс, 2п и 3п, являются обоснованием сводной сметы по форме Iп.

## § VII.3. СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТ НА СТРОИТЕЛЬСТВО В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Строительство дорог и мостовых переходов в северных районах проходит в специфических условиях климата и почвы. Низкие температуры воздуха в зимний период, его продолжительность, наличие вечномерзлых грунтов, огромные по протяжению пространства морей, тундры, тайги накладывают свой отпечаток на технологию строительных работ, условия работы и быт строителей.

Территория страны, отнесенная к районам Крайнего Севера и приравненная к ним, не включена в перечень 19 районов, для которых разработаны сборники ЕРЕР.

При определении сметной стоимости строительства объектов, расположенных в районах Крайнего Севера и приравненных к ним (табл. VII.1), сметные цены и расценки разрабатывают с учетом местных условий строительства. При этом при разработке единичных расценок рекомендуется закладывать принципы ценообразования, принятые в сборнике ЕРЕР (изд. 1969 г.). Потребность в трудовых, материальных ресурсах и машинах определяют по сметным нормам IV части СНиП. Заработную плату, предусмотренную нормами IV части СНиП, исчисляют с учетом районных коэффициентов, установленных постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и ВЦСПС от 30 марта 1960 г.

Стоимость эксплуатации строительных машин, выраженную в машино-сменах, определяют по Ценнику № 2 машино-смен строительных машин и оборудования для районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к ним. Показатели этого ценника даны для шести зон (А, Б, В, Г, Д, Е), упомянутых в табл. VII.1. Отдельно приведены показатели постоянных расходов заработной платы для 1-го района и расход энергоресурсов на 1 маш.-смену. Так как пока-

Таблица VII.1

Перечень краев, областей и районов, отнесенных к районам Крайнего Севера и местностям, приравненным к ним

Наименование края, области, района	Зона, учитывающая особые условия эксплуатации строительных машин	Районные коэффициенты к заработной плате
Районы Крайнего Севера. Все острова Северного Ледовитого океана и его морей, а также острова Берингова и Охотского морей	—	2,0
Архангельская область: Ненецкий национальный округ и г. Северодвинск	Г	1,60
Коми АССР: г. Воркута	А	1,50
г. Инта	А	1,40
Тюменская область: Ямало-Ненецкий национальный округ южнее Полярного круга	Г	1,50
То же, севернее Полярного круга	Г	1,60
Красноярский край: Таймырский и Эвенский национальные округа, гг. Игарка, Норильск, Туруханский край	Г	1,70
Северо-Енисейский район	Б	1,30
Иркутская область: Катангский район	Б	1,40
Якутская АССР: Алданский, Алексеевский, Амчинский, Горный районы	Д	1,40
Менгинно-Кангаласский, Намский, Олекминский, Орджоникидзевский, Усть-Алданский, Усть-Майский, Чурапчинский районы, территория Ленского района, расположенная южнее 61° северной широты	Е	1,70
Остальные районы и местности Якутской АССР	Е	1,70
Магаданская область: вся область, за исключением Якутского национального округа	Е	1,70
Чукотский национальный округ	Е	2,0
Камчатская область, за исключением Командорских островов	В	1,80
Командорские острова	В	2,0
Хабаровский край: Аяно-Майский район	В	1,40
Охотский район	В	1,70
Сахалинская область: Курильский, Ноглинский, Охинский районы	В	2,0
Северокурильский, Южнокурильский районы, г. Оха	В	1,8
Местности, приравненные к районам Крайнего Севера		
Архангельская область: Лешукский, Мезенский, Пинежский районы	А	1,30

Наименование края, области, района	Зона, учитывающая особые условия эксплуатации строительных машин	Районные коэффициенты к заработной плате
Коми АССР: Ижемский, Печерский, Троицко-Печерский, Удорский, Усть-Целемский районы, г. Ухта и г. Печора	А	1,30
Тюменская область: Ханты-Мансийский национальный округ	Б	1,30
Александровский, Бакчарский, Верхнекетский, Кэргасский, Калпашовский, Кривошеинский, Молчановский, Парабельский, Чинский районы, г. Колпашно	В	1,30
Красноярский край: Богучанский, Кежемский, Енисейский, Мотыгинский районы, г. Енисейск	Б	1,30
Иркутская область: Бодайбинский, Братский, Казачинско-Ленский, Катангский, Киренский, Мамско-Чуйский, Нижне-Илимский, Усть-Кутский районы, г. Братск	Б	1,40
Бурятская АССР: Баунтовский и Северобайкальский районы	Б	1,30
Читинская область: Каларский, Тунгиро-Олекминский, Тунгокооченский районы	Б	1,30
Амурская область: Джалтулакский, Зейский, Селемджинский районы	Б	1,40
Приморский край: Кавалеровский, Ольгинский, Тернейский, Дальнегорский районы	Б	1,30
Хабаровский край: Верхнебурейнский, Николаевский, им. Полины Осипенко, Советско-Гаванский, Тугуро-Чумиканский, Ульчский, гг. Советская Гавань, Николаевск-на-Амуре	Б	1,40
Сахалинская область: все местности, за исключением местностей, названных в перечне районов Крайнего Севера	В	1,60

затели ценника не учитывают льготы для лиц, работающих в районах Крайнего Севера и местностей, приравненных к ним, то дополнительные затраты учитываются дополнительно в главе «Прочие работы и затраты» сводной сметы.

Нормы машино-смен, приведенные в таблицах сметных норм СНиП-1У, корректируют с учетом следующих поправочных коэффициентов: по зонам А, Б и В — 1,05; по зонам Г, Д и Е — 1,10, а нормы затрат на эксплуатацию машин, выраженные в рублях, начисляют с учетом поправочных коэффициентов  $K = a + b$ . Здесь  $a$  — поправки к затратам на эксплуатацию машин (кроме заработной платы), которые установлены по зонам;  $b$  — поправки к заработной плате, установленные в зависимости от районного коэффициента (см. табл. VII.1).

Коэффициенты  $a$  и  $b$  имеют следующие значения:

Зона	А	Б	В	Г	Д	Е
Коэффициент $a$	0,78	0,85	0,97	1,14	1,18	1,34
Районный коэффициент	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Коэффициент $b$	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54

Отпускные цены материалов, изделий и конструкций принимают по прейскурантам оптовых цен, введенных в действие с 1 июля 1967 г. При калькулировании транспортных расходов применяется Ценик № 3 сметных цен на перевозку грузов для строительства (изд. 1967 г.).

К тарифам на автомобильные перевозки для Якутской АССР и районов Крайнего Севера (за исключением районов Якутской АССР и Магаданской области, расположенных севернее Полярного круга) установлен поясной коэффициент 2, для районов Якутской АССР и Магаданской области, расположенных севернее Полярного круга, для Анадырского района Чукотского национального округа, Магаданской области, для островов, расположенных в Баренцевом, Белом, Печерском, Карском морях, в море Лаптевых — коэффициент 3, для местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, — коэффициент 1,8.

Для определения стоимости транспортных расходов следует применять «Сметные цены на перевозки тракторами грузов для строительства в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера и в районах Крайнего Севера, исчисленные на 1 т груза, в зависимости от класса груза и расстояния перевозки».

Стоимость погрузо-разгрузочных работ в сметных ценах не учтена, и ее следует учитывать дополнительно по сметным ценам на эти работы при автомобильных перевозках.

Стоимость речных перевозок строительных грузов по пароходствам Министерства речного флота РСФСР определяют по сметным ценам, приведенным в уже упомянутом Ценике № 3 с учетом соответствующих поправок и коэффициентов, предусмотренных общими указаниями по применению этих цен.

Районы Крайнего Севера и местности, приравненные к ним, а также все районы Хабаровского и Приморского краев, Амурской и Магаданской областей, согласно постановлению Совета Министров СССР от 2 декабря 1968 г., отнесены к районам, в которых могут быть установлены повышенные нормы накладных расходов на строительные, внутренние санитарно-технические, подземные горнопроходческие работы, работы по монтажу металлоконструкций, буровзрывные работы, а также по строительству крупнопанельных домов. В соответствии с этим постановлением министерства, ведомства, заказчики совместно с подрядчиками утверждают по согласованию со Стройбанком СССР или Госбанком СССР повышенные нормы накладных расходов для строек в перечисленных выше районах.

Дополнительные единичные расценки на работы, отсутствующие в сметных нормах IV части СНиП, составляются в соответствии с «Указаниями о порядке перерасчета дополнительных единичных расценок в цены, введенные с 1 января 1968 г.» (Сборник дополнений, разъяснений и поправок к единым районным единичным расценкам ЕРЕР-69, вып. I, с. 153) на основе ведомственных норм и расценок на строительные, монтажные работы (сборник В-46).

При определении стоимости проектных и изыскательских работ по сборникам цен, введенным в действие с 1 января 1969 г., следует иметь в виду, что дополнительные затраты, связанные с выполнением работ в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним, в этих сборниках не учтены. Необходимые дополнительные затраты включают в сметы. Эти затраты определяют путем введения к общему итогу сметной стоимости проектных и изыскательских работ следующих повышенных коэффициентов:

а) коэффициента, учитывающего увеличение стоимости проектных и изыскательских работ в связи с применением установленных для данной местности районных коэффициентов к заработной плате. Этот коэффициент принимается в зависимости от величины районного коэффициента к заработной плате в следующих размерах:

Районный коэффициент к заработной плате	2	1,9	1,8	1,7	1,6
Районный коэффициент к стоимости проектных и изыскательских работ	1,5	1,45	1,40	1,35	1,30
Районный коэффициент к заработной плате	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
Районный коэффициент к стоимости проектных и изыскательских работ	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05

б) коэффициента, учитывающего затраты проектных (изыскательских) организаций, связанные с предоставлением работникам этих организаций льгот (выплата надбавок к месячному заработку, оплата дополнительных отпусков, а также прочие выплаты, установленные для лиц, работающих в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним). Этот коэффициент определяется непосредственным расчетом дополнительных расходов.

## Глава VIII

### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### § VIII.1. ШИРИНА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Для автомобильных дорог общего пользования ширина проезжей части и земляного полотна устанавливается в зависимости от категории и расчетной скорости и в соответствии со СНиП II-Д.5-72 (табл. VIII.1).

Ширина раздельной полосы между разными направлениями движения, устраиваемой на дорогах I категории, принимается 5 м, а для высокоскоростного движения (50% и более легковых автомобилей и междугородных автобусов) — 6 м с уширением земляного полотна на 1 м. При перспективном развитии дороги для размещения дополнительных полос (в частности, на подъездах к крупным городам), как правило, следует принимать ширину раздельной полосы не менее 12,5 м, а для скоростного движения — не менее 13,5 м. Допускается каждое направление движения на дорогах I категории проектировать на самостоятельном земляном полотне. На особо трудных участках горной местности, на больших мостах, в застроенных районах и т. п. при соответствующем обосновании ширину раздельной полосы допускается уменьшать до 2 м. Виды раздельных полос, устраиваемых на автомобильных дорогах, приведены на рис. VIII.1.

На дорогах II категории, а при интенсивности более 2000 авт./сут, достигаемой в первые пять лет эксплуатации, на дорогах III категории на участках затяжных (протяжение выше 1 км) уклонов величиной более 30% и при длине участка от 0,5 до 1 км с уклонами более 40% предусматривают устройство дополнительной полосы проезжей части шириной 3,5 м, которую продолжают за подъем на протяжении 50—200 м в зависимости от интенсивности движения.

Ширину проезжей части дорог в пределах средней части вогнутых кривых, сопрягающих участки с алгебраической разностью уклонов 60% и более, увеличивают на 0,5 м для дорог II и III категорий и для дорог IV и V категорий на 0,25 м с каждой стороны по сравнению с нормами. При этом протяжение уширенной проезжей части должно быть не менее 100 м для дорог II и III ка-

Таблица VIII.1

Ширина проезжей части и земляного полотна

Категория дороги	Число полос движения	Ширина полосы движения, м	Ширина проезжей части, м	Ширина обочины, м	Ширина земляного полотна, м
I	4 и более	3,75	15 и более	3,75	27,5 и более
II	2	3,75	7,5	3,75	15
III	2	3,5	7,0	2,5	12
IV	2	3	6,0	2,0	10
V	1	—	4,5	1,75	8

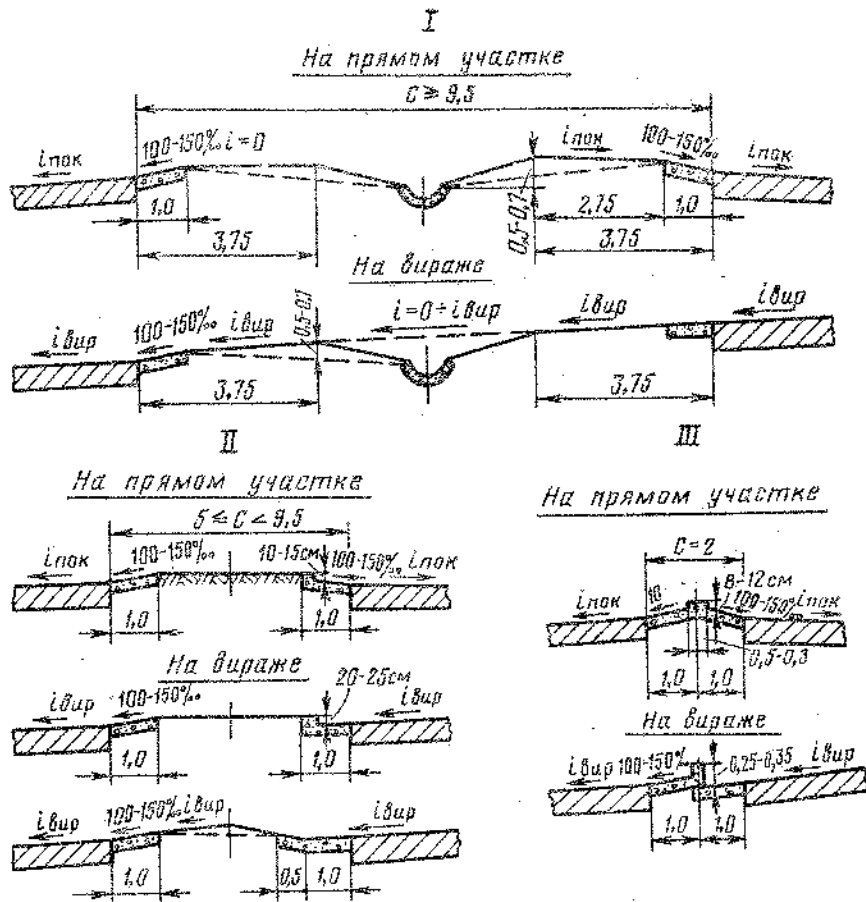


Рис. VIII.1. Виды разделительных полос

тегорий и не менее 50 м для дорог IV и V категорий. Переход к уширенной проезжей части осуществляют на участке длиной 25 м для дорог II и III категорий и на участке 15 м для дорог IV и V категорий.

На участках однополосных дорог с уклонами более 60% в местах с неблагоприятными гидрологическими условиями и с легко размокаемыми грунтами, а также на участке с уменьшенной шириной обочин предусматривают разъезды. Расстояния между разъездами надлежит принимать равными расстояниям видимости встречного автомобиля, но не более 1 км. Ширину земляного полотна и проезжей части на разъездах принимают по нормам дорог IV категории, а наименьшую длину разъезда — 30 м. Переход от однополосной проезжей части к двухполосной осуществляют на протяжении 10 м.

Ширина насыпей поверху на длине не менее 10 м от начала и конца больших мостов должна превышать расстояния между перилами моста на 0,5 м. При необходимости земляное полотно уширяют. Переход от уширенного земляного полотна к нормативному осуществляют на длине 15--25 м.

Ширина земляного полотна на особо трудных участках горной местности, а также в местах с переходно-скоростными полосами может быть уменьшена за счет обочин, которые в этом случае принимают на дорогах I и II категорий не

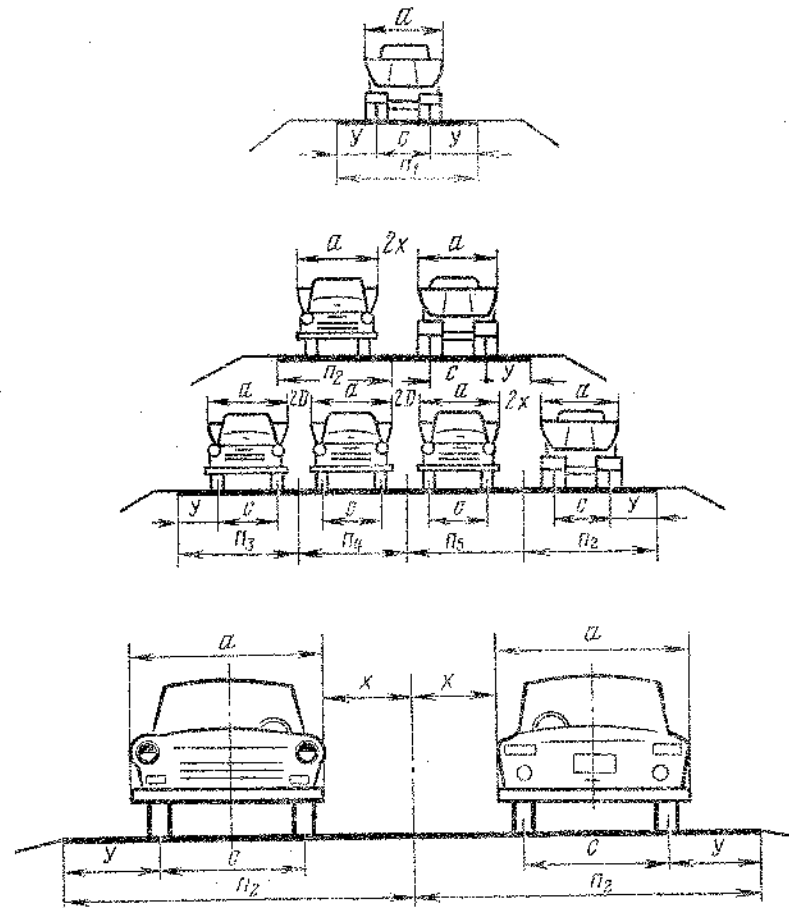


Рис. VIII.2. Виды полос движения

менее 1,5 м и на дорогах остальных категорий — 1 м. Ширину обочины на участках дорог, где тракторный или летний путь совмещается с основной дорогой, следует принимать не менее 4 м.

В необходимых случаях ширина проезжей части может быть обоснована расчетом. Обычно такой расчет выполняют для дорог с числом полос движения 5 и более. Ширина проезжей части зависит от числа полос движения, которое определяется из условия обеспечения пропускной способности в часы пик на расчетный период в соответствии с интенсивностью движения.

Ширина одной полосы движения (рис. VIII.2) зависит от ширины кузова автомобиля  $a$ , ширины колеи  $c$ , величины предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проезжей части  $y$ , величины зазора безопасности от кузова автомобиля до границы движения при наличии на соседней полосе встречного движения  $x$  или попутного движения  $D$ . Габарит автомобилей устанавливается в соответствии с заданными условиями и составом движения.

Формулы для определения зазоров  $x$  и  $y$  одинаковы и имеют вид:

$$y = x = 0,5 + 0,005v, \quad (\text{VIII.1})$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля, км/ч.

Величина зазора  $D$  определяется по формуле

$$D = 0,35 + 0,005v. \quad (\text{VIII.2})$$

В соответствии с условиями расположения полосы по ширине проезжей части и движения на соседних полосах возможны различные виды полос движения. Различают пять видов полос движения, ширину которых определяют по следующим формулам:

на однопослойной дороге

$$П_1 = c + 1,00 + 0,01v; \quad (\text{VIII.3})$$

на двухполосной дороге с двусторонним движением

$$П_2 = \frac{a+c}{2} + 1,00 + 0,01v; \quad (\text{VIII.4})$$

на четырехполосной дороге с разделительной полосой

$$П_3 = \frac{a+c}{2} + 0,85 + 0,01v; \quad (\text{VIII.5})$$

промежуточная полоса при наличии на обеих соседних полосах попутного движения

$$П_4 = a + 0,7 + 0,01v; \quad (\text{VIII.6})$$

промежуточная полоса при наличии на одной соседней полосе попутного, а на другой полосе встречного движения

$$П_5 = a + 0,85 + 0,01v. \quad (\text{VIII.7})$$

Необходимо учитывать состав и расчетные скорости легкового и грузового движения. При смешанном движении расчет надо выполнять в двух вариантах на легковое и грузовое движение и принимать полученную большую ширину полосы, которую округляют до 0,25 м.

Ширину земляного полотна получают суммированием ширин проезжей части и обочин, а на дорогах I категории и разделительной полосы. Ширину обочин и разделительной полосы назначают применительно к данным табл. VIII.1 и указаний данного параграфа.

## § VIII.2. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГИ

Пропускной способностью автомобильной дороги называют максимальное количество автомобилей, которое может пройти через сечение дороги в единицу времени при определенном режиме движения. Она определяется как суммарная пропускная способность всех полос движения проезжей части.

Теоретическую пропускную способность полосы движения принято определять из условия, что автомобили движутся друг за другом с одинаковой скоростью на расстоянии, достаточном для полного торможения автомобиля при остановке впереди идущего (рис. VIII.3). Минимальное расстояние между автомобилями принимается равным расстоянию видимости поверхности дороги, которое определяется по формуле

$$L_0 = vt + \frac{kv^2}{2g(\varphi \pm i)} + l_0 + l_k, \quad (\text{VIII.8})$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля, м/с;  $t$  — время реакции водителя (0,5—1,0 с);  $vt$  — путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя, м;  $k$  — коэффициент эксплуатационных условий торможения, равный в среднем 1,4;  $g$  — ускорение свободного падения — 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $\varphi$  — коэффициент продольного сцепления шины с дорогой, принимаемый при расчете пропускной способности в нормальных условиях эксплуатации равным 0,5;  $i$  — продольный уклон рассматриваемого участка дороги (подъем +  $i$  спуск —  $i$ );  $l_0$  — длина автомобиля, м;  $l_k$  — расстояние между остановившимися автомобилями, м.

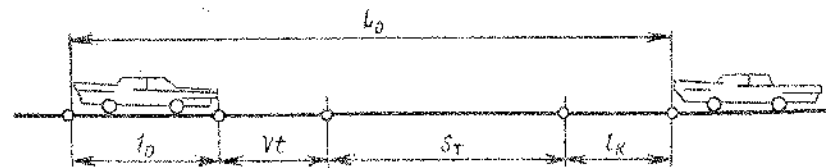


Рис. VIII.3. Схема определения расстояния между движущимися автомобилями при полной остановке заднего автомобиля

Второй член формулы (VIII. 8) представляет собой тормозной путь автомобиля, т. е.

$$S_T = \frac{kv^2}{(2g\varphi \pm i)}. \quad (\text{VIII.9})$$

Величину  $l_0 + l_k$  принимают в пределах от 5 до 10 м с целью округления расстояния  $L_0$ .

Теоретическая пропускная способность одной полосы (в авт/ч)

$$N_n = \frac{1000v}{3,6 + \frac{kv^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0 + l_k}, \quad (\text{VIII.10})$$

где  $v$  — скорость, км/ч.

Анализ формулы показывает, что пропускная способность полосы с увеличением скорости резко возрастает от нуля и достигает максимального значения 1100—1600 авт/ч при скорости 20—40 км/ч. Затем с увеличением скорости постепенно снижается и при 80 км/ч составляет 700—1200 авт/ч. Значения пропускной способности зависят от принимаемых исходных величин коэффициентов.

Исследования последних лет значительно развили теорию транспортных потоков автомобилей и позволяют рекомендовать для практических расчетов

Таблица VIII.2

### Частные коэффициенты снижения пропускной способности

Факторы, учитываемые коэффициентом	Пределы изменений коэффициентов
Ширина полосы движения (от 3,75 до 3 м)	1—0,8
Наличие боковых препятствий при изменении ширины полосы движения	1—0,7
Состав потока	1—0,75
Величина и длина уклона при различном составе движения	0,98—0,41
Расстояние видимости	1—0,5
Радиус горизонтальных кривых	1—0,88
Ограничение скорости	1—0,3
Пересечение в одном уровне	1—0,41

метод определения пропускной способности, основанный на использовании коэффициентов ее снижения<sup>1</sup>.

В качестве исходной принята величина пропускной способности при идеальных условиях для легковых автомобилей: на двухполосных дорогах 2200 авт/ч в оба направления, на трехполосных 4000 авт/ч в оба направления и на четырехполосных 1800 авт/ч по одной полосе.

Итоговые коэффициенты снижения пропускной способности определяют перемножением частных коэффициентов снижения пропускной способности из-за конкретных дорожных условий. Частных коэффициентов восемь (табл. VIII. 2).

### § VIII.3. КРАЕВЫЕ УКРЕПИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОСЫ И БОРДЮРЫ

На дорогах при отсутствии четкого сопряжения проезжей части с обочинами автомобили часто выезжают за кромку проезжей части, что ведет к разрушению края покрытия и обочин, занесению грязи на проезжую часть. В результате снижается скорость и безопасность движения и затрудняется полное использование проезжей части.

В связи с важным значением состояния обочин и сопряжения проезжей части с ними Строительные нормы и правила требуют устройства остановочных укрепленных полос с твердым покрытием шириной 2,5 м на обочинах дорог I категории, проектируемых для преимущественно скоростного движения, и на участках дорог I и II категорий, где интенсивность движения за первые 5 лет эксплуатации достигает 50% и более от расчетной перспективной. Такие же полосы должны устраиваться в местах пересечений, примыканий дорог I и II категорий и съездов с них (где не предусматриваются переходно-скоростные полосы) на расстоянии не менее 100 м в обе стороны (рис. VIII. 4, а). На остальных участках дорог I и II категорий должны быть выполнены краевые укрепительные полосы шириной 0,75 м (рис. VIII. 4, б). На дорогах III категории с усовершенствованными покрытиями сопряжение проезжей части с обочиной необходимо выполнять через краевые укрепительные полосы шириной 0,5 м (рис. VIII. 4, в).

Остановочные и укрепительные полосы рекомендуется устраивать из битумино-минеральных смесей с применением щебня преимущественно крупных размеров (до 25—45 мм) из местных каменных, гравийных, шлаковых и других материалов, укрепленных органическими вяжущими, цементом или известью. При устройстве краевых укрепительных полос, поверхность остальной части обочин укрепляют засевом трав, россыпью щебня, гравия, шлака и других наиболее дешевых местных крупнозернистых материалов. При этом на участках дорог, пролегающих в пределах населенных пунктов и по территориям с ценными сельскохозяйственными культурами, тип укрепления обочин должен исключать интенсивное образование пыли при движении.

Для предохранения обочин и откосов земляного полотна от размыва на участках дорог I—III категорий с продольными уклонами более 30% с насыпями высотой более 4 м и в местах вогнутых кривых в продольном профиле проектируют продольные лотки (рис. VIII. 4, г) для сбора и отвода стекающей с проезжей части воды, а для отвода из лотков — водоприемные колодцы с решетками под обочинами и выпускные трубы из колодцев, а также лотки от выпускных труб по откосам.

Дорожную одежду с переходными типами покрытий следует проектировать, как правило, серповидного профиля (рис. VIII. 4, д), а при других решениях необходимо предусматривать устройство краевых укрепительных полос шириной 0,2—0,3 м (рис. VIII. 4, е).

Проезжие части на дорогах I категории сопрягают с разделительной полосой, как правило, через укрепительные полосы шириной 1 м, выполняемые с

поперечным уклоном, большим поперечного уклона проезжей части (100—150%). Укрепительные полосы устраивают из цементобетона или крупнобетонных битумино-минеральных смесей, отличающихся по цвету и конструкции от покрытия проезжей части (рис. VIII. 4, ж).

Конструкция краевых укрепительных полос должна быть достаточно прочной исходя из условия заездов на них автомобилей, отличаться по цвету и виду от проезжей части, хорошо выделяться днем и ночью и при возможности создавать условия для движения, отличные от условий на проезжей части.

С целью повышения безопасности и четкой организации движения на сложных участках дорог для выделения отдельных элементов (разделительных полос; тротуаров, расположенных на земляном полотне; островков и отделяющих полос; остановок автобусов; пересечений и в местах с трудновыполнимым водосточком) целесообразно применять бордюры (рис. VIII. 4, з).

Бордюры должны устанавливаться только при действительной необходимости в них, так как, не являясь элементом, непосредственно необходимым для проезда автомобилей, они уменьшают используемую ширину проезжей части при движении на высоких скоростях, затрудняют работу водителей, усложняют и ухудшают механизированную чистку проезжей части, особенно от снега. Поэтому в местах, не требующих применения бордюров, по условиям безопасности и рациональной организации движения предпочтительнее сопряжение проезжей части с обочинами (а на дорогах I категории и с разделительными полосами) путем устройства краевых укрепительных полос.

При установке бордюров высотой более 10 см над проезжей частью необходимо их смещать от кромки проезжей части на расстояние не менее двухкратной величины их повышения, т. е. при высоте 20 см смещение должно составлять около 50 см. Такого расположения бордюров достигают либо изготовле-

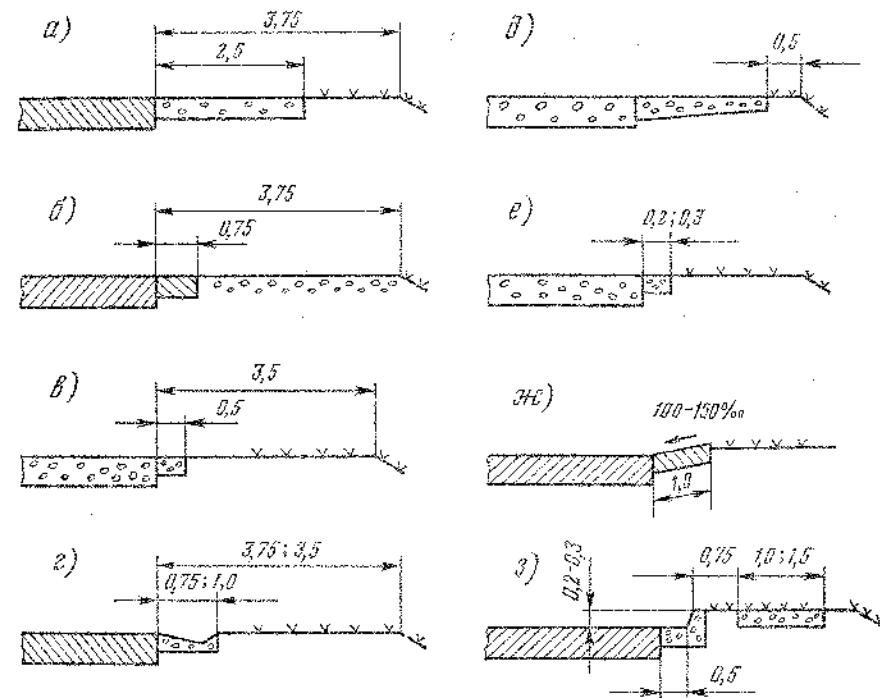


Рис. VIII.4. Укрепление обочин и сопряжение проезжей части с обочинами и разделительной полосой

<sup>1</sup> Пропускная способность автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1970. 152 с. Авт.: В. М. Лобанов, В. В. Сильянов, Ю. М. Ситников, Л. П. Салегин.  
Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М., «Транспорт», 1977. 303 с.

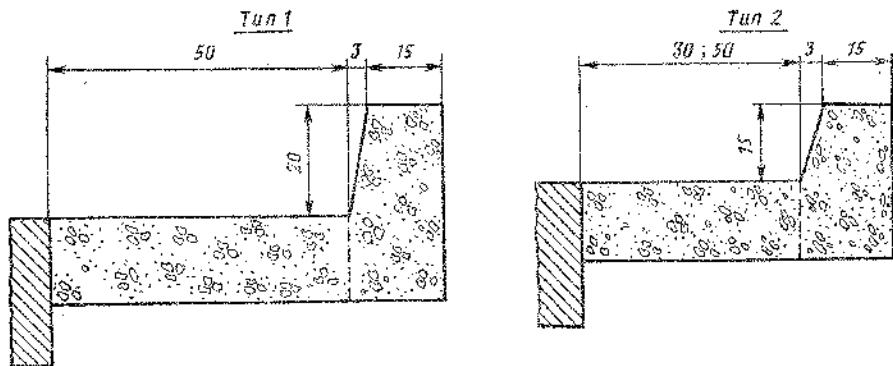


Рис. VIII.5. Типы бордюров

нием бордюров специального профиля (рис. VIII. 5), либо установкой между бордюром и кромкой проезжей части плит (на рис. VIII. 5 показано пунктиром).

Для различных условий рекомендуются следующие типы бордюров: бордюр барьерного типа 1 высотой 20 см и более рекомендуется применять на насыпях высотой более 3 м, вдоль прилегающих к проезжей части тротуаров, у зон безопасности пешеходов на переходах, для выделения и поднятия площадок для пассажиров на автобусных остановках, на искусственных сооружениях и в других местах, где съезд автомобиля может повлечь тяжелую аварию;

Бордюр типа 2 высотой 15 см следует применять на пересечениях дорог для направления движения (островки, разделительные полосы на второстепенных дорогах), в местах устройства автобусных остановок в районах с непродолжительным снежным покровом (отделяющие островки), при узких разделительных полосах.

#### § VIII.4. ПОПЕРЕЧНЫЕ УКЛОНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОГИ

Для стока воды с поверхности дороги проезжей части краевым укрепительным полосам, обочинам и примыкающим элементам придают поперечный уклон. На прямолинейных в плане участках дорог и, как правило, на горизонтальных кривых с радиусами 3000 м и более для дорог I категории и с радиусами 2000 м и более для дорог других категорий, где не требуется устройства выража, проезжей части придают двускатный поперечный профиль. На дорогах I категории, расположенных на одном земляном полотне, проезжую часть для разных направлений движения, как правило, устраивают с односкатным профилем, при этом двускатным будет профиль дороги относительно разделительной полосы. При размещении каждого направления движения на самостоятельном земляном полотне двускатный профиль задается для каждого направления движения аналогично поперечному профилю дорог II категории.

Грунтовая разделительная полоса между краевыми укрепительными полосами при ширине 5—7 м (рис. VIII. 6, а и б) и бордюрами при ширине менее 5 м (рис. VIII. 6, а) планируется горизонтально с расположением поверхности земли на 3—6 см ниже верхних граней укрепительных полос или бордюра. При устройстве подземного водоотвода и водоприемных решеток по оси разделительной полосы в случаях достаточной ее ширины в районах, обеспечивающих надежную работу водоотводных систем, проезжая часть для каждого направления движения может быть устроена с двускатным профилем, а разделительная полоса получит вогнутое очертание с уклоном к ее середине (см. рис. VIII. 6. б).

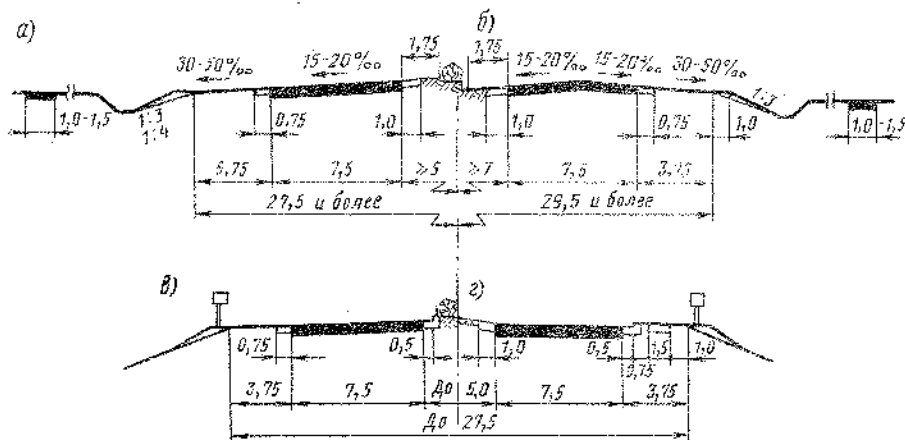


Рис. VIII.6. Поперечные профили автомобильных дорог I категории

Разделительной полосе, укрепленной щебеночными и гравийными материалами, обработанными различными вяжущими, придается выпуклое очертание с поперечным уклоном в зоне примыкания к проезжей части, большим ее поперечному уклону (рис. VIII. 6, а).

Краевым укрепительным полосам в зоне сопряжения с обочинами придается поперечный уклон, равный поперечному уклону проезжей части, а в зоне сопряжения с разделительной полосой краевые полосы устраиваются с более крутым уклоном (100—150%).

Уклон переходного участка от проезжей части к возвышающейся грани бортового камня принимается равным уклону проезжей части или большим для создания сравнительно отличных условий при въезде автомобиля на него.

Поперечные уклоны проезжей части зависят от типа покрытия, его ровности, водонепроницаемости и шероховатости из условия обеспечения по возможности быстрого стока воды и уменьшения ее просачивания в земляное полотно (рис. VIII. 7). Назначение чрезмерно большого уклона на грунтовых покрытиях может вызвать скольжение и занос автомобиля, ввиду чего поперечный

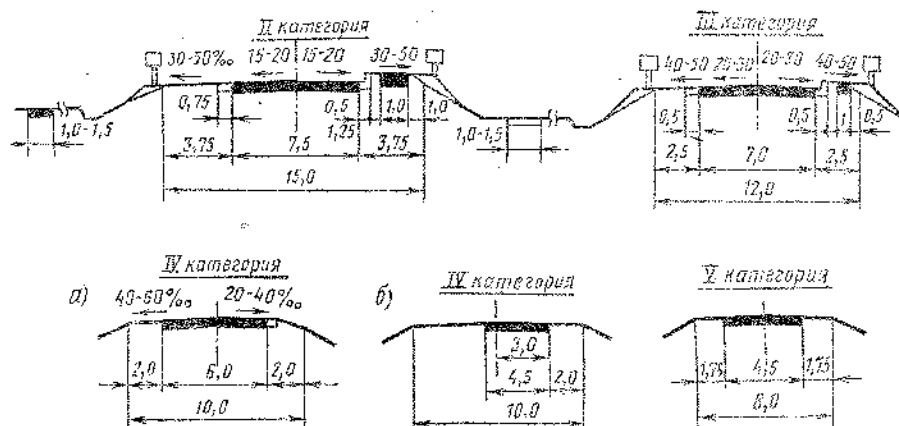


Рис. VIII.7. Поперечные профили автомобильных дорог II—V категорий

Таблица VIII.3

Поперечные уклоны проезжей части дороги

Покрyтия	Поперечные уклоны, ‰	
	наименьшие	наибольшие
Цементобетонные и асфальтобетонные	15	20
Брусчатые, мозаиковые и клинкерные мостовые	20	25
Покрyтия из щебеночных, гравийных и других материалов, обработанных органическими вяжущими	20	25
Щебеночные и гравийные	25	30
Мостовые из колотого и булыжного камня, грунтовые, укрепленные местными материалами	30	40

уклон на них принимают равным уклону покрытий переходного типа. Рекомендуемые СНиП поперечные уклоны проезжей части (исключая виражи) приведены в табл. VIII.3.

На участках крутых поперечных склонов разрешается устраивать односкатный поперечный профиль проезжей части, уклон которого, как и уклон на виражах, следует принимать в соответствии с климатическими и природными условиями согласно указаниям § VIII.12.

Поперечный уклон обочин при двускатном поперечном профиле дорог должен быть на 10—30% больше уклона проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления обочин допускаются следующие величины поперечных уклонов: 30—40% при укреплении обочин с применением вяжущих; 40—60% при укреплении обочин гравием, щебнем, шлаком или замощением каменными материалами или бетонными плитками; 50—60% при укреплении обочин дернованием или засевом трав.

Для районов с небольшой продолжительностью снежного покрова и отсутствием гололеда для укрепленных дернованием обочин допускается уклон 50—80%. При устройстве земляного полотна из крупнозернистых и среднезернистых песков, а также тяжелых суглинистых грунтов и глин уклон обочин, укрепленных засевом трав, допускается принимать равным 40%.

§ VIII.5. ОСНОВЫ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

**Тяговый баланс автомобиля.** При движении по дороге автомобиль преодолевает сопротивление: качению автомобиля на горизонтальном участке  $P_k$ ; воздушной среды  $P_w$ ; движению на подъем  $P_g$ ; инерции при разгоне  $P_j$ .

Сопротивление качению  $P_k$  вызывается затратой мощности на деформацию дороги и шины, на преодоление трения между шиной и дорогой, потерей мощности при ударах колес на неровностях дороги и на трение в подшипниках ведомых колес и выражается зависимостью

$$P_k = fG, \quad (VIII.11)$$

где  $f$  — коэффициент сопротивления качению;  $G$  — вес автомобиля.

Коэффициент сопротивления качению  $f$  зависит от механических свойств колеса, свойств и состояния покрытия и скорости движения<sup>1</sup> (рис. VIII.8). Его средние величины для различных покрытий приведены в табл. VIII.4.

Сопротивление воздуха складывается из давления встречной массы воздуха, разрежения воздуха за автомобилем и трения воздуха о поверхность авто-

<sup>1</sup> Петрушов В. А., Щуклин С. А., Московкин В. В. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов. М., «Машиностроение», 1975. 224 с.

мобиля. Наличие попутного ветра уменьшает, а встречного увеличивает сопротивление воздуха. Сопротивление воздуха тем больше, чем больше площадь поперечного сечения (лобовая площадь) автомобиля  $F$  и чем больше плотность воздуха:

$$P_w = \frac{kF(v \pm v_w^2)}{13}, \quad (VIII.12)$$

где  $k$  — коэффициент сопротивления воздуха, равный произведению коэффициента обтекаемости автомобиля  $c$  на плотность воздуха  $\rho$ ,  $v$  — скорость движения автомобиля, км/ч;  $v_w$  — скорость встречного (+) или попутного (—) ветра, км/ч.

Лобовую площадь  $F$  с точностью до 20% можно принять равной произведению ширины колес автомобиля на его максимальную высоту. Примерные значения  $F$  для автомобилей различных типов составляют (в м<sup>2</sup>):

Легковые малолитражные автомобили . . . . .	1,5—2,0
Легковые автомобили среднего и большого литража . . . . .	2,0—2,8
Грузовые автомобили . . . . .	3,0—5,5
Автобусы . . . . .	4,5—6,5

Скорость ветра  $v_w$  при расчетах принимают равной нулю.

Коэффициенты обтекаемости устанавливаются на основе лабораторных и дорожных испытаний и составляют: грузовых автомобилей 0,060—0,070, для автобусов — 0,04—0,06 и для легковых 0,025—0,035.

Сила сопротивления подъема  $P_g$  равна составляющей веса автомобиля, параллельной поверхности дороги, и направлена в сторону спуска. Ввиду сравнительной малости уклонов дороги принимают синус угла подъема равным тангенсу, тогда:

$$P_g = \pm Gi, \quad (VIII.13)$$

где  $i$  — продольный уклон дороги (подъемы с плюсом, спуски с минусом).

Сила сопротивления инерции  $P_j$  складывается из силы инерции поступательно движущейся массы автомобиля и силы инерции вращающихся частей

Таблица VIII.4

Коэффициенты сопротивления качению

Типы покрытия	Коэффициент $f$
Цементобетонные и асфальтобетонные	0,01—0,02
Черные щебеночные и черные гравийные	0,02—0,025
Щебеночные	0,03—0,05
Булыжные мостовые	0,04—0,05
Грунтовые ровные и сухие	0,04—0,05
Грунтовые неровные увлажненные	0,07—0,15
Сыпучие пески	0,15—0,30

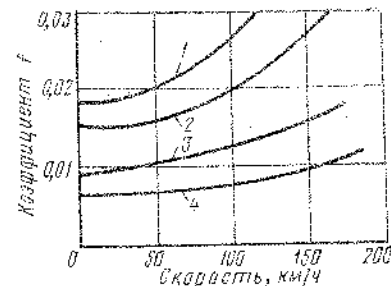


Рис. VIII.8. Зависимость коэффициента сопротивления качению от скорости движения и давления воздуха в шине. Давление воздуха в шине: 1 — 1 кгс/см<sup>2</sup>; 2 — 1,5 кгс/см<sup>2</sup>; 3 — 3 кгс/см<sup>2</sup>; 4 — 5 кгс/см<sup>2</sup>



Таблица VIII.5

Коэффициенты учета вращающихся масс

Автомобили	Передача	Коэффициент $\delta$
Грузовые	Первая	2,5—3,0
	Прямая	1,06—1,08
Легковые	Первая	1,6—1,8
	Прямая	1,05—1,06

автомобиля. Влияние силы инерции вращающихся частей автомобиля приближенно учитывают введением коэффициента  $\delta$ :

$$P_j = Qj/\delta = \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}, \quad (\text{VIII.14})$$

где  $Q$  — масса автомобиля;  $j$  — ускорение движения автомобиля, м/см<sup>2</sup>;  $\delta$  — коэффициент учета вращающихся масс (табл. VIII.5).

Преодоление всех сопротивлений движению автомобиля осуществляется за счет развиваемой эффективной мощности  $N$ , которая создает на коленчатом валу крутящий момент  $M$  (в кгс·м)

$$M = 716,2 \frac{N}{n}, \quad (\text{VIII.15})$$

где  $N$  — мощность, л. с.;  $n$  — частота вращения коленчатого вала, об/мин. Крутящий момент на коленчатом валу двигателя через сцепление и коробку передач передается карданному валу и далее дифференциалу, который распределяет момент между полуосями и через них на ведущие колеса. По площади контакта ведущих колес с дорогой возникает окружная сила  $P_a$  — сила тяги автомобиля и равная ей, но направленная в обратную сторону, сила реакции дороги  $T$  (рис. VIII. 9). При достаточном сцеплении колеса с дорогой начинается поступательное движение автомобиля.

Сила тяги автомобиля

$$P_a = \frac{M_k}{r_k} = \frac{M_k i_0}{r_k} \eta_m, \quad (\text{VIII.16})$$

где  $M$  — крутящий момент на валу двигателя, кгс·м;  $M_k$  — крутящий момент на ведущих колесах, кгс·м;  $i_k$  — передаточное число в коробке передач (переменное);  $i_0$  — передаточное число главной передачи (обычно постоянное);  $r_k$  — радиус ведущего колеса с учетом деформации шины (см. рис. VIII. 8);  $\eta_m$  — к. п. д. трансмиссии (для автомобилей с одинарной главной передачей он равен 0,85—0,90, для автомобилей с двойной или червячной главной передачей — 0,8—0,85; увеличивается с повышением передаваемого момента, уменьшается с повышением скорости вращения, увеличением вязкости масла и его количества в картерах агрегатов).

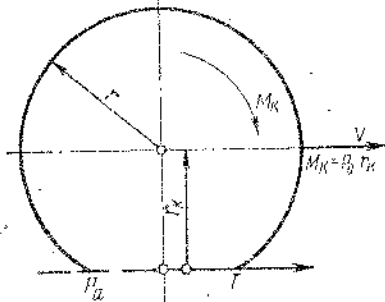


Рис. VIII.9. Силы, действующие на ведущее колесо

Радиус шины в деформированном состоянии зависит от давления воздуха в шине, конструкции шины, нагрузки

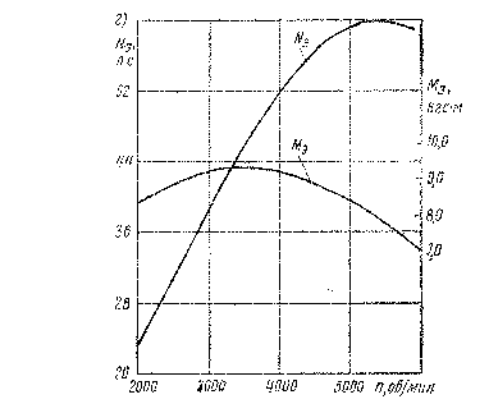
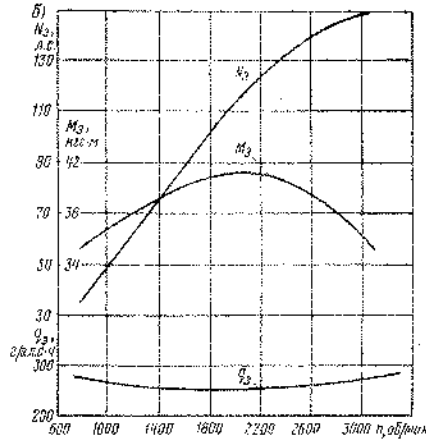
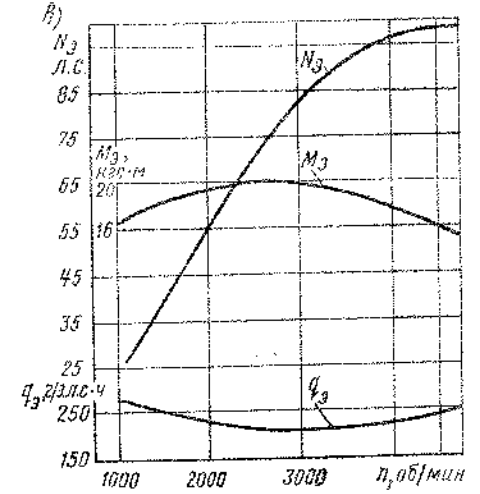
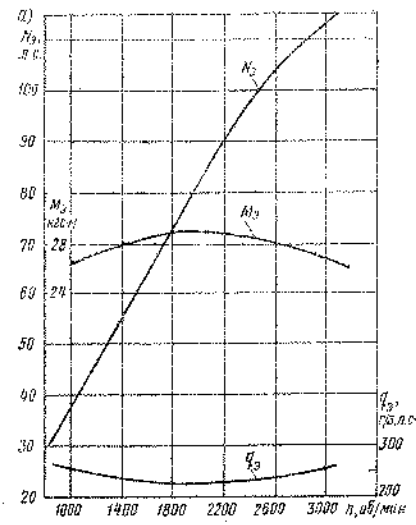


Рис. VIII.10. Внешние скоростные характеристики двигателей автомобилей: а — ГАЗ-53; б — ЗИЛ-130; в — ГАЗ-24; г — ЗАЗ-1102

на колесо, состояния поверхности дороги и в среднем равен 0,93—0,96 радиуса колеса в недеформированном состоянии.

При числе оборотов ведущего колеса в минуту  $n_k = \frac{n}{i_k i_0}$  скорость движения автомобиля  $v$  (км/ч)

$$v = 0,377 \frac{r_k n}{i_k i_0}. \quad (\text{VIII.17})$$

Основной характеристикой двигателя, называемой внешней скоростной, является кривая зависимости максимальной эффективной мощности двигателя от числа оборотов или скорости. Скоростная характеристика устанавливается

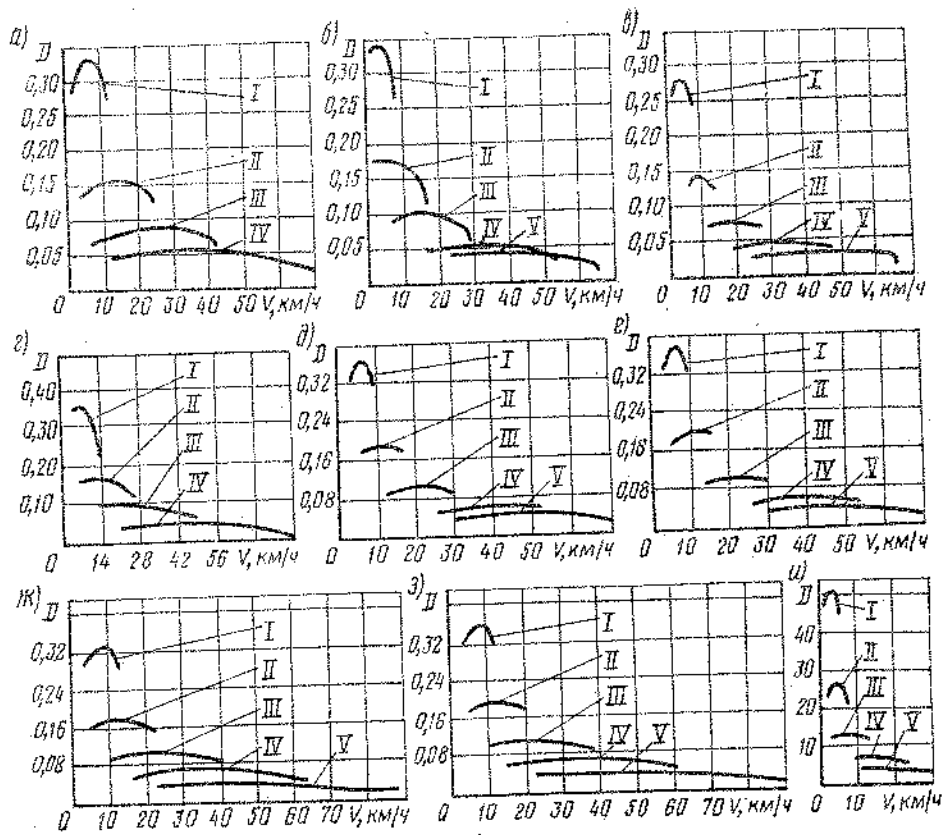


Рис. VIII.11. Динамические характеристики грузовых автомобилей:

а — ГАЗ-51; б — ЗИЛ-150; в — МАЗ-200; г — ГАЗ-53; д — МАЗ-500; е — МАЗ-504;  
 ж — ЗИЛ-130; з — ЗИЛ-ММЗ-555; и — МАЗ-525; I—V — передачи

на основе лабораторных испытаний на тормозном стенде при полном открытии дросселя (в карбюраторном двигателе) или при полной подаче топливного насоса (в дизельном двигателе).

На рис. VIII. 10 приведены внешние скоростные характеристики двигателей автомобилей. Кривая эффективной мощности  $N_e$  имеет максимум, соответствующий определенному числу оборотов. Кривые крутящего момента двигателя  $M_e$  показывают, что максимум крутящего момента не совпадает с максимумом эффективной мощности. На этом же графике приводятся данные об удельном расходе топлива  $q_e$ , выраженном в граммах на эффективную лошадиную силу в час (г/л.с.ч).

При движении автомобиля его тяговая сила  $P_a$  [см. формулу (VIII. 16)] расходуется на преодоление сопротивлений:

$$P_a = P_f + P_w \pm P_i + P_j. \quad (\text{VIII.18})$$

Подставляя полученные выше значения слагающих, получим выражение тягового баланса (в кгс) автомобиля, или уравнение движения автомобиля

$$\frac{M_i \kappa i_0}{r_{\kappa}} \tau_m = fG + \frac{kFv^2}{13} \pm Gi + \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (\text{VIII.19})$$

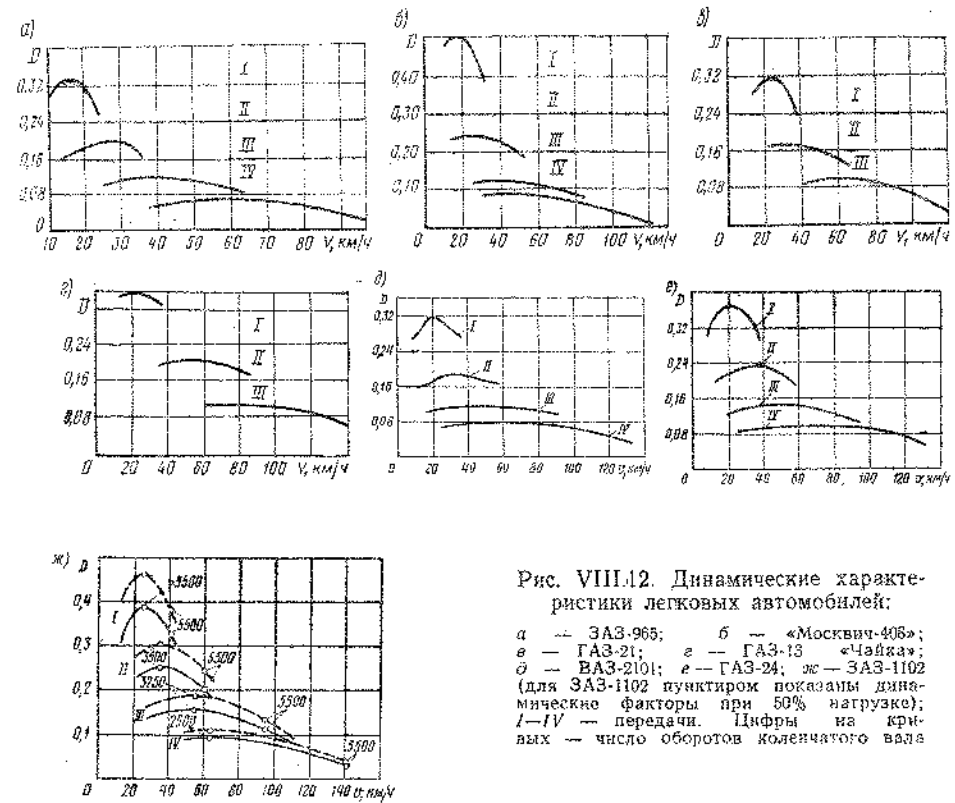


Рис. VIII.12. Динамические характеристики легковых автомобилей:

а — ЗАЗ-965; б — «Москвич-408»;  
 в — ГАЗ-21; г — ГАЗ-13 «Чайка»;  
 д — ВАЗ-2101; е — ГАЗ-24; ж — ЗАЗ-1102  
 (для ЗАЗ-1102 пунктиром показаны дина-  
 мические факторы при 50% нагрузке);  
 I—IV — передачи. Цифры на кри-  
 вых — число оборотов коленчатого вала

Мощностной баланс автомобиля выражается в лошадиных силах и показывает, как расходуется мощность автомобиля на преодоление сопротивлений:

$$N_m \eta_m = \frac{fGv}{270} + \frac{kFv^3}{3500} \pm \frac{Giv}{270} + \delta \frac{Gv}{g \cdot 270} \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (\text{VIII.20})$$

Динамический фактор автомобиля. Уравнение тягового баланса автомобиля может быть представлено так, что в одной части будут члены, характеризующие динамику автомобиля, а в другой части характеризующие дорожные условия:

$$P_a - P_w = P_f \pm Gi + \delta \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (\text{VIII.21})$$

Обычно тяговый расчет ведется из условия движения на подъеме, член  $Gi$  принимается со знаком плюс. Разделив все члены этого уравнения на вес автомобиля  $G$ , получают удельную силу тяги автомобиля, затрачиваемую на преодоление сопротивления качению, подъема и разгона:

$$\frac{P_a - P_w}{G} = f + i + \frac{\delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (\text{VIII.22})$$

Выражение  $D = \frac{P_a - P_w}{G}$  называется динамическим фактором и является основным измерителем для оценки тяговых качеств автомобиля.

## Коэффициенты сцепления

Состояние покрытия	Характеристика условий движения	Коэффициент $\phi$
Сухое чистое То же Влажное грязное Обледенелое	Особо благоприятные	0,7
	Нормальные	0,5
	Неблагоприятные	0,3
	Особо неблагоприятные	0,1—0,2

Для возможности движения без скольжения и буксования сила тяги автомобиля должна быть меньше силы сцепления

$$P_a \leq \phi m G. \quad (\text{VIII.25})$$

Коэффициент сцепления шины с поверхностью дороги зависит от степени шероховатости покрытия, его ровности, чистоты и влажности, скорости движения, давления воздуха в шине, степени изношенности протектора и нагрузки на колесо. Для средних условий значения коэффициентов сцепления приведены в табл. VIII.6.

СНиП П-Д.5-72 требует обеспечения коэффициента сцепления для дорог I—III категорий при увлажненной поверхности покрытия и скорости движения 60 км/ч не менее: 0,45 для легких условий движения (прямые и кривые с радиусами не менее 1000 м, участки с продольными уклонами менее 30%, без пересечений в одном уровне; при уровне загрузки не свыше 0,3); 0,5—0,45 для затрудненных условий движения (кривые в плане с радиусами от 250 м до 1000 м, на уклонах от 30 до 60% при уровне загрузки 0,3—0,5); 0,6 для опасных условий движения (участки с видимостью менее расчетной, уклоны более

Таблица VIII.7

## Динамические качества автомобилей

Показатели	Величина показателей по маркам автомобиля					
	ГАЗ-24	ГАЗ-51	ЗИЛ-150	МАЗ-200	ГАЗ-53	ЗИЛ-130
Максимальная скорость, км/ч	145	70	65	65	80—85	90
Максимальный уклон, ‰, преодолеваемый на передачах:						
первой	352	311	295	251	340	330
второй	214	140	147	134	155	170
третьей	126	68	68	61	80	105
четвертой	78	32	31	25	40	80
пятой	—	—	21	16	—	43
Максимальные ускорения, м/с <sup>2</sup> , на горизонтальных участках на передачах:						
первой	2,10	0,98	0,98	0,84	1,06	0,95
второй	1,64	0,90	0,92	0,82	1,01	0,90
третьей	1,08	0,56	0,64	0,50	0,67	0,65
четвертой	0,71	0,28	0,28	0,23	0,36	0,51
пятой	—	—	0,19	0,15	—	0,21

При равномерном движении ускорение равно нулю. Тогда динамический фактор

$$D = f + i. \quad (\text{VIII.23})$$

При этом условии можно при заданных дорожных условиях определить по графику динамического фактора автомобиля максимальную скорость его равномерного движения.

Динамический фактор  $D$  (рис. VIII.11, VIII.12, VIII.13) изменяется с изменением веса груза в кузове автомобиля и обратно пропорционален отношению весов  $G/G_x$ , где  $G_x$  — новый вес автомобиля.

С помощью графика динамической характеристики можно решать следующие задачи: определить максимальную скорость равномерного движения автомобиля при заданных коэффициенте сопротивления качению и продольном уклоне дорог; определить максимальный допустимый уклон подъема дороги при заданных скоростях движения и коэффициенте сопротивления качению; определить возможную величину ускорения на каждой из передач (по высоте ординат, умноженной на величину  $g/\delta$ ); определить скорость и время движения автомобиля в зависимости от продольного профиля дороги.

Для движения автомобиля необходимо, чтобы тяговая сила  $P_a$ , передающаяся на ведущие колеса, была равна или меньше силы трения (сцепления) между ведущими колесами и поверхностью дороги. Максимальная сила сцепления  $T_{\max}$  пропорциональна нагрузке на ведущие колеса автомобиля  $G_{\text{сц}}$  (сцепной вес автомобиля);

$$T_{\max} = \phi G_{\text{сц}}, \quad (\text{VIII.24})$$

где  $\phi$  — коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Сцепной вес для автомобилей с задними ведущими колесами составляет для легковых автомобилей 0,5—0,55 и для грузовых с полной нагрузкой 0,65—0,70 от полного веса автомобиля. Для автомобилей со всеми ведущими колесами сцепной вес равен полному весу. Отношение веса, передаваемого на ведущие оси, ко всему весу автомобиля называется коэффициентом сцепного веса:

$$m = \frac{G_{\text{сц}}}{G}.$$

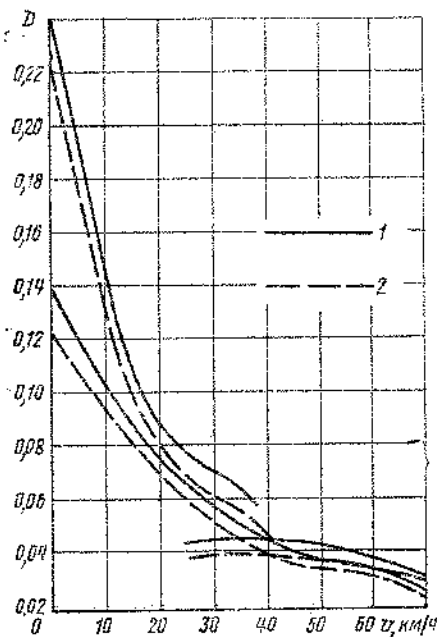


Рис. VIII.13. Динамическая характеристика автобуса ЛИАЗ-677М с автоматической коробкой передач:

1 —  $G_a = 14\,106$  кгс (5 чел./м<sup>2</sup>);  
2 —  $G_a = 16\,206$  кгс (8 чел./м<sup>2</sup>)

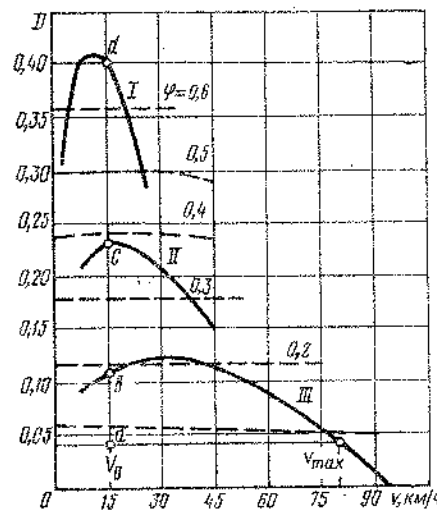


Рис. VIII.14. Динамические характеристики автомобиля с ограничительными линиями по сцеплению:

I—III — передачи

расчетных, зоны пересечений и примыканий в одном уровне при уровне загрузки более 0,5).

Граничным значением перехода от нормальных условий к неблагоприятным обычно считается коэффициент сцепления, равный 0,4; поэтому в расчетах принимают для нормальных условий  $\varphi=0,4-0,5$  и для пониженного сцепления  $\varphi=0,2-0,25$ .

Для нормального движения автомобиля необходимо, чтобы: сила тяги автомобиля была больше или равна сумме сил сопротивления движению; сила тяги автомобиля была меньше или равна максимально возможной силе сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой. Эти условия выражаются:

$$\frac{P_a - P_w}{G} \geq f \pm i; \quad \frac{P_a - P_w}{G} = D_{\max} \leq \varphi m - \frac{P_w}{G} \quad (\text{VIII.26})$$

Из последнего условия вытекает, что величина динамического фактора, определяемого по графику, ограничивается условиями сцепления колеса с дорогой. На графике динамического фактора (рис. VIII. 14) проведены пунктирные линии, ограничивающие силу тяги автомобиля по сцеплению. Эти линии показывают, что величина динамического фактора при данном коэффициенте сцепления  $\varphi$  не может быть принята выше (больше) ограничительной линии. На горизонтальном участке максимальная скорость  $v_{\max}$  при равномерном движении на III передаче может быть около 78 км/ч, а при скорости  $v_0$  на III передаче может быть преодолен подъем  $ab$  лишь при  $\varphi \geq 0,2$ , на II передаче соответственно  $ac$  лишь при  $\varphi \geq 0,4$ , на I передаче  $ad$  при  $\varphi \geq 0,7$ .

В табл. VIII. 7 приведены показатели, характеризующие динамические качества автомобилей при движении по покрытиям капитального типа с коэффициентом сопротивления качению, равным 0,02. По мере увеличения пробега автомобиля их динамические качества ухудшаются и понижаются на 10—12% по сравнению с динамическими качествами новых автомобилей.

### § VIII.8. УСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Движение автомобиля по дороге происходит с переменной скоростью ввиду изменения сил сопротивления движению и наличия препятствий и помех. Лишь на коротких участках автомобиль движется равномерно. Разгон автомобиля при трогании после остановки совершается последовательно на всех передачах, начиная с первой. Грузовые автомобили при неполной нагрузке и на хорошей дороге начинают движение на второй передаче.

Способность к быстрому разгону измеряется временем и длиной пути разгона и называется приспешностью автомобиля, или интенсивностью разгона. При трогании с места обеспечиваются ускорения 1—2 м/с<sup>2</sup> или относительные ускорения 0,1—0,2, а во время движения около 0,5 м/с<sup>2</sup> (см. табл. VIII.7). Графики времени или длины пути разгона строят по графикам динамических характеристик или по данным дорожных испытаний с полной полезной нагрузкой на горизонтальном участке дороги с асфальтобетонным покрытием (рис. VIII.15). Для определения пути разгона при различных продольных уклонах используют графики (рис. VIII.16 и VIII.17), построенные для каждого автомобиля в отдельности. Цифры на кривых указывают уклоны в тысячных (%), знак минус перед цифрой соответствует спуску, а знак плюс подъему.

Рис. VIII.15. Кривые времени разгона автомобилей при движении с места с переключением передач:  
1 — ВАЗ-2101; 2 — ЗАЗ-1102; 3 — Икарус-250; 4 — ЛАЗ-699-Н; 5 — ЛиАЗ-677М; 6 — КамАЗ

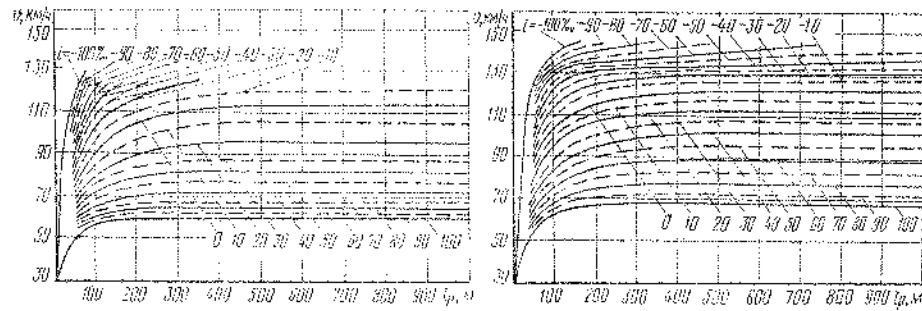


Рис. VIII.16. Графики для определения длины путей разгона легковых автомобилей:  
а — «Москвич»; б — «Волга»

Длину пути разгона по графику находят в следующем порядке. Например, для автомобиля ГАЗ-21 «Волга» на подъеме 50‰ путь разгона от нуля до 70 км/ч составляет 50 м и от нуля до скорости 90 км/ч — 200 м. Тогда путь разгона от 70 до 90 км/ч равен 150 м. Чем выше абсолютные значения скорости и чем больше подъемы, тем меньше ускорения и больше время и путь разгона автомобиля.

Длина пути разгона находится в прямой зависимости от тяговых свойств автомобиля и при отсутствии графиков для известных дорожных условий ( $f \pm i$ ) может быть определена расчетом. Вначале по графику динамической характеристики находят на каждой передаче при разных скоростях движения величину ускорения. Для этого последовательно, начиная со скорости 5 км/ч, через определенный интервал между соседними скоростями определяют величину динамического фактора  $D$ . Величину ускорения (м/с<sup>2</sup>) находят по формуле

$$j = \frac{(D - f \pm i) g}{\delta} \quad (\text{VIII.27})$$

Величину  $\delta$  берут либо из табл. VIII.5, или определяют по формуле

$$\delta = 1,03 + 0,05 i_k^2 \quad (\text{VIII.28})$$

где  $i_k$  — передаточное число дополнительной передачи.

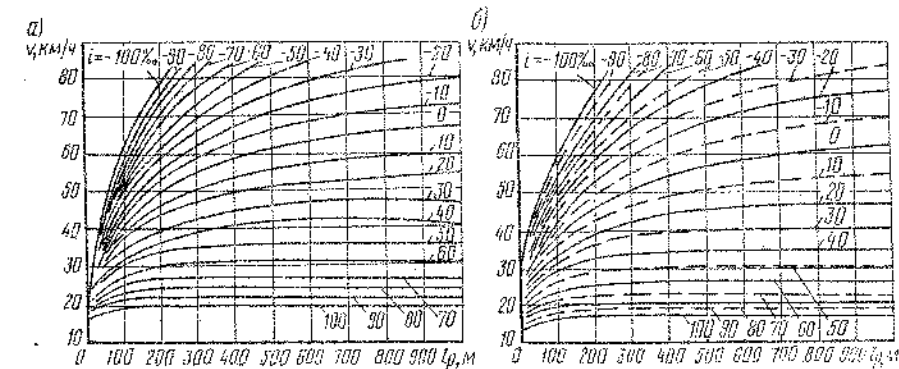


Рис. VIII.17. Графики для определения длины путей разгона грузовых автомобилей:  
а — ГАЗ-51; б — ЗИЛ-150

Интервал между соседними скоростями для расчета времени и пути разгона рекомендуется принимать для легковых автомобилей на прямой передаче 10 км/ч, на второй 5—7 км/ч и на первой 3 км/ч, а для грузовых автомобилей — на прямой 5 км/ч, на третьей 3 км/ч, на второй 2 км/ч и первой 1 км/ч. Время, необходимое для перехода от одной скорости  $v_1$  к более высокой  $v_2$ , определяется по формуле

$$t = \frac{v_2 - v_1}{3,6j_{\text{ср}}}, \quad (\text{VIII.29})$$

где  $j_{\text{ср}} = \frac{j_1 + j_2}{2}$ . В этих формулах  $v_1$  и  $v_2$  выражены в км/ч, а величины ускорений  $j$  в м/с<sup>2</sup>.

Определив для всех интервалов скоростей значения  $t$  и суммировав их, находят общее время разгона до определенной скорости, а затем по этим данным определяют путь разгона.

### § VIII.7. ИНЕРЦИОННОЕ ПРЕОДОЛЕНИЕ ПОДЪЕМОВ

При движении на подъеме с максимально возможной скоростью сила тяги автомобиля уравновешивается сопротивлениями и ускорение равно нулю, обеспечивая равномерное движение. Однако такая скорость достигается не сразу после въезда на подъем, а постепенно, после ускоренного или замедленного движения в зависимости от начальной скорости.

Максимальную длину подъема можно определить из условия равномерного (установившегося) движения. Однако короткие крутые подъемы или короткие участки с повышенным сопротивлением качению могут быть преодолены автомобилем за счет накопленной им на предыдущем участке кинетической энергии. Возможность инерционного преодоления автомобилем дорожных сопротивлений, в частности подъемов, может быть учтена при проектировании продольного профиля. При этом могут быть два случая:

1. Общее дорожное сопротивление  $\Psi = f_1 + i_1$  равно максимальному сопротивлению, которое может преодолеть автомобиль без разгона, двигаясь равномерно с критической для данной передачи скоростью. Скорость после въезда на подъем постепенно уменьшается от начальной  $v_0$  до критической  $v_k$ . Если длина подъема больше длины пути затухания, то на остальном протяжении автомобиль движется с критической скоростью. При длине подъема меньшей, чем путь затухания, скорость автомобиля в конце подъема не снизится до критической.

2. Общее дорожное сопротивление  $\Psi_2 = f_2 + i_2$  больше максимального сопротивления, которое может преодолеть автомобиль на данной передаче без разгона. Скорость автомобиля по мере движения на подъем постепенно уменьшается и становится ниже критической на данной передаче и, чтобы автомобиль не остановился, надо переходить на низшую передачу. Если участок подъема короткий, то путь затухания может оказаться длиннее подъема и скорость автомобиля не успеет стать менее критической до конца подъема, а потому он пройдет этот подъем без перехода на низшую передачу.

Возможность инерционного преодоления подъемов зависит от начальной (входной) скорости  $v_0$ , длины подъема  $l_1$  и допустимой (заданной) выходной скорости  $v_1$  на конце участка подъема. При принятии  $v_1 = v_k$  дополнительный уклон подъема, который может преодолеть автомобиль,

$$i_{\text{д}} = \delta \frac{v_0^2 - v_k^2}{254l_1}. \quad (\text{VIII.30})$$

Следует иметь в виду, что при совмещенном расположении разных направлений движения на одном земляном полотне лимитирующим скорость по безопасности движения может явиться спуск. Накопление кинетической энергии благодаря предварительному разгону перед подъемом подчас затруднено из-за плохого состояния участков вогнутых кривых, из-за большой интенсивности движения или движения впереди тихоходного автомобиля.

Грузовые автомобили имеют достаточный запас мощности для движения с прицепами по дорогам с небольшими дорожными сопротивлениями. Применение прицепов повышает производительность автомобильного парка, снижает себестоимость перевозок и удельный расход топлива, высвобождает большое количество автомобилей, обеспечивает допустимые осевые нагрузки на дорожную одежду и сохранность автомобильных дорог. Особенно эффективно применение автомобильных поездов для перевозки массовых грузов и для междугородных перевозок.

Эффективность применения прицепов для увеличения производительности грузовых автомобилей показана на рис. VIII.18.

Автомобильной промышленностью выпускаются разнообразные виды прицепов, полуприцепов и роспусков<sup>1</sup>. Выпускаемые в соответствии с государственным стандартом<sup>2</sup> прицепы должны иметь габаритную ширину не более 2,5 м и высоту не более 3,8 м. При высоте более 3,1 м должна быть предусмотрена возможность ее уменьшения при перевозке по железным дорогам. Полная длина автопоезда в составе тягача с полуприцепом или автомобиля с одним прицепом не должна превышать 20 м, а в составе автомобиля с двумя и более прицепами — 24 м.

Весовые параметры автомобилей и автопоездов (табл. VIII.8) установлены для эксплуатации на автомобильных дорогах I и II категорий с усовершенствованными капитальными типами покрытий и аналогичными им (группа А) и для эксплуатации на всех автомобильных дорогах общей сети СССР (группа Б).

Среднее давление колеса в контакте (по контуру отпечатка) на дорогах с твердыми покрытиями должно быть не более: для автотранспортных средств группы А 6 кгс/см<sup>2</sup>, группы Б 5 кгс/см<sup>2</sup>. Среднее давление по выступам рисунка протектора должно быть не более: для автотранспортных средств группы А 8,5 кгс/см<sup>2</sup>, группы Б 8 кгс/см<sup>2</sup>.

Допустимые полные веса автотранспортных средств при общем количестве осей 5 и менее определяются как сумма допустимых осевых весов, указанных в табл. VIII.8. Полный вес автотранспортных средств при общем количестве осей 6 и более не должен превышать 52 тс для группы А и 34 тс для группы Б.

Во время движения автомобилей и автопоездов по мостам их фактический (эксплуатационный) полный вес в зависимости от расстояния между крайними осями не должен превышать следующих значений: при расстоянии 8 м — 30 тс, 14 м — 42 тс, 20 м — 52 тс.

К прицепах предъявляются определенные требования в отношении тормозных и поворотных устройств, устройств сцепки и автоостановки при аварийном отрыве от автомобиля-тягача, блокировочных приспособлений, позволяющих двигаться автомобилю задним ходом, и т. д.<sup>3</sup>

В связи с более полным использованием мощности автомобиля-тягача скорость движения и наибольшие допустимые уклоны дороги будут меньше.

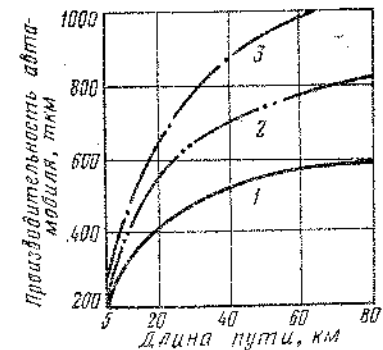


Рис. VIII.18. Производительность автомобиля ЗИЛ-150 в зависимости от числа применяемых прицепов и длины ездки:

1 — одиночный автомобиль; 2 — с одним прицепом; 3 — с двумя прицепами

<sup>1</sup> НИИАТ. Краткий автомобильный справочник. М., «Транспорт», 1975, 384 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 9314—59. Автомобили и автопоезда. Весовые параметры и габариты (утонен: см. Государственные стандарты СССР. Информационный указатель № 11, М., изд-во стандартов, 1974).

<sup>3</sup> ГОСТ 8163—69. Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования.

Таблица VIII.8

## Автомобили и прицепы

Расстояние между смежными осями, м	Осевая вес, тс	
	Группа А	Группа Б
2,50* и более	10,0	6,0
Свыше 1,39 до 2,50	9,0**	5,3
» 1,25 » 1,39	8,0	5,0
От 1,0 до 1,25	7,0	4,5

Примечания. 1. Допускается увеличение осевого веса для автобуса при заполнении всех мест для сидения и срания до 11,5 тс по группе А и до 7,0 тс по группе Б.  
2. Допускается увеличение осевого веса до 6,5 тс для автомобилей-самосвалов, выпускаемых на базе двухосных автомобилей группы Б.

\* Для полуприцепов — контейнеровозов допускается расстояние 2 м.

\*\* Допускается увеличение до 9,5 тс на ось при осевом весе, приходящемся на сближенную с ней ось, не более 6 тс.

Тяговый расчет выполняют по формулам § VIII.5 с учетом следующих особенностей: сопротивление качению и движению на подъем определяют так же, как и для одиночного автомобиля, но с учетом полного веса автопоезда, при этом коэффициент сопротивления качению принимают для автопоезда несколько больше, чем для автомобиля; сопротивление воздуха для автопоезда больше, чем для автомобиля, однако ввиду сравнительно более низких скоростей движения этим увеличением можно пренебречь.

Данные Б. В. Решетникова по уточнению коэффициентов сопротивления качению и воздуха движению автомобильных поездов приведены в табл. VIII.9.

Уравнение движения автопоезда:

$$P_n = (G + nQ_n)(f + i) + \frac{kFv^3}{13} + \frac{\beta}{g}(G + nQ_n)\frac{dv}{dt}, \quad (\text{VIII.31})$$

где  $n$  — число прицепов;  $Q_n$  — вес каждого прицепа;  $\beta$  — коэффициент учета вращающихся масс тягача и прицепов.

Таблица VIII.9

## Характеристики автопоездов

Количество прицепов в автопоезде	Относительные коэффициенты сопротивления движению автопоезда	
	качению	воздуха
Один	1,08	1,32
Два	1,10	1,59
Три	1,12	1,84

Для равномерного движения и без учета сопротивления воздуха уравнение получит вид:

$$P_n = (G + nQ_n)(f + i). \quad (\text{VIII.32})$$

По данному уравнению можно при известных дорожных сопротивлениях определить вес и количество прицепов или при известных весах прицепов, их количестве и коэффициенте сопротивления качению определить допустимый продольный уклон.

Обычно принимают, что автопоезд должен на прямой передаче тягача преодолеть подъемы не более 10—15%, а максимальный уклон — на второй передаче.

Для автопоезда динамический фактор

$$D' = \frac{P_n - P_w}{G + nQ_n}. \quad (\text{VIII.33})$$

Если для одиночного автомобиля динамический фактор  $D$ , то

$$\frac{D'}{D} = \frac{G}{G + nQ_n}, \quad (\text{VIII.34})$$

$$\text{откуда} \quad D' = D \frac{G}{G + nQ_n} \quad \text{и} \quad D = D' \frac{G + nQ_n}{G}. \quad (\text{VIII.35})$$

Величина динамического фактора автопоезда может быть определена по приведенной формуле или по обычному графику динамической характеристики тягача с изменением масштаба ординат путем построения дополнительной номограммы. На рис. VIII.19 пунктиром показано, что при дорожных сопротивлениях  $\Psi = 0,1$  автомобиль ЗИЛ-150 без прицепов может развивать скорость на IV передаче 30 км/ч, а с прицепами общим весом 7 тс при тех же дорожных сопротивлениях может двигаться лишь на II передаче со скоростью 17 км/ч.

В табл. VIII.10 приведены величины максимальных продольных уклонов,

Таблица VIII.10

## Уклоны, преодолеваемые автопоездами

Показатели	Тип автомобиля-тягача		
	ГАЗ-51	ЗИЛ-150	МАЗ-200
Вес автомобиля с грузом, кгс	5 350	8 125	13 725
» прицепа с грузом, кгс	3 500	4 500	9 500
Полный вес автопоезда с одним прицепом, кгс	8 850	12 625	23 225
Максимально преодолеваемый уклон, % на передаче:			
первой	180	183	147
второй	77	88	76
третьей	33	44	30
четвертой	11	13	8
пятой	—	6	2

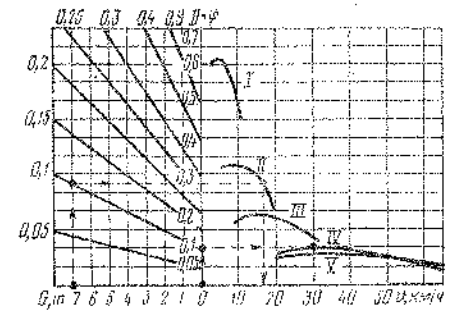


Рис. VIII.19. Динамическая характеристика автомобиля ЗИЛ-150 с различным масштабом ординат при изменении нагрузки одиночного автомобиля или при движении с прицепами: I—V — передачи

Уменьшение продольных уклонов на кривых малого радиуса

Радиус кривой в плане, м	Уменьшение уклонов против норм табл. VIII.11, ‰	Радиус кривой в плане, м	Уменьшение уклонов против норм табл. VIII.11, ‰
50	10	30	30
45	15	25	35
40	20	20	40
35	25	15	50

преодолеваемых автопоездами на различных передачах при коэффициенте сопротивления качению, равном 0,02.

Движение автомобильных поездов на спусках и их торможение существенно затруднены вследствие заноса прицепов и их пазеда на тягач. Это следует учитывать при проектировании продольного профиля и назначении максимального продольного уклона дороги.

Сила торможения должна быть достаточной для поглощения кинетической энергии поезда и замедления движения. Длина тормозного пути автопоезда определяется по формуле

$$S_T = \frac{v^2}{2g} \left[ \frac{1}{\frac{G_{сч} + mQ_{сч}}{G + nQ_n} (\varphi \pm i)} \right], \quad (\text{VIII.36})$$

где  $m$  — количество прицепов в автопоезде, снабженных тормозами;  $Q_{сч}$  — сцепной вес каждого прицепа, снабженного тормозами, кгс;  $\varphi$  — коэффициент продольного сцепления;  $G_{сч}$  — сцепной вес автомобиля-тягача, кгс;  $v$  — скорость, м/с.

Сцепной вес автомобиля или прицепа принимается равным полному их весу при торможении всеми колесами или части веса, приходящейся на тормозящие колеса.

Величина наибольшего продольного уклона для дорог с преимущественным движением автопоездов в Строительных нормах и правилах не нормируется, но дано косвенное указание о целесообразности ограничения максимальных уклонов величиной 30‰. Принятие больших уклонов должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

На движение автопоездов оказывает влияние протяжение участков подъема и спусков, так как на затяжных подъемах или спусках происходит перегревание двигателя или тормозов соответственно.

Движение автопоездов вызывает необходимость дополнительного уширения проезжей части на кривых малых радиусов (см. § VIII.13).

#### § VIII.9. НАИБОЛЬШИЕ ПРОДОЛЬНЫЕ УКЛОНЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

По СНиП II-Д-5-72 наибольшие продольные уклоны могут приниматься в соответствии с расчетными скоростями на рассматриваемом участке дороги (табл. VIII.11).

Во всех случаях, когда позволяют местные условия, без существенного увеличения объема и стоимости работ, необходимо принимать меньшие уклоны. Рекомендуемые продольные уклоны не более 30‰.

В особо трудных условиях горной и пересеченной местности при соответствующем обосновании в проекте тяговыми и технико-экономическими расчетами (за исключением мест с абсолютными отметками более 3000 м над уровнем моря) для участков протяжением до 0,5 км допускается увеличение наибольшего продольного уклона против норм, но не более чем на 20‰. При выполнении технико-экономических расчетов, связанных с обоснованием продольных

Таблица VIII.11

#### Наибольшие продольные уклоны

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰
150	30	60	70
120	40	50	80
10	50	40	90
80	60	30	100

уклонов, скорости движения автомобилей на спусках следует принимать на основе данных массовых наблюдений, а не наибольшие теоретически возможные.

На дорогах при затяжных продольных уклонах более 60‰ через каждые 2—3 км предусматривают места для остановки автомобилей в виде участков с продольными уклонами до 20‰ или горизонтальные площадки длиной не менее 50 м. Место для остановок выбирают с учетом близкого расположения источников воды и в живописных местах.

Продольные уклоны на малых и средних мостах назначают в пределах указанных норм. В соответствии с продольными уклонами мостов назначают и тип покрытия на них.

На участках кривых в плане с малыми радиусами наибольшие продольные уклоны уменьшают по сравнению с нормами табл. VIII.11 на величины, указанные в табл. VIII.12.

#### § VIII.10. ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

С увеличением высоты над уровнем моря уменьшается атмосферное давление, температура и плотность воздуха, понижается температура кипения воды (табл. VIII.13), вследствие чего ухудшаются динамические качества автомобиля.

Коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  характеризует состав горючей смеси и представляет собой отношение количества засасываемого в двигатель воздуха к теоретически необходимому его количеству. В обычных условиях автомобили работают с  $\alpha$ , равным 0,8—1,2. Если при  $\alpha=0,8$  смеси сгорают медленнее, то при  $\alpha$  менее 0,6 вообще не воспламеняются. Уменьшение плотности воздуха уменьшает наполнение двигателя на 4—5% (по массе) на каждые 1000 м высоты, вследствие чего снижается мощность двигателя автомобиля.

Таблица VIII.13

#### Изменение состояния воздуха

Высота над уровнем моря, м	Давление, мм. рт. ст.	Плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup>	Температура воздуха, °С	Температура кипения воды, °С	Коэффициент избытка воздуха
0	760,0	1,225	+15,0	100,0	1,00
1000	674,1	1,112	+8,5	96,6	0,89
2000	596,2	1,001	+2,0	93,3	0,80
3000	525,8	0,909	-4,5	90,0	0,71
4000	452,3	0,819	-11,0	86,7	0,63
5000	405,1	0,736	-17,5	83,3	0,56

По данным исследований и опытных пробегов, мощность карбюраторных двигателей в среднем падает на высоте 1000 м на 11,3%, на высоте 2000 м на 21,5, на высоте 3000 м на 30,8, на высоте 4000 м на 39,2 и на высоте 5000 м на 46,7%.

Понижение плотности воздуха уменьшает его количество, проходящее через радиатор, что снижает теплоотдачу и вызывает перегрев двигателя. Особенно способствует перегреву двигателя продолжительное движение на низких передачах. Расход топлива при движении на крутых подъемах горных дорог примерно в 2,5—3,0 раза больше, чем при движении с той же скоростью на дорогах в равнинной местности. Тормозные системы с пневматическим приводом на горных дорогах требуют значительного расхода воздуха, что сопряжено с известной трудностью работы компрессора из-за пониженного атмосферного давления, а также частых и продолжительных торможений.

При проектировании высокогорных дорог нужно учитывать следующие рекомендации:

при определении допустимых продольных уклонов по графикам динамического фактора необходимо вносить поправки на снижение мощности двигателя;

при значительной разнице высотных отметок по протяжению дороги следует дифференцированно назначать величину наибольшего продольного уклона с учетом высотного положения участков дороги над уровнем моря;

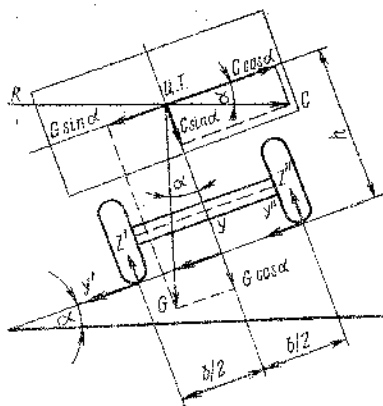
необходимо избегать применения длинных участков подъема с наибольшими уклонами и при уклоне более 60‰ через 2—3 км вводить участки с продольным уклоном не более 20‰ или горизонтальные площадки длиной не менее 50 м;

не следует применять в конце затяжных спусков кривые малых радиусов; при расчете водопропускных и водоотводных сооружений требуется учитывать изменение количества осадков с изменением высоты участка дороги;

на больших высотах следует назначать дорожные одежды с учетом возможного интенсивного выветривания покрытий и повышенной скользкости (гололеда) в продолжении значительного времени.

### § VIII.1. РАДИУСЫ КРИВЫХ В ПЛАНЕ

При движении по кривой в плане на автомобиль действует центробежная сила, вызывающая опасность заноса или опрокидывания автомобиля и неприятно воздействующая на пассажиров (рис. VIII.20):



$$C = \frac{Gv^2}{gR}$$

Величина поперечной силы, действующей на автомобиль, равна:

$$Y = C \cos \alpha \pm G \sin \alpha$$

Принимая  $\sin \alpha \approx i$  и  $\cos \alpha \approx 1$ , получим:

$$Y = \frac{Gv^2}{gR} \pm Gi_b$$

Отношение поперечной силы  $Y$  к весу автомобиля  $G$  называется коэффициентом поперечной силы:

$$\mu = \frac{Y}{G} = \frac{v^2}{gR} \pm i_b$$

Рис. VIII.20. Силы, действующие на автомобиль при движении на кривой в плане

$$\text{Отсюда } R = \frac{v^2}{g(\mu \pm i_b)}$$

где  $g$  — ускорение свободного падения;  $i_b$  — поперечный уклон виража, ‰.

При  $\mu < 0,10$  кривая не ощущается пассажирами, при  $\mu = 0,15$  слабо ощущается и при  $\mu = 0,20$  ощущается и пассажир испытывает легкое неудобство.

Устойчивость автомобиля против заноса может быть определена из условия сопротивления боковому сдвигу. Удерживающая сила должна быть большей или равна сдвигающей силе. Из этого условия определяется радиус горизонтальной кривой:

$$R \geq \frac{v^2}{g(\gamma_2 \varphi_2 \pm i_b)} \quad (\text{VIII.37})$$

где  $\gamma_2 \varphi_2$  — используемая доля коэффициента сцепления в поперечном направлении;  $i_b$  — уклон виража.

В СНиП II-Д.5-72 за основу приняты расчетные значения в соответствии с графиком рис. VIII.21. При округлении расчетных значений радиусов кривых в плане эти величины немного изменены.

При проектировании трассы в плане необходимо стремиться к созданию условий для движения с высокими скоростями и безопасной работы автомобилей, учитывать ландшафт и избегать однообразных прямолинейных участков, длину которых не рекомендуется принимать более 3—5 км. Рекомендуется трассу в плане и профиле проектировать в виде пространственной криволинейной или иной кривой. Радиусы кривых в плане во всех случаях, где представляется возможным без существенного увеличения объема и стоимости работ, рекомендуется принимать не менее 3000 м. При технико-экономической целесообразности строительные нормы и правила допускают применять радиусы, приведенные в табл. VIII.14.

Исследования Л. П. Видугириса показали, что при радиусах более 600 м условия движения при наблюдаемых скоростях мало отличаются от движения по прямым, поэтому  $R = 600$  м следует считать минимальным из условия обеспечения безопасности движения.

По данным В. Ф. Бабкова, А. П. Васильева и др. при радиусах менее 250 м очень резко возрастает аварийность, а по исследованиям М. Б. Афанасьева при радиусах менее 250 м наблюдаемые скорости легковых автомобилей превышают теоретически допустимые при расчетных значениях коэффициента сцепления  $\gamma_2 \varphi_2$ .

Анализ движения автомобилей на дорогах позволяет рекомендовать радиусы в пределах 10 000—3 000 м, соответствующие фактическим траекториям на прямых участках из-за неровностей, колебаний, поперечного уклона и т. д.

Таблица VIII.14

Наименьшие радиусы кривых в плане

Расчетная скорость, км/ч	Наименьший радиус кривой в плане, м	Расчетная скорость, км/ч	Наименьший радиус кривой в плане, м
150	1000	60	125
120	600	50	100
100	400	40	60
80	250	30	30



Радиусы от 3000 до 1000 м обеспечивают движение автомобилей в фактическом диапазоне скоростей с учетом перспективного развития транспортных средств. Радиусы от 1000 до 600 м удовлетворительны для современного движения. Радиусы от 600 до 250 м допустимы в тяжелых условиях, а менее 250 м лишь как исключительные, применимые лишь в отдельных случаях с выполнением дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности движения.

Для разбивки горизонтальных кривых заданы специальные таблицы<sup>1</sup>.

§ VIII.12. ВИРАЖИ

Виравом называется устройство проезжей части на кривой с одностатным поперечным профилем и уклоном внутрь кривой (рис. VIII. 22). Устройство виража увеличивает устойчивость автомобиля при движении по кривым и повышает безопасность движения при тех же скоростях, что и без виража, или позволяет увеличить скорости при той же степени безопасности движения.

В СНиП II-Д.5-72 устройство виража предусмотрено на всех горизонтальных кривых дорог I категории при радиусах менее 3000 м и на дорогах остальных категорий при радиусах менее 2000 м. Уклон виража

$$i_v = \frac{v^2}{127R} - \gamma_2 \varphi_2. \quad (VIII.38)$$

Уклон виража назначают не менее поперечного уклона покрытия на участках с двустатным профилем (см. табл. VIII. 3) до величины 60‰ в зависимости от радиуса кривых и района строительства (табл. VIII. 15). В районах с частыми туманами и длительными или частыми периодами гололеда, в частности в горных, наибольший поперечный уклон проезжей части на виражах принимают не более 40‰ с соответствующим увеличением наименьших радиусов кривых в плане против значений табл. VIII.11. В районах с незначительной длительностью снежного покрова и единичными случаями гололеда допускается применять наибольший уклон проезжей части на вираже до 100‰.

В табл. VIII. 15 меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а большие — меньшим.

Когда две соседние кривые, обращенные в одну сторону, расположены близко друг к другу и прямая вставка между ними незначительна, одностатный профиль устраивают и на прямой вставке между ними, но предпочтительнее увеличение радиуса с целью исключения вставки и создания лучших условий для движения.

При назначении величины радиусов обратных кривых, требующих устройства виража, необходимо обеспечить достаточной длины прямую вставку между концами круговых кривых для размещения переходных кривых и отгона виража.

На горных дорогах при расположении кривой у обрыва на участках виражей предусматривают устройство ограждений.

Переход от двустатного профиля к

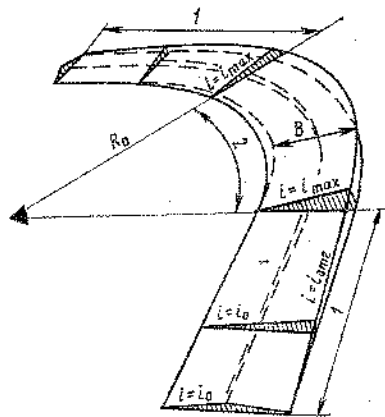


Рис. VIII.22. Схема виража:

1 — отгон виража, переходная кривая; 2 — круговая кривая

<sup>1</sup> Митин Н. А. Таблицы для разбивки горизонтальных и вертикальных круговых кривых и закруглений с переходными кривыми на автомобильных дорогах. М., Госгеолтехиздат, 1968.

Уклоны виражей

Радиусы горизонтальных кривых, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰	
	основной, наиболее распространенный	в районах с частыми гололедами
От 3000 (2000) до 1000	20—30	20—30
> 1000	30—40	30—40
> 700	40—50	40
> 650	50—60	40
Менее 600	60	40

одностатному осуществляют постепенно на протяжении переходной кривой, а при отсутствии ее (при реконструкции) — на прилегающем к кривой прямом участке — участке отгона виража. Вначале внешняя половина проезжей части вращается вокруг оси проезжей части до тех пор, пока не будет достигнут одностатный профиль с поперечным уклоном, равным уклону при двустатном профиле, а затем вращением вокруг внутренней кромки проезжей части получают необходимый уклон проезжей части на вираже (рис. VIII.23).

Поперечный уклон обочины на вираже принимают одинаковым с уклоном проезжей части. Переход от нормального уклона обочины при двустатном профиле к уклону проезжей части производят на протяжении 10 м до начала отгона виража.

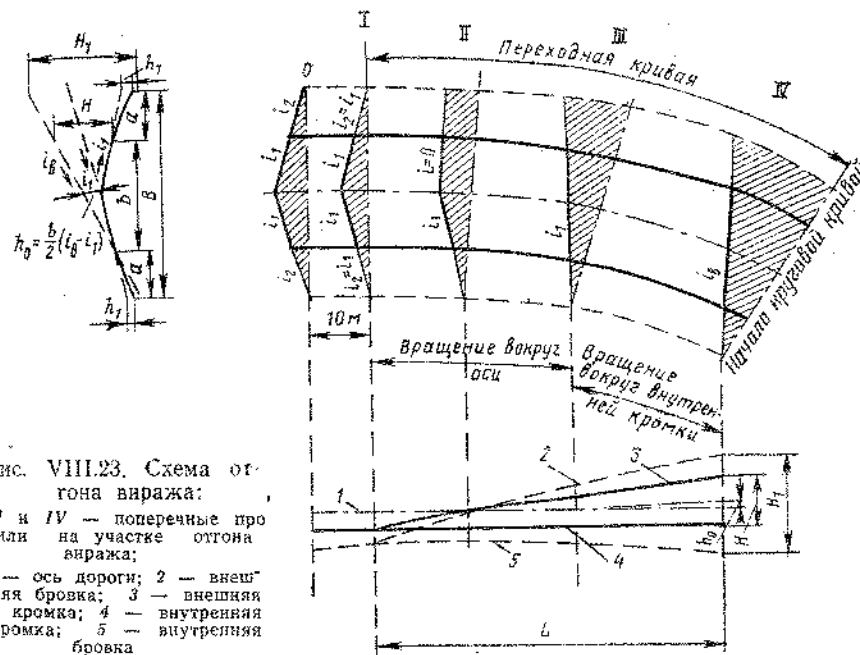


Рис. VIII.23. Схема отгона виража:

1 и IV — поперечные профили на участке отгона виража;

1 — ось дороги; 2 — внешняя бровка; 3 — внешняя кромка; 4 — внутренняя кромка; 5 — внутренняя бровка

## Уширение дорог на кривых

Радиус кривых в плане, м	Величины уширений, м, для автомобилей и автопоездов длиной <i>l</i>						
	≤ 7 м (одиночных); ≤ 11 м (автопоездов)	13 м	15 м	18 м	20 м	23 м	25 м
1000	—	—	—	0,4	0,5	0,6	0,7
800—900	—	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
700—600	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	1,0
600—550	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,3
400—450	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,3	1,7
300—350	0,6	0,8	0,9	1,1	1,5	1,6	2,1
200—250	0,8	1,0	1,1	1,5	2,0	2,2	2,8
125—150	0,9	1,4	1,5	2,2	2,7	3,0	—
100—90	1,1	1,8	2,0	3,0	3,5	—	—
80	1,2	2,0	2,3	3,5	—	—	—
70	1,3	2,2	2,5	—	—	—	—
60	1,4	2,8	3,0	—	—	—	—
50	1,5	3,0	3,5	—	—	—	—
40	1,8	3,5	—	—	—	—	—
30	2,2	—	—	—	—	—	—

Примечание. Длина *l* — расстояние от переднего буфера до задней оси автомобиля, полуприцепа или прицепа.

При отгоне виража наружная кромка проезжей части постепенно повышается, причем в сечении, где уклон проезжей части становится равным уклону виража, превышение кромки *H* составляет:

$$H = bi_{в}, \quad (\text{VIII.39})$$

где *b* — ширина проезжей части.

Повышение наружной кромки совершается постепенно так, чтобы дополнительный продольный уклон наружной кромки проезжей части по отношению к проектному на участке отгона виража для дорог I и II категорий не превышал 5‰, для дорог III—V категорий в равнинной местности — 10‰, а в горной местности — 20‰.

Длина отгона виража

$$L = \frac{H}{i_{вк}}, \quad (\text{VIII.40})$$

где *i<sub>вк</sub>* — продольный уклон по внешней кромке.

Уклон отгона виража ограничивают, чтобы не допустить толчка. Кроме того, при малой длине отгона резко изменяется кривизна поверхности проезжей части, вызывающая неравномерное распределение веса автомобиля на колеса и уменьшающая его устойчивость.

Проектирование виража и его разбивка заключаются в построении разбивочного плана, поперечных профилей и продольных профилей характерных элементов поверхности дороги (бровок, кромок и осей). Обычно разбивка выполняется через 10 м по длине отгона.

В отдельных случаях могут быть допущены и другие способы перехода от двускатного профиля проезжей части к односкатному, если это целесообразно по условиям водоотвода или вертикальной планировки в месте расположения виража, в частности вращением после достижения односкатного профиля не вокруг внутренней кромки проезжей части, а вокруг оси проезжей части.

Преимущества вращения вокруг внутренней кромки проезжей части заключаются в следующем: повышение проезжей части в начале кривой и снижение ее в конце кривой соответствует фактическим режимам движения, характеризующимся снижением скорости перед въездом на кривую и увеличением скорости в конце кривой; отсутствие провалов на внутренней полосе обеспечивает лучшее использование автомобилями проезжей части и уширения; благодаря приподнятости участка виража при подъезде к нему возникает оптическое раскрытие сложного участка; благодаря увеличению возвышения земляного полотна повышаются прочностные характеристики дорожной одежды и обеспечиваются лучшие условия для незаносимости дороги снегом.

## § VIII.13. УШИРЕНИЕ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ НА КРИВЫХ

Величину необходимого уширения полосы движения рассчитывают из условия обеспечения той же величины зазора между автомобилями, что и при движении на прямых участках (рис. VIII.24).

Принимая уширение двухполосной дороги *e* равным двум уширениям внутренней полосы, получим формулу для уширения двухполосной проезжей части:

$$e = \frac{l^2}{R}, \quad (\text{VIII.41})$$

где *l* — расстояние от переднего буфера до задней оси автомобиля; *R* — радиус кривой.

Этой формулой следует пользоваться при *R* > 15 м.

Формула основана на учете чисто геометрического размещения автомобиля на полосе движения и не учитывает скорости движения. По эмпирическим данным поправка на скорость движения принимается

$$e' = \frac{0,1v}{\sqrt{R}}, \quad (\text{VIII.42})$$

М. Б. Афанасьев рекомендует принимать поправку на скорость для двухполосных дорог

$$e' = 0,0075v, \quad (\text{VIII.43})$$

которая дает более высокие результаты, чем формула (VIII.42) при высоких скоростях, и пониженные при малых скоростях.

Величина уширения с учетом скорости движения

$$e = L^2/R + 0,1v/\sqrt{R}. \quad (\text{VIII.44})$$

Уширение проезжей части следует проектировать на кривых с радиусом 1000 м и менее с внутренней стороны за счет обочины при условии, что ширина обочины остается не менее 1,5 м для дорог I и II категорий и не менее 1 м для дорог остальных категорий. При недостаточной ширине обочины для размещения уширения проезжей части предусматривают соответствующее уширение земляного полотна. В горной местности допускается в виде исключения уширение частично производить за счет внешней обочины.

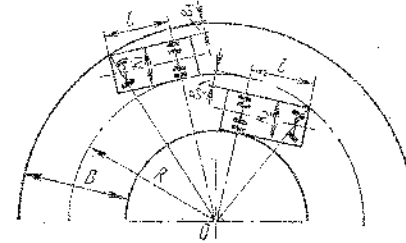


Рис. VIII.24. Расчетная схема для определения уширения на кривых

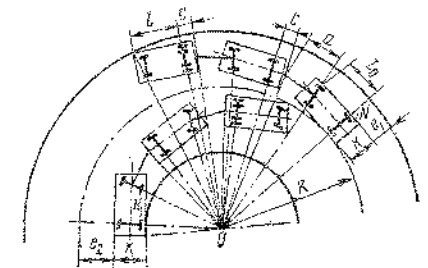


Рис. VIII.25. Схема расчета уширения при встрече автопоездов

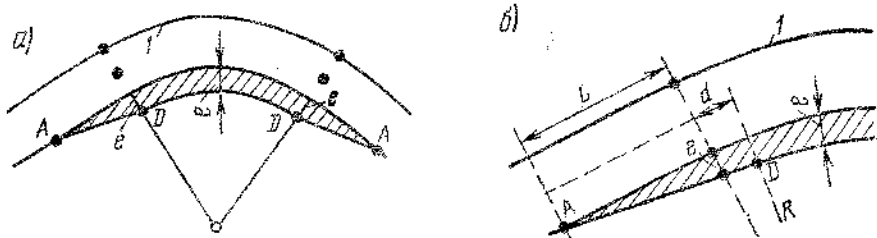


Рис. VIII.26. Способы устройства уширений на кривых:  
1 — основная кривая; AD — отвод

Величины уширения двухполосной проезжей части дорог приведены в табл. VIII. 16. Для дорог с четырьмя и более полосами движения величину полного уширения увеличивают соответственно числу полос. При проектировании дорог, на которых предусмотрено движение автопоездов с двумя и более прицепами, а также автомобилей с габаритами, отличающимися от установленных ГОСТ 9314—59, требуемое уширение определяется расчетом.

Величина уширения для внутренней полосы движения определяется (рис. VIII. 25) путем последовательного решения прямоугольных треугольников с общей вершиной в центре поворота  $O$ . Упрощенное выражение для величины уширения при условии равенства ширины тягача и прицепов ширине одной полосы движения ( $\kappa = \frac{b}{2}$ ) для двухполосных дорог:

$$e = 2 \left[ R - \frac{\kappa}{2} - \sqrt{\left( \sqrt{R^2 - l^2} - \frac{\kappa}{2} \right)^2 - Q} \right], \quad (\text{VIII.45})$$

где  $R$  — радиус круговой кривой;  $l$  — расстояние между задней осью и передним буфером автомобиля-тягача;  $\kappa$  — ширина кузовов тягача и прицепа;  $Q$  — конструктивный коэффициент автопоезда. Значение  $Q$  можно определить по формуле

$$Q = - \sum a^2 - \sum l_0^2 + \sum c^2,$$

где  $a$  — длина дышла прицепов;  $l_0$  — длина баз прицепов;  $c$  — длина задних свесов сцепных устройств.

Величина  $Q$  для автопоездов с известными прицепами постоянна. При движении по кривым с радиусами менее 20 м на величину требуемого уширения оказывает влияние и величина углов поворота: чем больше угол поворота, тем большей должна быть величина уширения.

В пределах основной кривой уширение должно иметь полную ширину. С обеих сторон на подходе к кривой проезжая часть постепенно расширяется до заданной ширины. Это постепенное уширение называется отводом уширения. Уширение проезжей части в соответствии с требованиями СНиП II-Д.5-72 надлежит выполнять пропорционально расстоянию от начала переходной кривой так, чтобы величина полного уширения была достигнута к началу круговой кривой.

Уширение проезжей части может быть осуществлено несколькими способами (рис. VIII.26). Основным способом, обеспечивающим требования Строительных норм и правил, является отвод уширения пропорционально длине переходной кривой, а при ее отсутствии (при частичной реконструкции) по прямой. При этом в точках  $A$  и  $D$  кромка проезжей части имеет переломы, однако это не проявляется существенно в восприятии плавности дороги (рис. VIII.26, а). Чтобы совсем исключить перелом, иногда пользуются вторым способом: отвод уширения выполняют по касательной к кромке проезжей части на основной кривой (рис. VIII.26, б). При этом получается более плавное сопряжение, но сокращается длина участка с полным уширением на величину  $d$ .

## § VIII.14. ПЕРЕХОДНЫЕ КРИВЫЕ

При въезде с прямой на основную кривую, выполняемую в виде круговой с постоянным радиусом, водитель поворачивает постепенно передние колеса автомобиля.

Поэтому на подходе к кривой автомобиль движется по некоторой переходной кривой с переменным радиусом кривизны от  $\infty$  на прямой до  $R$  при входе в круговую кривую.

Для обеспечения соответствия трассы дороги фактическим траекториям движения автомобилей с обеих сторон основной кривой устраивают переходные кривые, чем достигается: более плавный поворот передних колес автомобиля на требуемый угол, соответствующий радиусу круговой кривой; уменьшение парастания центробежной силы с исключением бокового толчка при въезде на круговую кривую; уменьшение радиуса кривизны от бесконечности на прямой до радиуса данной круговой кривой пропорционально длине переходной кривой.

Уравнение переходной кривой должно соответствовать уравнению переходной траектории движения автомобиля, кривизна которой меняется обратно пропорционально углу поворота на длине (рис. VIII.27):

$$\rho = \frac{l_0}{\alpha}, \quad (\text{VIII.46})$$

где  $l_0$  — база автомобиля;  $\alpha$  — угол поворота передних колес.

На прямом участке угол  $\alpha$  равен нулю и увеличивается до постоянной величины  $\alpha_0$  на круговой кривой радиуса  $R$ :

$$\alpha_0 = \frac{l_0}{R}$$

При движении автомобиля с постоянной скоростью  $v$  (м/с) и постоянной угловой скоростью  $\omega$  поворота передних колес автомобиля получим

$$\rho = \frac{l_0 v}{\omega S}, \quad (\text{VIII.47})$$

где  $S$  — длина переходной кривой.

Для определения условий движения величины  $l_0$ ,  $v$  и  $\omega$  можно принять постоянными, т. е.  $\frac{l_0 v}{\omega} = C$ . Тогда  $\rho = \frac{C}{S}$ .

Этому уравнению переходной кривой удовлетворяют несколько математических кривых с различной степенью приближения. Полностью этому уравнению соответствует клотоида, называемая так же радиоидой, или спиралью Корню, менее точно — лемниската Бернулли, кубическая парабола и другие кривые.

Закругления (по исследованиям М. Б. Афанасьева) с радиусом до 50 м до их середины следует разбивать по тормозной кривой без круговой вставки между ними; с радиусом от 50 до 250 м — по двум клотоидам; при радиусах более 250 м рекомендуется применять круговые кривые с переходными кривыми по клотоиде

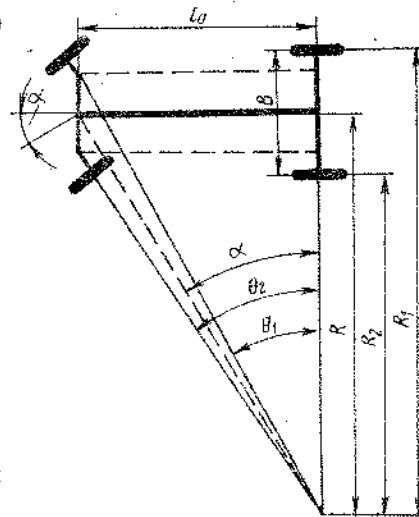


Рис. VIII.27. Расчетная схема поворота автомобиля

Таблица VIII.1

## Длина переходных кривых

Радиус круговой кривой, м	Наименьшая длина переходной кривой, м	Радиус круговой кривой, м	Наименьшая длина переходной кривой, м	Радиус круговой кривой, м	Наименьшая длина переходной кривой, м
30	30	100	50	300	90
50	35	150	60	400	100
60	40	200	70	500	110
80	45	250	80	600—1000	120
				1000—2000	100

Особое положение среди переходных кривых занимает тормозная кривая, учитывающая изменение скорости в пределах переходной кривой. Тормозные кривые в отличие от обычных переходных кривых имеют ослабленную кривизну и рекомендуются для развязки съездов транспортных развязок.

Необходимая длина переходных кривых устанавливается из условия, что центростремительное ускорение  $\frac{v^2}{R}$  должно возрастать постепенно от нуля (на прямой) до максимальной величины  $\frac{v^2}{R}$  при входе на круговую кривую. Величина нарастания центростремительного ускорения (третья производная от пути по времени)

$$I = \frac{v^2}{Rt} = \frac{v^3}{RS} \quad (\text{VIII.48})$$

Отсюда длина переходной кривой, выраженная в метрах, при скорости  $v$  (км/ч):

$$S = \frac{v^3}{47IR} \quad (\text{VIII.49})$$

Величина  $I$  назначается в пределах: в Англии 0,3; в СССР—0,5; в США—0,6 при  $v > 80$  км/ч и 0,76—1,22 при меньших скоростях; во Франции—0,65—1,0; ФРГ и Италии—0,5; Чехословакии—0,6; в Швейцарии—0,8 м/см<sup>3</sup>. Чем меньше величина  $I$ , тем длиннее переходная кривая и, следовательно, обеспечивается более плавное движение.

При больших радиусах круговых кривых длина переходной кривой невелика и ее траектория незначительно (на 10—15 см) отличается от прямой.

Переходные кривые используют и в качестве самостоятельного элемента (клотоидное трассирование<sup>1</sup>) наряду с прямыми и круговыми кривыми.

По СНиП II-Д.5-72 переходные кривые следует назначать при радиусах круговых кривых в плане 2000 м и менее из расчета обеспечения наибольшей скорости на участке кривой. С учетом оптического восприятия закругления и плавности движения можно рекомендовать длины переходных кривых увеличивать в 1,5—2,0 раза по сравнению с наименьшими длинами переходных кривых, рекомендованных в СНиП II-Д.5-72 и приведенных в табл. VIII.17. Критериями границ применения переходных кривых рекомендуется считать вели-

<sup>1</sup> Дзенис П. Я., Рейнфельд В. Р. Пространственное проектирование автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1968. 112 с.  
Ксенодохов В. И. Таблицы для проектирования и развязки клотоидной трассы автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1969. 301 с.  
Бабков В. Ф. Современные автомобильные магистрали. М., «Транспорт», 1974. 230 с.

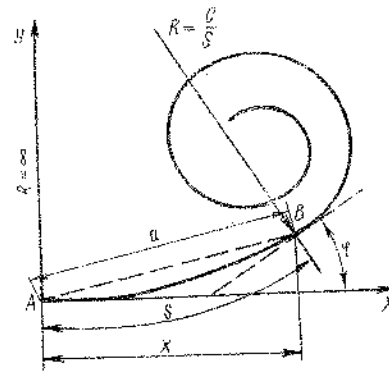


Рис. VIII.28. Клотоида (радиодальная спираль-радионда)

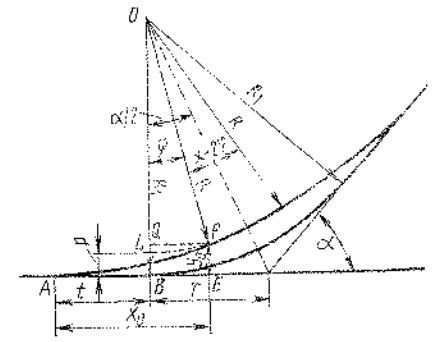


Рис. VIII.29. Развязка переходной кривой по клотоиде

чину сдвигки 0,2 м [см. формулу (VIII.53)] и нарастание центростремительного ускорения 0,3м/с<sup>3</sup>, являющееся для человеческого организма порогом осязательности.

В последнее время для расчета переходных кривых широко применяют ЭВМ, что позволяет использовать сложные переходные кривые, учитывающие специфические условия движения автомобиля с переменными скоростями, изменение уклона виража и другие дорожные характеристики. В ГПИ «Сюздорпроект» разработаны специальные программы для ЭВМ, по которым ведется расчет и проектирование переходных кривых (см. гл. IX).

Наибольшее распространение на автомобильных дорогах получили переходные кривые типа клотоиды (радиодальной спирали), поскольку ее уравнение соответствует уравнению переходной траектории автомобиля (рис. VIII.28). В конце переходной кривой  $r = R$ ;  $S = L$  и  $R = \frac{C}{L}$ .

Развязку клотоиды можно выполнять методом абсцисс и ординат. Координаты клотоиды в прямоугольной системе:

$$x \approx S - \frac{S^3}{40C^2} + \frac{S^5}{3456C^4}; \quad (\text{VIII.50})$$

$$y = \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^9}{42240C^5}. \quad (\text{VIII.51})$$

Подставляя в эти формулы переменные значения длины  $S$  переходной кривой с интервалами в 5 или 10 м, можно определить абсциссы и ординаты точек переходной кривой. При определении конечных координат  $x_0$  и  $y_0$  в формулы подставляется полная длина  $L$  переходной кривой.

Для развязки переходных кривых по клотоиде имеются таблицы<sup>1</sup>. При устройстве переходных кривых сокращается длина круговой кривой, так как ее центральный угол  $\alpha$  будет меньше на величину  $2\varphi$  (рис. VIII.29). Новый центральный угол

$$\alpha_0 = \alpha - 2\varphi,$$

где  $\alpha$  — угол поворота трассы;  $\varphi$  — угол, составленный касательной к концу переходной кривой с осью абсцисс.

<sup>1</sup> Замахаев М. С. Переходные кривые на автомобильных дорогах. М., «Транспорт», 1965. 114 с.

Таблицы для развязки переходных кривых. М., 1969. 19 с. (Минтрансстрой СССР. Союздорпроект).

Замахаев М. С., Афанасьев М. Б. Развязка клотоидных кривых. М., «Высшая школа», 1966. 76 с. (Учебно-методическое пособие МАДН).

Отсюда следует, что для разбивки переходных кривых необходимо соблюдение условия  $\alpha \geq 2\varphi$ . При равенстве углов  $\alpha = 2\varphi$  закругление состоит из двух переходных кривых, соединяющихся в середине, а круговая кривая отсутствует.

Величина угла  $\varphi$ , выраженная в радианах:

$$\varphi = \frac{L}{2R}$$

отсюда

$$\alpha \geq \frac{L}{R} = \frac{v^3}{471R^2} \quad (\text{VIII.52})$$

Если это условие не удовлетворяется, надо или увеличить радиус основной кривой, или уменьшить длину переходной кривой (увеличить величину нарастания центробежного ускорения).

При применении переходных кривых происходит смещение (сдвигка) круговой кривой в ее внутреннюю сторону на величину  $p$ .

Чтобы сохранить радиус круговой кривой, нужно первоначальный радиус увеличить на эту величину сдвигки, т. е. принять  $R_1 = R + p$  (см. рис. VIII.29). Тогда после разбивки переходных кривых радиус круговой кривой будет  $R$ .

Величина сдвигки

$$p = y_0 - R(1 - \cos \varphi) \quad (\text{VIII.53})$$

В табл. VIII.18 приведены данные для разбивки переходных кривых по клотоиде для радиусов от 30 до 2000 м в соответствии с рекомендованными нормами для переходных кривых по СНиП II-Д.5-72.

Начало закругления находят от бывшего начала круговой кривой на расстоянии (см. рис. VIII.29).

$$t = x_0 - R \sin \varphi \quad (\text{VIII.54})$$

Полная длина тангенса закругления  $T_n = T + t$ , где  $T$  — тангенс круговой кривой.

Разбивку переходных кривых выполняют в следующей последовательности:

1. С учетом местных условий и рекомендаций о целесообразности увеличения для переходных кривых по сравнению с наименьшими допустимыми принимают длину переходной кривой  $L$ .

2. Определяют угол  $\varphi$  и проверяют возможность разбивки переходной кривой (по формуле  $\alpha \geq 2\varphi$ ).

3. Определяют по таблицам или по формулам величину сдвигки  $p$  и величину  $t$ . Если величина сдвигки  $p \geq 0,01R$ , то принимают новый радиус круговой кривой  $R_1 = R + p$  и определяют новые элементы круговой кривой по таблицам или формулам:

$$T_1 = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad B = (R + p) \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad K = (R + p) \frac{\alpha \pi}{180} \quad (\text{VIII.55})$$

Если  $p \leq 0,01R$ , то величиной сдвигки можно пренебречь. При проектировании клотоидной трассы сдвигку лучше учитывать всегда.

4. Устанавливают пикетажные отметки начала  $HЗ$  и конца  $KЗ$  закругления:  $HЗ = ВУ - (T_1 + t)$  и  $KЗ = HЗ + 2L + K_0$ . Домер закругления  $D_3 = 2(T_1 + t) - (2L + K_0)$ , где  $ВУ$  — пикетажная отметка вершины угла поворота;

$$K_0 = \frac{\pi R (\alpha - 2\varphi)}{180} \quad (\text{VIII.56})$$

Таблицы для разбивки переходных кривых

$R = 30 \text{ м}, L = 30 \text{ м}$		$R = 50 \text{ м}, L = 35 \text{ м}$		$R = 60 \text{ м}, L = 40 \text{ м}$		$R = 80 \text{ м}, L = 45 \text{ м}$		$R = 100 \text{ м}, L = 50 \text{ м}$		$R = 150 \text{ м}, L = 60 \text{ м}$	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,00	5,00	0,00
8,00	0,10	10,00	0,10	10,00	0,07	10,00	0,04	10,00	0,03	10,00	0,02
10,00	0,19										
15,97	0,76	14,99	0,32	15,00	0,23	15,00	0,16	15,00	0,11	15,00	0,06
19,90	1,48	19,97	0,76	19,99	0,56	19,99	0,37	20,00	0,27	19,99	0,15
23,75	2,54	24,92	1,48	24,96	1,08	24,98	0,72	24,99	0,52	24,99	0,29
27,47	4,00	29,80	2,56	29,90	1,87	29,95	1,25	29,98	0,90	29,99	0,50
29,25	4,91	34,57	4,05	34,77	2,96	34,90	1,98	34,95	1,43	34,98	0,79
				39,55	4,41	39,80	2,96	39,90	2,14	39,97	1,19
						44,65	4,20	44,72	3,04	44,94	1,69
								49,69	4,17	49,90	2,31
										54,84	3,08
										59,76	3,99
$\varphi = 28^\circ 39'$		$\varphi = 20^\circ 03'$		$\varphi = 19^\circ 05' 55''$		$\varphi = 16^\circ 06' 52''$		$\varphi = 14^\circ 19' 26''$		$\varphi = 11^\circ 27' 33''$	
$p = 1,24 \text{ м}$		$p = 1,02 \text{ м}$		$p = 1,11 \text{ м}$		$p = 1,07 \text{ м}$		$p = 1,08 \text{ м}$		$p = 1,01 \text{ м}$	
$t = 14,86 \text{ м}$		$t = 17,43 \text{ м}$		$t = 19,93 \text{ м}$		$t = 22,45 \text{ м}$		$t = 24,95 \text{ м}$		$t = 29,96 \text{ м}$	
$\alpha_{\min} = 57,3^\circ$		$\alpha_{\min} = 40,1^\circ$		$\alpha_{\min} = 38,2^\circ$		$\alpha_{\min} = 32,2^\circ$		$\alpha_{\min} = 28,7^\circ$		$\alpha_{\min} = 22,9^\circ$	

Продолжение табл. VIII.18

$R = 200 \text{ м}, L = 70 \text{ м}$		$R = 250 \text{ м}, L = 80 \text{ м}$		$R = 300 \text{ м}, L = 90 \text{ м}$		$R = 400 \text{ м}, L = 100 \text{ м}$		$R = 500 \text{ м}, L = 110 \text{ м}$	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,00	0,01	10,00	0,01	10,00	0,01	10,00	0,00	10,00	0,00
20,00	0,10	20,00	0,07	20,00	0,05	20,00	0,03	20,00	0,02
30,00	0,32	30,00	0,22	30,00	0,17	30,00	0,11	30,00	0,08
39,99	0,76	39,99	0,53	40,00	0,40	40,00	0,27	40,00	0,19
49,96	1,49	49,98	1,04	49,99	0,77	50,00	0,52	50,00	0,38
59,90	2,57	59,95	1,80	59,97	1,33	59,99	0,90	60,00	0,65
69,79	4,08	69,80	2,86	69,94	2,12	69,97	1,43	69,99	1,04
		79,80	4,26	79,89	3,16	79,95	2,13	79,97	1,55
				89,80	4,50	89,91	3,04	89,95	2,21
						99,84	4,16	99,92	3,03
								109,87	4,03
$\varphi = 10^\circ 01' 36''$		$\varphi = 9^\circ 10' 02''$		$\varphi = 8^\circ 35' 40''$		$\varphi = 7^\circ 09' 43''$		$\varphi = 6^\circ 18' 09''$	
$p = 1,02 \text{ м}$		$p = 1,07 \text{ м}$		$p = 1,12 \text{ м}$		$p = 1,04 \text{ м}$		$p = 1,01 \text{ м}$	
$t = 34,97 \text{ м}$		$t = 39,97 \text{ м}$		$t = 44,97 \text{ м}$		$t = 49,97 \text{ м}$		$t = 54,98 \text{ м}$	
$\alpha_{\min} = 20,0^\circ$		$\alpha_{\min} = 18,3^\circ$		$\alpha = 17,2^\circ$		$\alpha = 14,3^\circ$		$\alpha = 12,6^\circ$	

Продолжение табл. VIII.18

$R=600 \text{ м}, L=120 \text{ м}$		$R=700 \text{ м}, L=120 \text{ м}$		$R=800 \text{ м}, L=120 \text{ м}$		$R=900 \text{ м}, L=120 \text{ м}$		$R=1000 \text{ м}, L=120 \text{ м}$	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00
20,00	0,02	20,00	0,02	20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01
30,00	0,06	30,00	0,05	30,00	0,05	30,00	0,04	30,00	0,04
40,00	0,15	40,00	0,13	40,00	0,11	40,00	0,10	40,00	0,09
50,00	0,29	50,00	0,25	50,00	0,22	50,00	0,19	50,00	0,17
60,00	0,50	60,00	0,43	60,00	0,38	60,00	0,33	60,00	0,30
69,99	0,79	69,99	0,68	69,99	0,60	69,99	0,53	69,99	0,48
79,98	1,18	79,98	1,02	79,99	0,89	79,99	0,79	79,99	0,71
89,97	1,69	89,98	1,44	89,98	1,26	89,99	1,12	89,99	1,01
99,95	2,32	99,96	1,98	99,97	1,73	99,98	1,54	99,98	1,40
109,92	3,08	109,94	2,64	109,95	2,31	109,96	2,05	109,97	1,85
119,88	4,01	119,91	3,42	119,93	3,00	119,95	2,66	119,96	2,40
$\varphi = 5^{\circ}44'$ $p = 1,00 \text{ м}$ $t = 59,98 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 11,4^{\circ}$	$\varphi = 4^{\circ}55'$ $p = 0,86 \text{ м}$ $t = 59,98 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 9,8^{\circ}$	$\varphi = 4^{\circ}18'$ $p = 0,75 \text{ м}$ $t = 59,99 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 8,6^{\circ}$	$\varphi = 3^{\circ}49'$ $p = 0,66 \text{ м}$ $t = 59,99 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 7,6^{\circ}$	$\varphi = 3^{\circ}26'$ $p = 0,60 \text{ м}$ $t = 59,99 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 6,9^{\circ}$					

Продолжение табл. VIII.18

$R=1100 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1200 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1300 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1400 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1500 \text{ м}, L=100 \text{ м}$	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00
20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01
30,00	0,04	30,00	0,04	30,00	0,04	30,00	0,03	30,00	0,03
40,00	0,10	40,00	0,09	40,00	0,08	40,00	0,08	40,00	0,07
50,00	0,19	50,00	0,17	50,00	0,16	50,00	0,15	50,00	0,14
60,00	0,33	60,00	0,30	60,00	0,28	60,00	0,26	60,00	0,24
69,99	0,52	70,00	0,48	70,00	0,44	70,00	0,41	70,00	0,38
79,99	0,78	79,99	0,71	80,00	0,66	80,00	0,61	80,00	0,57
89,99	1,10	89,99	1,01	89,99	0,93	89,99	0,87	89,99	0,81
99,98	1,52	99,98	1,39	99,99	1,28	99,99	1,19	99,99	1,11
$\varphi = 2^{\circ}36'15''$ $p = 0,38 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 5,2^{\circ}$	$\varphi = 2^{\circ}23'13''$ $p = 0,35 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 4,8^{\circ}$	$\varphi = 2^{\circ}12'13''$ $p = 0,32 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 4,4^{\circ}$	$\varphi = 2^{\circ}02'47''$ $p = 0,30 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 4,1^{\circ}$	$\varphi = 1^{\circ}54'35''$ $p = 0,28 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 3,8^{\circ}$					

Продолжение табл. VIII.18

$R=1600 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1700 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1800 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=1900 \text{ м}, L=100 \text{ м}$		$R=2000 \text{ м}, L=100 \text{ м}$	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00
20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01	20,00	0,01
30,00	0,03	30,00	0,03	30,00	0,03	30,00	0,02	30,00	0,02
40,00	0,07	40,00	0,06	40,00	0,06	40,00	0,06	40,00	0,05
50,00	0,13	50,00	0,12	50,00	0,12	50,00	0,11	50,00	0,10
60,00	0,23	60,00	0,20	60,00	0,20	60,00	0,19	60,00	0,18
70,00	0,36	70,00	0,34	70,00	0,32	70,00	0,30	70,00	0,29
80,00	0,53	80,00	0,50	80,00	0,47	80,00	0,45	80,00	0,43
89,99	0,76	89,99	0,71	89,99	0,68	90,00	0,64	90,00	0,61
99,99	1,04	99,98	0,98	99,99	0,93	99,99	0,88	99,99	0,83
$\varphi = 1^{\circ}47'26''$ $p = 0,26 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 3,6^{\circ}$	$\varphi = 1^{\circ}41'07''$ $p = 0,25 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 3,4^{\circ}$	$\varphi = 1^{\circ}35'31''$ $p = 0,24 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 3,2^{\circ}$	$\varphi = 1^{\circ}30'27''$ $p = 0,22 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 3^{\circ}$	$\varphi = 1^{\circ}25'58''$ $p = 0,21 \text{ м}$ $t = 50,00 \text{ м}$ $\alpha_{\min} = 2,9^{\circ}$					

5. По таблицам или формулам находят координаты точек переходной кривой через 5 или 10 м и от начала закругления по линии тангенса по направлению к вершине угла откладывают абсциссы и из полученных точек восстанавливают соответствующие ординаты.

6. Разбивку круговой кривой выполняют по обычным таблицам для их разбивки, причем за начало ординат принимают начало круговой кривой ( $BV-T_1$ ).

К значениям ординат, полученным из таблиц для разбивки круговых кривых, прибавляют величины сдвижки  $p$ , т. е. фактическая ордината  $y_1 = y + p$ , где  $y$  — значение ординаты из таблиц. Так ведут разбивку до середины кривой. Положение середины кривой проверяют по биссектрисе.

7. Разбивку другой половины закругления ведут от конца закругления по направлению к середине кривой.

Большие преимущества для разбивки переходных кривых методом абсцисс и хорд имеют таблицы, применяемые в ГДР, в которых вычислены координаты кривоизогонды при параметре  $A=1$ . Параметр  $A = \sqrt{C} = \sqrt{RL}$ . При всевозможных сочетаниях радиуса  $R$  и длины переходной кривой  $L$ , а не только при жестко связанных и нормированных строительными нормами и правилами легко вычисляются необходимые для разбивки координаты. Величины абсцисс не будут кратны 5 или 10 м, но частота разбивки точек может быть любая. Умножая табличные значения (табл. VIII.19) на требуемый параметр  $A$ , получаем координаты кривоизогонды.

Разбивка переходных кривых и круговой кривой возможна не только методом абсцисс и ординат, но и другими способами<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Федосеев П. А. Таблицы для разбивки круговых кривых способом хорд. М., Автотрансиздат, 1953, 39 с.  
Замахаев М. С. Переходные кривые на автомобильных дорогах. М., «Транспорт», 1965, 114 с.

Таблица единичной криволинейной

$l$	$x$	$y$	$l$	$x$	$y$
0,01	0,01000	0,000000	0,51	0,509138	0,022082
0,02	0,020000	0,000001	0,52	0,519050	0,023404
0,03	0,030000	0,000004	0,53	0,528955	0,024778
0,04	0,040000	0,000011	0,54	0,538853	0,026204
0,05	0,050000	0,000021	0,55	0,548743	0,027684
0,06	0,060000	0,000036	0,56	0,558625	0,029218
0,07	0,070000	0,000057	0,57	0,568498	0,030807
0,08	0,080000	0,000085	0,58	0,578361	0,032453
0,09	0,090000	0,000122	0,59	0,588215	0,034156
0,10	0,100000	0,000167	0,60	0,598059	0,035917
0,11	0,110000	0,000222	0,61	0,607892	0,037737
0,12	0,119999	0,000288	0,62	0,617714	0,039617
0,13	0,129999	0,000366	0,63	0,627523	0,041557
0,14	0,139999	0,000457	0,64	0,637321	0,043560
0,15	0,149998	0,000562	0,65	0,647105	0,045625
0,16	0,159997	0,000683	0,66	0,656876	0,047754
0,17	0,169996	0,000819	0,67	0,666633	0,049947
0,18	0,179995	0,000972	0,68	0,676374	0,052206
0,19	0,189994	0,001143	0,69	0,686100	0,054530
0,20	0,199992	0,001333	0,70	0,695810	0,056922
0,21	0,209990	0,001544	0,71	0,705503	0,059382
0,22	0,219987	0,001775	0,72	0,715178	0,061910
0,23	0,229984	0,002028	0,73	0,724834	0,064508
0,24	0,239980	0,002304	0,74	0,734472	0,067176
0,25	0,249976	0,002604	0,75	0,744089	0,069916
0,26	0,259970	0,002929	0,76	0,753686	0,072728
0,27	0,269964	0,003280	0,77	0,763260	0,075612
0,28	0,279957	0,003658	0,78	0,772813	0,078571
0,29	0,289949	0,004064	0,79	0,782342	0,081603
0,30	0,299939	0,004499	0,80	0,791847	0,084711
0,31	0,309928	0,004964	0,81	0,801326	0,087895
0,32	0,319916	0,005460	0,82	0,810780	0,091155
0,33	0,329902	0,005988	0,83	0,820206	0,094493
0,34	0,339886	0,006549	0,84	0,829605	0,097909
0,35	0,349869	0,007144	0,85	0,838974	0,101404
0,36	0,359849	0,007774	0,86	0,848314	0,104978
0,37	0,369827	0,008439	0,87	0,857622	0,108633
0,38	0,379802	0,009142	0,88	0,866898	0,112368
0,39	0,389775	0,009882	0,89	0,876141	0,116185
0,40	0,399747	0,010662	0,90	0,885349	0,120084
0,41	0,409710	0,011481	0,91	0,894522	0,124066
0,42	0,419673	0,012341	0,92	0,903659	0,128130
0,43	0,429633	0,013243	0,93	0,912758	0,132279
0,44	0,439588	0,014188	0,94	0,921818	0,136513
0,45	0,449539	0,015176	0,95	0,930837	0,140831
0,46	0,459485	0,016210	0,96	0,939815	0,145235
0,47	0,469427	0,017289	0,97	0,948750	0,149724
0,48	0,479363	0,018414	0,98	0,957642	0,154300
0,49	0,489294	0,019588	0,99	0,966488	0,158964
0,50	0,499219	0,020810	1,00	0,975288	0,163714

При развитии трассы на сложных участках горной местности приходится иногда назначать большие углы поворотов с размещением закругления снаружи угла поворота.

Такие закругления называют серпантинами. Очертания серпантин могут быть различными в зависимости от местных условий.

Серпантина состоит из элементов: основной кривой  $K$ , обратных кривых  $K_0$  и вставок  $m$  (рис. VIII.30). При остром угле серпантин  $\alpha$  основная кривая радиуса  $R$  имеет длину  $K$ , определяемую в соответствии с центральным углом  $\gamma$ . В точках  $A$  и  $B$  располагаются вершины обратных кривых. Между концами обратных кривых и основной кривой должна быть прямая вставка, необходимая для размещения отгонов виражей, переходных кривых и створдов уширения на основной и обратных кривых серпантин.

Для устройства серпантин выбирают наиболее пологий геологический устойчивый участок косогора. Проектирование серпантин заключается в установлении величин отдельных элементов для ее разбивки и проверки возможности размещения земляного полотна на местности.

Серпантины характерны применением малых радиусов кривых и большим углом поворота трассы, вызывающих значительное снижение скоростей и безопасности движения. Кроме этого, при устройстве серпантин значительно увеличиваются объем и стоимость строительных работ и, как правило, увеличивается длина трассы. Поэтому всегда предпочтительнее вариант трассы, имеющий меньшее количество серпантин при прочих равных условиях. Серпантин разрешается устраивать на дорогах II—V категорий. Расстояние между концом сопрягающей (обратной) кривой одной серпантин и началом сопрягающей кривой другой серпантин принимают возможно большим, но не менее 400 м для дорог II и III категорий, 300 м для дорог IV категории и 200 м для дорог V категории.

Во всех случаях необходимо составлять подробный план трассы, показывающий возможность размещения серпантин.

Геометрические элементы серпантин по СНиП II-Д 5-72 приведены в табл. VIII.20.

Расчетные скорости на серпантинах 15—20 км/ч допускают только при особо стесненных условиях на дорогах IV и V категорий. Приведенные в табл. VIII.20 расчетные скорости и соответствующие им параметры элементов могут применяться только для разбивки серпантин, но не могут быть механически перенесены на расчет обычных кривых.

Уширение проезжей части на серпантинах делается за счет внешней обочины только на 0,5 м, а остальная часть уширения — за счет внутренней обочины и дополнительного уширения земляного полотна.

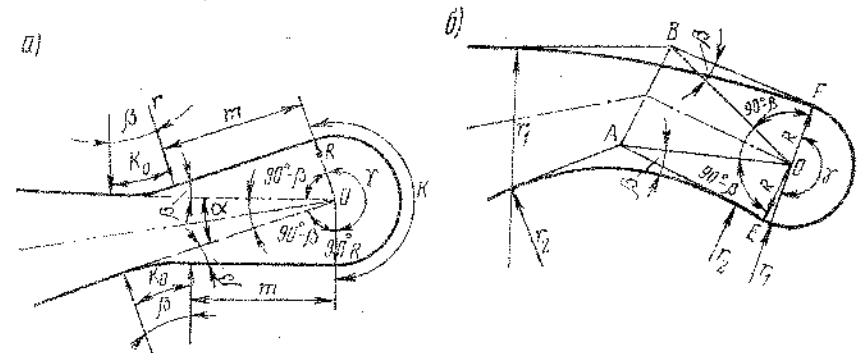


Рис. VIII.30. Серпантины:

а — симметричная первого рода; б — несимметричная первого рода

## Геометрические элементы серпантин

Элементы серпантин	Нормы проектирования серпантин при расчетной скорости движения, км/ч		
	30	20	15
Наименьший радиус основной кривой в плане, м	30	20	15
Поперечный уклон проезжей части на вираже, ‰	60	60	60
Длина переходной кривой, м	30	25	20
Уширение проезжей части, м	2,2	3,0	3,5
Наибольший продольный уклон в пределах серпантин, ‰	30	35	40

Расчет и разбивка элементов серпантин излагаются в литературе<sup>1</sup>.

Детальное проектирование серпантинных выполняется в процессе рабочего проектирования с всесторонним учетом местных условий, обеспечивающим наибольшую устойчивость земляного полотна и наименьшие объем и стоимость работ. Разбивку возможно выполнять либо в виде круговой кривой с переходными кривыми, либо в виде двух переходных кривых, сходящихся в середине.

## § VIII.16. ВИДИМОСТЬ ДОРОГИ В ПЛАНЕ И ПРОФИЛЕ

Для обеспечения безопасности и уверенности движения водитель автомобиля должен видеть перед собой дорогу и окружающую обстановку на некотором расстоянии, достаточном для того, чтобы затормозить автомобиль или объехать препятствие, находящееся на дороге. Расстояние видимости поверхности дороги, прилегающей местности или встречного автомобиля зависит от скорости движения.

Расчетные расстояния видимости в плане и профиле определяют исходя из условия расположения глаза водителя на высоте 1,2 м над поверхностью проезжей части и на расстоянии 1,5 м от кромки проезжей части (табл. VIII.21). Обеспечение видимости встречного автомобиля необходимо при отсутствии разделительной полосы.

Расстояния видимости в табл. VIII.21 определены из условия остановки автомобиля до препятствия и остановки двух движущихся навстречу автомобилей, поэтому их следует рассматривать как минимальные, так как для обеспечения

Таблица VIII.21

## Расчетные расстояния видимости

Расчетные скорости движения, км/ч	Видимость, м		Расчетные скорости движения, км/ч	Видимость, м	
	поверхности дороги	встречного автомобиля		поверхности дороги	встречного автомобиля
150	250	—	60	75	150
120	175	350	50	60	120
100	140	280	40	50	100
80	100	200	30	40	80

<sup>1</sup> Руководство по расчету и разбивке серпантин. Гушосдор. М., Дориздат, 1939. 127 с. (Переведено Совхозпроектком в 1960 г.)  
Митин Н. А. Серпантин. М., «Транспорт», 1972. 192 с.

печения движения смешанного потока автомобилей с обгонами необходимы большие значения.

При возможности попадания на проезжую часть людей или животных требуется обеспечить боковую видимость прилегающей на прямолинейных в плане участках к дороге полосы на расстоянии 25 м от кромки проезжей части для дорог I—III категорий и 15 м для дорог IV и V категорий. Расстояние боковой видимости определено из условия равенства времени остановки автомобиля и выхода пешехода на проезжую часть со скоростью 9 км/ч.

Особый случай представляет обеспечение видимости в зоне пересечений и примыканий в одном и разных уровнях, основные требования к которой представлены в гл. X.

Препятствием для видимости в плане на кривых может быть внутренний откос выемки или косогор, а также лес, кустарник, строения, расположенные с внутренней стороны кривой. На переломах продольного профиля видимость может быть не обеспечена из-за малой величины радиуса выпуклой кривой в продольном профиле, а также при освещении фарами ночью на вогнутых кривых в продольном профиле.

Расчетные расстояния видимости определяются по принимаемым схемам, основные из которых показаны на рис. VIII.31.

Схема 1. Автомобиль встречает препятствие на той же полосе движения (повреждение проезжей части), и нужна полная остановка. Расстояние видимости по этой схеме (см. § VIII.2)

$$S_0 = \frac{v}{3,6} + \frac{kv^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0. \quad (\text{VIII.57})$$

Схема 2. Автомобиль встречает другой автомобиль на той же полосе и оба должны затормозить, не доезжая друг до друга на расстояние  $l_0$ . При одинаковых скоростях и одном уклоне

$$S_0 = \frac{v}{1,8} + \frac{kv^2 \varphi}{127(\varphi^2 - i^2)} + l_0. \quad (\text{VIII.58})$$

Расстояние видимости по этой схеме в СНиП II-Д-5-72 округленно принимается в 2 раза больше, чем по первой схеме.

Схема 3. Автомобиль встречает на той же полосе встречный автомобиль. Один из автомобилей сворачивает и объезжает встречный автомобиль. Участок  $l_1 = l_2 = 2\sqrt{ar}$ , где  $a$  — расстояние между осями полос движения.

При равенстве скоростей встречных автомобилей

$$S_0 = \frac{v}{1,8} + 4\sqrt{ar} + l_0. \quad (\text{VIII.59})$$

Принятая схема несколько упрощена, так как в реальных условиях автомобиль движется по кривым переменного радиуса и траекториям длиннее принятых в расчете.

Схема 4. Автомобиль 1 обгоняет автомобиль 2 с выездом на соседнюю полосу движения, по которой движется встречный автомобиль 3. Водитель автомобиля 1 должен увидеть автомобиль 3 на таком расстоянии, чтобы до

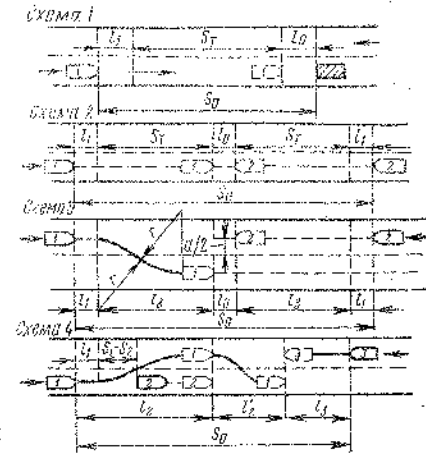


Рис. VIII.31. Расчетные схемы видимости



встречи с ним совершить обгон и вернуться на свою полосу движения. Эта схема действительна для дорог II-V категорий при отсутствии разделительной полосы.

Необходимое расстояние видимости

$$S_0 = \left[ \frac{v^2}{v_1 - v_2} + \frac{kv_1(v_1 - v_2)}{2g\varphi} + \left( \frac{kv^2}{2g\varphi} + l_0 \right) \frac{v_1}{v_1 - v_2} \right] \left( 1 + \frac{v_3}{v_1} \right). \quad (\text{VIII.60})$$

В ряде стран принята подобная схема из условия обгона, что значительно повышает безопасность движения и улучшает транспортно-эксплуатационные качества дорог.

При определении  $S_0$  по схемам 1-3 скорость принята в км/ч; по схеме 4 — в м/с.

### § VIII.17. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИДИМОСТИ В ПЛАНЕ

При проектировании дороги в плане должно быть обеспечено необходимое расстояние видимости. На участках кривых в плане ширину полос расчистки леса и кустарника, величину срезки откосов выемки и расстояние переноса строений определяют расчетом или по номограммам, а уровень срезки откосов выемки принимают одинаковым с уровнем бровки земляного полотна. Целесообразность принятых в проекте решений по обеспечению видимости подтверждают сопоставлением с вариантами без их выполнения — увеличение радиусов кривых или перенос трассы.

Условия видимости должны быть такие, чтобы при движении по кривой водитель автомобиля  $A$  (рис. VIII.32,  $a$ ) мог увидеть поверхность дороги или встречный автомобиль в точке  $B$ , причем расстояние от  $A$  до  $B$  по траектории движения должно равняться установленному для данной категории дороги расстоянию видимости. Луч зрения  $AB$  является границей площади, мешающих видимости. Если построить несколько таких лучей  $A$  и  $B$  для различных взаимных положений автомобиля и препятствия на кривой (1-1, 2-2, 3-3 и т. д.), то кривая, касательная ко всем этим лучам  $PQ$ , явится границей площади, на которой не должно быть препятствий (рис. VIII.32,  $b$ ).

Обозначим расстояние линии видимости от траектории движения в данном поперечном сечении  $z$ , а расстояние от траектории до линии препятствия  $z_0$ . При  $z_0 > z$  видимость обеспечена, а при  $z > z_0$  нужно устранить препятствия (лес, кустарник, строения, откосы выемки, крутой косогор, рис. VIII.33).

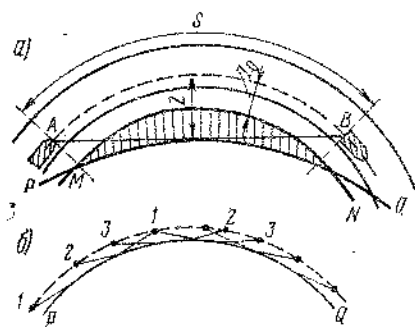


Рис. VIII.32. Обеспечение видимости на кривых:  
 $a$  — схема видимости;  $b$  — построение линий видимости

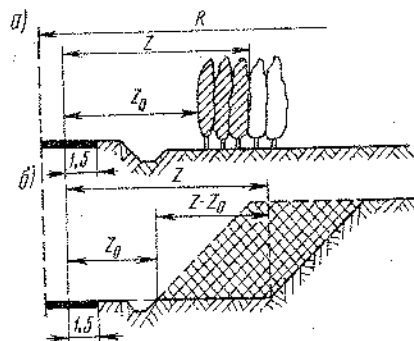


Рис. VIII.33. Схема удаления препятствий, мешающих видимости:  
 $a$  — срезка деревьев;  $b$  — срезка откосов

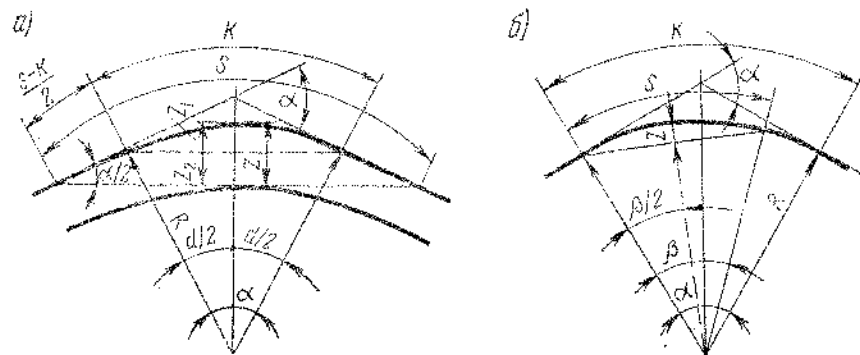


Рис. VIII.34. Схема расчета обеспечения видимости:  
 $a$  — при  $S > K$ ;  $b$  — при  $S < K$

При определении  $z$  на середине кривой могут быть два случая.

Первый случай: расстояние видимости  $S$  больше длины кривой  $K$  (рис. VIII.34,  $a$ ). Из чертежа  $z = z_1 + z_2$ , причем

$$z_1 = R \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad \text{и} \quad z_2 = \frac{S - K}{2} \sin \frac{\alpha}{2},$$

отсюда 
$$z = R \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{S - K}{2} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (\text{VIII.61})$$

Второй случай: расстояние видимости  $S$  меньше или равно длине кривой  $K$  (рис. VIII.34,  $b$ ).

Расстояние  $z = R \left( 1 - \cos \frac{\beta}{2} \right), \quad (\text{VIII.62})$

где  $\beta = \frac{S \cdot 180}{\pi R}$ , а при  $S = K$  угол  $\beta = \alpha$ .

Для построения линии видимости по всей длине кривой применяют графо-аналитический метод, заключающийся в определении необходимых величин срезки для ряда сечений дороги, и строят по ним обертывающую кривую.

Инж. В. И. Ксенодохов<sup>1</sup> разработал метод аналитического определения необходимого расстояния до линии видимости при устройстве переходных кривых и уширения проезжей части и предложил формулы и номограммы для определения срезки. Их использование особенно целесообразно на горных дорогах с большим количеством кривых малых радиусов, в скальных выемках и в застроенной местности.

Значительно ухудшается видимость на кривых в плане в ночное время. Фары автомобиля обычно освещают дорогу на расстоянии не более 100 м, а середина пучка света фар направлена по касательной к закруглению дороги (рис. VIII.35).

Лишь при больших радиусах кривых свет фар располагается в пределах дороги. Угол  $\beta$ , стягивающий дугу длиной  $S$ ,

$$\beta = \frac{180S}{\pi R}, \quad \text{причем} \quad \beta = 2\alpha.$$

<sup>1</sup> Расчет срезок для обеспечения видимости на автомобильных дорогах. Информационное письмо № 50/51. М., Дориздат, 1953. 28 с. (Гос. всесоюз. дор. науч.-исслед. ин-т).

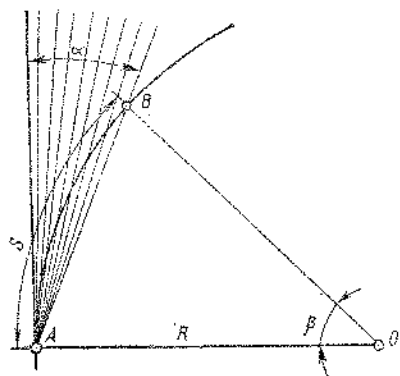


Рис. VIII.35. Расчет видимости на кривых при свете фар

Угол  $\alpha$  расхождения пучка света от фар равен примерно  $2^\circ$ .

Тогда

$$R = \frac{30S}{\alpha} = 15S. \quad (\text{VIII.63})$$

Отсюда видно, что для обеспечения видимости ночью на расстоянии 100 м радиус кривой в плане должен быть не менее 1500 м.

Для повышения безопасности движения ночью на внешней стороне устанавливают сигнальные столбики с катафотами.

### § VIII.16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИДИМОСТИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

На выпуклых переломах продольного профиля видимость ограничена (рис.

VIII.36). Ввиду малой величины угла перелома можно принимать тангенсы и синусы углов равными величине углов в радианах. Тогда

$$\omega_1 = l_1 - (-l_2) = l_1 + l_2. \quad (\text{VIII.64})$$

Для обеспечения видимости переломы продольного профиля смягчают введением кривых в продольном профиле. При этом улучшаются плавность и удобство движения. По нормам СНиП II-Д.5-72 кривые в продольном профиле должны устраиваться в местах выпуклых переломов проектной линии продольного профиля при алгебраической разности уклона  $5\%$  и более на дорогах I и II категорий,  $10\%$  и более на дорогах III категории и  $20\%$  и более на дорогах IV и V категорий.

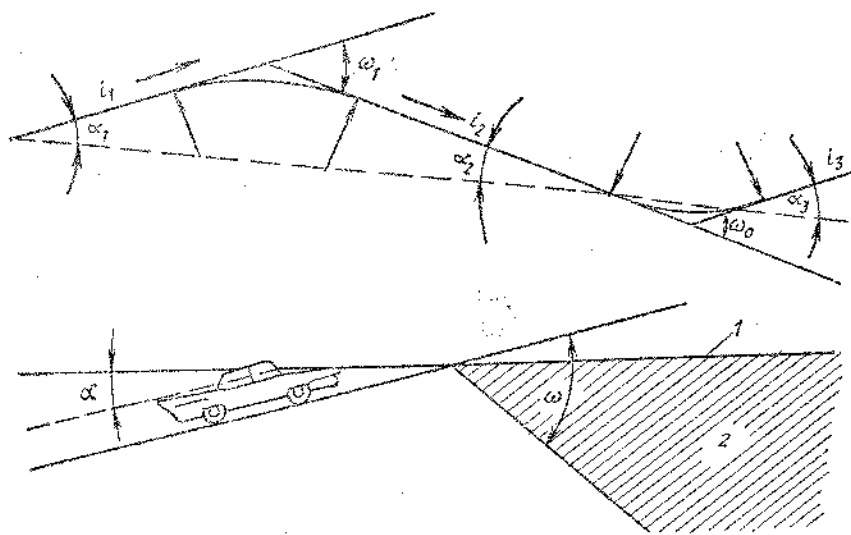


Рис. VIII.36. Схема видимости на выпуклых переломах продольного профиля: 1 — луч зрения водителя; 2 — зона отсутствия видимости

Радиус выпуклой кривой в продольном профиле и расстояние видимости связаны между собой зависимостью (рис. VII.37):

$$R = \frac{S^2}{2,4}. \quad (\text{VIII.65})$$

где  $S$  — половина расстояния видимости встречного автомобиля.

Наклонные прямые линии на рисунке соответствуют различным переломам продольного профиля, когда небольшой перелом и длина кривой меньше величины видимости. Например, при  $\omega = 0,010$  для обеспечения видимости  $S = 300$  м достаточно принять радиус в 24 000 м вместо 37 500 м, необходимого при переломе более 0,015.

Условия значительно ухудшаются при движении в ночное время. На выпуклых кривых свет фар направлен выше поверхности дороги, а на вогнутых кривых световой поток освещает дорогу только вблизи автомобиля (рис. VIII.38). Это обстоятельство следует учитывать при проектировании кривых в продольном профиле.

Минимальный радиус выпуклой кривой в продольном профиле определяют из условия видимости поверхности дороги (половины расстояния видимости встречного автомобиля):

$$R = \frac{S^2}{2d_1}. \quad (\text{VIII.66})$$

где  $d_1$  — высота дуга зрения водителя, принимаемая равной 1,2 м.

Минимальный радиус вогнутых вертикальных кривых рассчитывают из условия допустимой перегрузки рессор, чтобы центробежное ускорение не превышало  $0,5-0,7 \text{ м/с}^2$ . При величине ускорения  $0,5 \text{ м/с}^2$

$$R = \frac{v^2}{6,5}. \quad (\text{VIII.67})$$

По СНиП II-Д.5-72 радиусы кривых в продольном профиле не должны быть меньше приведенных в табл. VIII.22. Рекомендуемые СНиП величины радиусов выпуклых кривых — не менее 70 000 м определены из расчета обеспечения видимости при обгоне, а вогнутых — 8000 м, что обеспечивает видимость ночью на дорогах I категории.

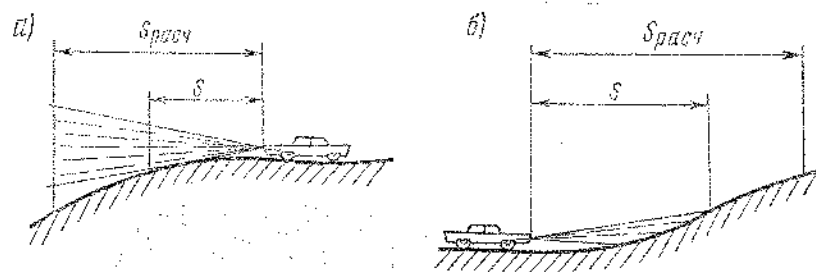


Рис. VIII.38. Схема видимости дороги ночью при свете фар:

a — на выпуклых кривых; б — на вогнутых кривых;  $S_{расч}$  — расчетная видимость;  $S$  — фактическая видимость

Радиусы вертикальных кривых

Расчетные скорости, км/ч	Наименьшие радиусы, м			Расчетные скорости, км/ч	Наименьшие радиусы, м		
	выпуклых кривых	вогнутых кривых	вогнутых кривых в исключительных случаях		выпуклых кривых	вогнутых кривых	вогнутых кривых в исключительных случаях
150	25 000	8 000	4 000	60	2 500	1 500	600
120	15 000	5 000	2 500	50	1 500	1 200	400
100	10 000	3 000	1 500	40	1 000	1 000	300
80	5 000	2 000	1 000	30	600	600	200

Проектирование продольного профиля выполняют либо по лекалам, либо с помощью таблиц. Для круговых кривых можно использовать упрощенные формулы (рис. VIII.39):

$$\text{длина кривой } K = R(i_1 - i_2) = 2T;$$

$$\text{тангенс кривой } T = \frac{R(i_2 - i_1)}{2};$$

$$\text{биссектриса кривой } B = \frac{T^2}{2R}, \text{ или } B = \frac{K^2}{8R}; \quad (\text{VIII.68})$$

ордината любой промежуточной точки кривой с абсциссой  $x$

$$y = \frac{x^2}{2R}.$$

§ VIII.19. МОСТЫ И ТРУБЫ

Расположение малых мостов в плане должно подчиняться, как правило, общему положению дороги. Отступления необходимо обосновывать технико-экономическими расчетами с учетом строительных, транспортных и дорожно-эксплуатационных расходов, а также безопасности движения.

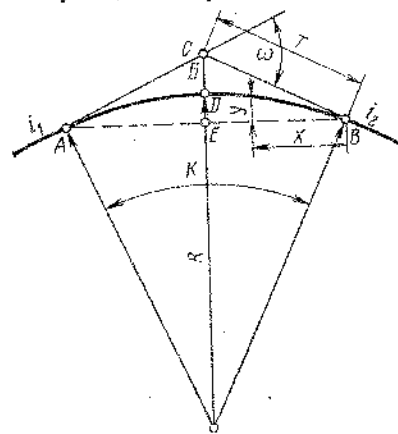


Рис. VIII.39. Элементы вертикальной кривой

Ширину проезды по мосту (габарит моста) обозначают буквой  $\Gamma$  и числом, соответствующим ширине проезжей части в метрах. На дорогах с разделительной полосой к числу добавляется ее ширина, обозначаемая буквой  $C$ . Ширину мостов и путепроводов автомобильных дорог принимают по табл. VIII.23 в зависимости от категории дороги, определенной на перспективу в 20 лет.

Ширину полос безопасности (предохранительных) при проектировании мостов протяжением более 100 м для дорог I—III категорий и более 50 м для дорог IV и V категорий, расположенных на расстояниях более 100 км от

Антоньев Н. М., Боровков Н. А., Бычков Н. Н., Фриц Ю. И. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах. М., «Транспорт», 1968. 206 с.

Ширина габарита мостов и путепроводов

Категория дороги	Число полос движения	Ширина проезжей части, м	Ширина полосы безопасности, м	Габарит $\Gamma$ , м	Ширина тротуаров, м
I	6	11,25 × 2	2,0	$\frac{13,25 + C + 13,25}{2 \times 15,25}$	1,5
II	4	7,5 × 2	2,0	$\frac{9,5 + C + 9,5}{2 \times 11,5}$	1,5
III	2	7,5	2,0	11,5	1,5
IV	2	7,0	1,5	10	1,0
V	2	6,0	1,0	8	1,0
	1	4,5	1,25	7	1,0

крупнейших городов и более 50 км от других городов, где расчетная интенсивность движения снижается в 2 раза и более по сравнению с пригородными участками дорог, допускается уменьшить на дорогах I—III категорий до 1 м и на дорогах IV категории до 0,75 м. При этом необходимо обеспечить четкую организацию движения с установкой знаков по режимам движения.

На участках кривых в плане габариты мостов назначают с уширениями, равными уширениям проезжей части дорог на кривых. Ширину многополосных тротуаров принимают кратной 0,75 м, а при отсутствии регулярного пешеходного движения (менее 200 пешеходов в сутки) предусматривают только служебные тротуары шириной 0,75 м.

Ширину земляного полотна при подходах к мостам на дорогах V категории, а также при устройстве многополосных тротуаров или специальных ограждений на дорогах I—IV категорий увеличивают с таким расчетом, чтобы ограждения на подходах к мостам находились в одном створе с перилами. Подходы с уширенным земляным полотном должны иметь длину не менее 10 м от начала и конца моста. Переход к уширенному земляному полотну следует предусматривать на участке длиной 15—25 м.

Возвышение низа пролетных строений путепроводов над проезжей частью автомобильных дорог, размещение опор путепроводов проектируемых через автомобильные дороги, а также габарит ширины путепроводов при наличии переходно-скоростных полос на них принимают в соответствии с указаниями настоящего Справочника (см. § X.3).

Подмостовые габариты судоходных пролетов мостов на судоходных и сплавных реках устанавливают в зависимости от класса внутреннего водного пути в соответствии с «Нормами проектирования подмостовых габаритов на судоходных и сплавных реках и основными требованиями к расположению мостов» (НСП 103—52). Класс реки устанавливается органами судоходства и лесосплава.

Ширину подмостового габарита  $B$  (рис. VIII.40) определяют на наименьшем межнем судоходном уровне воды, а высоты  $H$  и  $h$  отсчитывают от расчетного судоходного горизонта в соответствии с данными табл. VIII.24.

Многопролетный мост должен иметь, как правило, не менее двух судоходных пролетов, расположение которых должно совпадать с расположением судовых ходов. Устройство одного судоходного пролета допускается: в разводных, наплавных и временных мостах; в постоянных мостах в тех случаях,

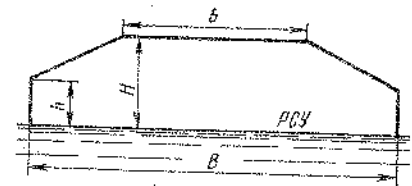


Рис. VIII.40. Схема подмостового габарита

## Подмостовые габариты

Класс внутренних водных путей	Высота габарита $H$ , м	Высота габарита $h$ , м		Ширина габарита $B$ , м			Ширина габарита $b$ , м	
		Мосты постоянные	Мосты временные	для пролета низового направления движения при наличии лесосплава	для пролета извального направления при наличии лесосплава и для обоих направлений движения при отсутствии или ограниченных размерах лесосплава			для пролетов обрешеченных временных мостов
I	$\geq 13,5$	$\geq 5,0$	—	$\geq 140$	$\geq 120$	—	Для водных путей I, II и III классов $b = \frac{2}{3} B$ , если колебания навигационных уровней не превышают 4 м. При колебаниях навигационных уровней свыше 4 м, а также для водных путей IV, V, VI и VII классов $b = \frac{1}{2} B$ .	
II	12,5	4,0	—	140	100	—		
III	10,0	3,5	—	120	80	—		
IV	10,0	2,5	1,5	80	60	50		
V	7,0	2,0	1,5	60	40	30		
VI	3,5	1,5	1,0	40	20	20		
VII	3,5	1,0	—	20	10	—		

Примечания. 1. По согласованию с Министерством речного флота допускается снижение высоты габарита  $H$ : на путях II класса до 10 м, на путях IV класса до 7 м.

2. По согласованию с Министерством речного флота и управлений по транспортному освоению малых рек при советах министров союзных республик и в зависимости от размера лесосплава допускается уменьшение ширины габарита  $B$  на путях VI класса до 20 м, а для деревянных мостов на путях VII класса до 9 м.

3. По согласованию с Министерством лесной промышленности на реках с меловым сплавом, относимых к водным путям VII класса, допускается уменьшение ширины  $B$  до 10 м, а для всех временных и постоянных мостов на водных путях VII класса, используемых только для мелового сплава, допускается снижение высоты габарита  $H$  до 1,5 м.

когда ширина реки на уровне межи недостаточна для размещения двух судходных пролетов. Если мост, сооружаемый на судходной реке при наличии лесосплава, имеет один судходный пролет, то размеры его габаритов должны приниматься как для пролета низового направления движения.

Возвышение низа конструкций пролетных строений над расчетным подпертым уровнем воды в несудходных и несплавных пролетах должно быть 0,5 м, а при наличии карчехода и на селевых потоках — 1 м (см. СНиП II-Д.7-62).

Трубы под насыпями во всех случаях независимо от категорий дорог проектируют на полную ширину земляного полотна с засыпкой (считая до верха дорожного покрытия) не менее 0,5 м.

Отверстия труб назначают не менее 1 м, а при длине свыше 20 м — не менее 1,25 м.

Допускается их уменьшать только на дорогах II—V категорий при длине не свыше 30 м до 1 м, при длине не свыше 15 м до 0,75 м и на съездах при длине свыше 15 м до 0,5 м.

Габариты путепроводов через железные дороги должны назначаться согласно ГОСТ 9238—73 «Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм».

В плане и продольном профиле тоннели проектируют согласно нормам проектирования для открытых участков дорог с соблюдением дополнительных требований, указанных ниже.

В случае необходимости применения кривых радиус их должен быть наибольшим, но не менее 250 м. Продольный уклон проезжей части принимают не менее 4‰ и не более 40‰. Тоннели длиной до 300 м проектируют с односторонним уклоном, а более 300 м разрешается проектировать как с односторонним, так и двусторонним уклоном.

Поперечное сечение и габарит приближения конструкций устанавливают в каждом отдельном случае проектным заданием в зависимости от категории дороги с учетом перспективы, вида транспорта, длины, необходимого оборудования и наличия тротуаров. Поперечное сечение тоннелей на кривых участках трассы следует уширять (см. табл. VIII.16).

Тоннели проектируют для двух полос движения, кроме дорог I категории. На дорогах I категории предпочтительнее два тоннеля для каждого направления движения. В трудных топографических условиях допускается на основе технико-экономического обоснования совмещение всех полос движения в одном тоннеле с устройством разделительной полосы шириной не менее 1,2 м.

В тоннелях предусматривают один тротуар шириной 1 м при размерах пешеходного движения до 1000 пешеходов в час, а при больших — два тротуара шириной 1 м каждый. В тоннелях длиной более 300 м устраивают камеры шириной 2 м, высотой 2,5 м и глубиной 2 м. Камеры размещают в шахматном порядке через 300 м.

Тоннели должны быть защищены от проникания в них поверхностных и подземных вод, в них также предусматривают устройства (лотки или трубы) для отвода воды к порталам, выпуска и сброса ее за пределы тоннеля. Дно лотков или труб в пределах горизонтальной разделительной площадки должно иметь уклон не менее 3‰, а при одностороннем продольном уклоне, как правило, следует исключить попадание воды в тоннель из верхней предпортальной выемки.

В районах с суровыми климатическими условиями необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению замерзания воды в дренажных устройствах и образования наледи на проезжей части.

В тоннелях длиной более 400 м устраивают искусственную вентиляцию, а при недостаточности проветривания также и при длине от 150 до 400 м. Скорость движения воздуха при вентилировании не должна быть более 6 м/с. Вентиляционные установки оборудуют устройствами, снижающими шум в тоннеле до 70 дБ.

В тоннелях длиной более 300 м предусматривают противопожарные средства (пожарный водопровод, огнетушители и т. д.) с учетом климатических условий расположения тоннеля.

Все тоннели должны иметь искусственное освещение. Освещенность на проезжей части должна быть не менее: в ночное время 10 лк, в дневное время в зависимости от расстояния от порталов: 0 м — 300 лк; 25 м — 175 лк; 50 м — 80 лк; 75 м — 40 лк; 100 м и более — 20 лк.

У порталов для регулирования движения устанавливают световые сигналы, управление которыми должно быть дистанционное из помещения дежурного, а при длине тоннелей более 1000 м устанавливают громкоговорители. При длине более 300 м необходимо иметь телефонную связь с помещением технического надзора. Телефонные аппараты располагают у обоих порталов, а также в тоннеле на расстоянии 120 м друг от друга.

В районах с сейсмичностью 7 баллов и более, а также в районах вечной мерзлоты тоннели проектируют с учетом действующих норм для этих районов.

При тяговых расчетах следует учитывать защищенность покрытия проезжей части от осадков (кроме входных участков) и повышенное сопротивление воздуха при длине тоннеля более 500 м. При длине 1 км сопротивление воздуха повышается примерно на 40% для грузовых и на 10% для легковых автомобилей.

В зависимости от рельефа местности и гидрогеологических условий проектную линию проводят, руководствуясь следующими основными положениями: в равнинной местности на участках свободной проектировки (т.е. при уклонах местности, меньших наибольшего проектного уклона), в заболоченных местах — по принципу обертывающей линии, в невысоких насыпях. Отметка насыпи принимается на 0,4—0,6 м выше поверхности снегового покрова (при расчетной вероятности превышения 5%). Низ дорожной одежды должен быть выше уровня грунтовых вод на 0,4—1,9 м в зависимости от места расположения дороги (дорожно-климатической зоны) и применяемых для возведения насыпи грунтов (см. СНиП II-Д.3-72, табл. 19);

в пересеченной местности проектная линия прокладывается по принципу секущей с примерным балансом земли для смежных участков насыпей и выемок. Следует избегать образования мокрых выемок (пересечения выемкой поверхности грунтовых вод) ввиду возможности оплыва откосов и необходимости применения дорогостоящих дренажных работ;

в горной местности, на крутых косогорах проектную линию желательно проводить так, чтобы земляное полотно оказывалось расположенным в полунасыпи-полувыемке с тем, чтобы избежать устройства подпорных стенок или уменьшить высоту насыпи. В сложных по рельефу местах положение проектной линии учитывается непосредственно при проведении трассы для выбора целесообразных инженерных решений (устройство тоннелей, галерей, пересечение горного ущелья, укладка трассы серпантинными). В этих случаях процессы трассирования и проведения проектной линии неотделимы один от другого.

Вне участка свободного проектирования проведение проектной линии на чертеже продольного профиля выполняется согласно с отметками «контрольных точек», в которых положение бровки земляного полотна фиксировано.

Контрольными точками являются: начальная и конечная точки трассы, а также высотные отметки вариантов трассы в местах их сопряжения; отметки проезжей части проектируемых и используемых мостов и путепроводов, отметки бровки земляного полотна над трубами; отметки головки рельса пересекаемых железных дорог; отметки оси существующих автомобильных дорог при их пересечении или совмещении с ними проектируемой дороги; отметки насыпи на подходах к мостам и пересечении заболоченных участков местности.

Между контрольными точками намечают вкратце положение проектной линии, соотносясь с рельефом, ситуацией, почвенно-грунтовыми и гидрологическими условиями местности. Предварительную прикидку положения проектной линии проще всего выполнять с помощью треугольника и линейки, пользуясь построенным в масштабе продольного профиля вспомогательным графиком с нанесенными на нем линиями различного уклона. Переломы проектной линии смягчаются вписыванием вертикальных кривых.

Работа существенно облегчается при наличии лекал (шаблонов), вырабатываемых в масштабе чертежа продольного профиля дуги вертикальных кривых различных радиусов. Пользование шаблонами предполагает тщательно выполненный чертеж продольного профиля и аккуратное ведение графической работы. Нижний обрез шаблона при наложении его на чертеж должен быть строго горизонтален, касательные в местах сопряжения смежных кривых должны совпадать; при переходе на прямолинейный участок проектной линии касательная должна точно соответствовать его направлению.

После нанесения вертикальной кривой на чертеж по шаблону на продольном профиле отмечают: пикетаж и высотные отметки начала и конца кривой, уклоны проектной линии в этих точках, положение (пикетаж) и высотную отметку нулевой точки кривой (точка кривой, в которой касательная горизонтальна). Эти данные проверяют и уточняют с помощью таблиц или аналитически по расчетным формулам. После увязки положения и высотных отметок всех связанных точек вычисляют отметки промежуточных точек на прямолинейных и криволинейных участках проектной линии.

Разбивка вертикальной кривой радиусом  $R = 10\,000$  м может быть выполнена по табл. VIII.25.

Таблица для разбивки вертикальной кривой радиуса  $R = 10\,000$  м

$L, м$	$h, м$	$I, \%$	$L, м$	$h, м$	$I, \%$	$L, м$	$h, м$	$I, \%$
0	0,0	0	260	3,38	26,0	515	13,27	51,6
5	0,0	0,05	265	3,51	26,5	519	13,48	52,0
10	0,01	1,0	270	3,65	27,0	520	13,53	52,1
15	0,01	1,5	275	3,78	27,5	525	13,79	52,6
20	0,02	2,0	280	3,92	28,0	530	14,05	53,1
25	0,03	2,5	285	4,06	28,5	535	14,32	53,6
30	0,04	3,0	290	4,20	29,0	539	14,54	54,0
35	0,06	3,5	295	4,35	29,5	540	14,59	54,1
40	0,08	4,0	300	4,50	30,0	545	14,86	54,6
45	0,10	4,5	305	4,65	30,5	550	15,14	55,1
50	0,13	5,0	310	4,81	31,0	555	15,41	55,6
55	0,15	5,5	315	4,96	31,5	559	15,64	56,0
60	0,18	6,0	320	5,12	32,0	560	15,69	56,1
65	0,21	6,5	325	5,28	32,5	565	15,97	56,6
70	0,25	7,0	330	5,45	33,0	570	16,26	57,1
75	0,28	7,5	335	5,61	33,5	575	16,55	57,6
80	0,32	8,0	340	5,78	34,0	579	16,78	58,0
85	0,36	8,5	345	5,95	34,5	580	16,83	58,1
90	0,41	9,0	350	6,13	35,0	585	17,13	58,6
95	0,45	9,5	355	6,30	35,5	590	17,42	59,1
100	0,50	10,0	360	6,48	36,0	595	17,72	59,6
105	0,55	10,5	365	6,66	36,5	599	17,96	60,0
110	0,61	11,0	370	6,85	37,0	600	18,02	60,1
115	0,66	11,5	375	7,03	37,5	605	18,32	60,6
120	0,72	12,0	380	7,22	38,0	610	18,62	61,1
125	0,78	12,5	385	7,41	38,5	615	18,93	61,6
130	0,84	13,0	390	7,61	39,0	619	19,18	62,0
135	0,91	13,5	395	7,80	39,5	620	19,24	62,1
140	0,98	14,0	400	8,00	40,0	625	19,55	62,6
145	1,05	14,5	405	8,20	40,5	630	19,86	63,1
150	1,12	15,0	410	8,41	41,0	635	20,18	63,6
155	1,20	15,5	415	8,62	41,5	639	20,44	64,0
160	1,28	16,0	420	8,82	42,0	640	20,50	64,1
165	1,36	16,5	425	9,04	42,5	645	20,82	64,6
170	1,44	17,0	430	9,25	43,0	650	21,15	65,1
175	1,53	17,5	435	9,46	43,5	655	21,47	65,6
180	1,62	18,0	440	9,68	44,0	659	21,74	66,0
185	1,71	18,5	445	9,91	44,5	660	21,80	66,1
190	1,81	19,0	450	10,13	45,0	665	22,14	66,6
195	1,90	19,5	455	10,36	45,5	670	22,47	67,1
200	2,00	20,0	460	10,58	46,0	675	22,81	67,6
205	2,10	20,5	465	10,82	46,5	678	23,01	68,0
210	2,20	21,0	470	11,05	47,0	680	23,15	68,2
215	2,31	21,5	475	11,29	47,5	685	23,49	68,7
220	2,42	22,0	480	11,53	48,0	690	23,83	69,2
225	2,53	22,5	485	11,77	48,5	695	24,18	69,7
230	2,64	23,0	490	12,01	49,0	698	24,39	70,0
235	2,76	23,5	495	12,26	49,5	700	24,53	70,2
240	2,88	24,0	499	12,46	50,0	705	24,88	70,7
245	3,00	24,5	500	12,51	50,1	710	25,24	71,2
250	3,13	25,0	505	12,76	50,6	715	25,60	71,7
255	3,25	25,5	510	13,01	51,1	718	25,81	72,0

<i>l</i> , м	<i>h</i> , м	<i>i</i> , ‰	<i>l</i> , м	<i>h</i> , м	<i>i</i> , ‰	<i>l</i> , м	<i>h</i> , м	<i>i</i> , ‰
720	25,95	72,2	750	28,16	75,2	778	30,31	78,0
725	26,32	72,7	755	28,54	75,7	780	30,47	78,2
730	26,68	73,2	758	28,77	76,0	785	30,86	78,7
735	27,05	73,7	760	28,92	76,2	790	31,25	79,2
738	27,27	74,0	765	29,31	76,7	795	31,65	79,7
740	27,42	74,2	770	29,69	77,2	797	31,81	80,0
745	27,79	74,7	775	30,08	77,7	800	32,04	80,3

Абсциссы *l* отсчитывают через 5 м по горизонтальной оси, проведенной от нулевой точки кривой, которую принимают за начало координат; ординаты *h* берут по вертикали от данной точки до этой оси. В третьей графе даны уклоны *i* касательной к кривой от 0 до 80‰. Для кривой другого радиуса *R* можно использовать ту же таблицу, умножая значения *l* и *h* на отношение радиусом *R*: 10 000.

При разбивке вертикальных кривых в продольном профиле известными величинами обычно являются положение (пикетаж) начальной (или конечной) точки *N* кривой, радиус кривой *R* и уклон *i* касательной в этой точке.

По таблицам по значению *R* и *i* определяют координаты *l*<sub>0</sub> и *h*<sub>0</sub> нулевой точки (начало координат), после чего с помощью тех же таблиц вычисляют пикетаж и высотную отметку любой точки *M* кривой (рис. VIII.41, а).

При отсутствии таблиц значения *l* и *h* легко могут быть определены расчетом по формулам:

$$l = Ri; \quad h = \frac{li}{2}; \quad K = R(i_1 + i_2). \quad (VIII.69)$$

где *K* — длина вертикальной кривой радиуса *R*. Остальные обозначения указаны на рис. VIII.41, а.

Эти формулы находят широкое применение на практике. Они основаны на допущении, что для малых углов наклона  $\alpha$  (см. рис. VIII.41, б) при больших значениях радиуса *R* длины касательной *S*<sub>1</sub>, дуги *S*<sub>2</sub> и хорды *S*<sub>3</sub> примерно равны. Отсюда  $i \approx \alpha$ . На основе этих равенств и получены расчетные формулы (VIII.69).

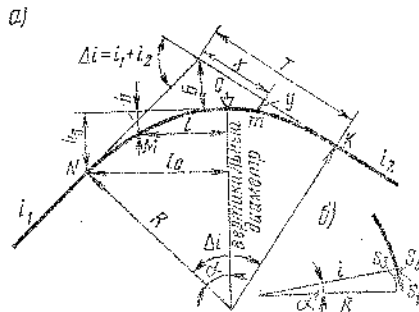


Рис. VIII.41. Различные способы разбивки вертикальных кривых

Графо-аналитическое построение проектной линии является наиболее простым и удобным, но требует наличия комплекта лекал у проектировщика. Поэтому и до настоящего времени широко применяют построение ломаной проектной линии, состоящей из отрезков прямых, в переломах которой затем вписывают вертикальные кривые.

Проектные и рабочие отметки вычисляют в этом случае по назначенным уклонам ломаной линии, внося в рабочие отметки поправки на участках размещения вертикальных кривых. При этом первоначально вычисленные рабочие отметки заключают в скобки, а над ними

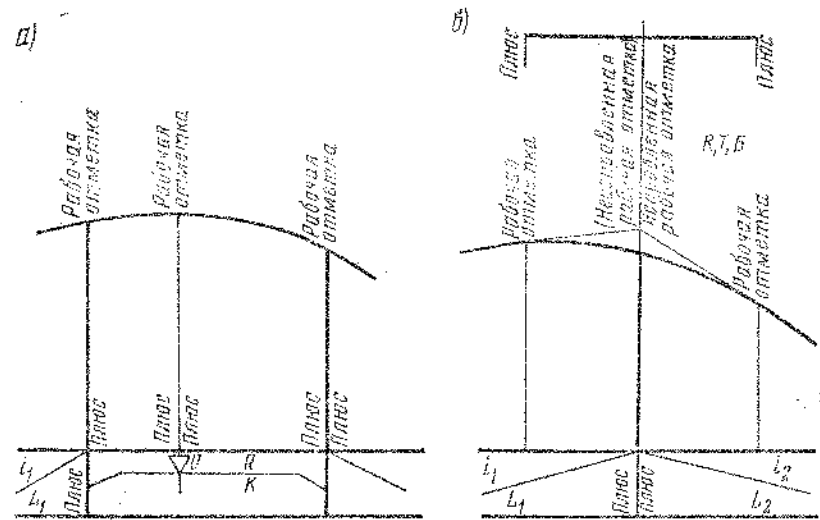


Рис. VIII.42. Схема оформления продольного профиля на участках проектирования вертикальных кривых:

а — по лекалам; б — по тангенсам

выписывают исправленные отметки. Этот метод построения проектной линии обычно называют методом тангенсов.

Разбивку вертикальных кривых при проектировании продольного профиля методом тангенсов начинают с определения положения (пикетажа) вершины вертикального угла как точки пересечения прямых линий, имеющих уклоны *i*<sub>1</sub> и *i*<sub>2</sub>.

Зная длину кривой и тангенса [см. формулы (VIII.69)], вычисляют пикетаж начальной (конечной) точки кривой. Принимая ее за начало прямоугольных координат с осью, совпадающей с направлением тангенса, определяют для любой точки *m* кривой абсциссу *x* и ординату  $y = \frac{x^2}{2R}$ , которая и является поправкой для вычисления исправленной рабочей отметки (см. рис. VIII.41, а). Величину эксцентрисы *B* вычисляют по формуле  $B = T^2/2R$ .

Оформление чертежа при проектировании продольного профиля с применением лекал и по методу тангенсов схематически представлено на рис. VIII.42.

От метода тангенсов легко перейти на стандартный метод проектирования с непосредственным вписыванием на чертеж продольного профиля высотных отметок вертикальных кривых. Для этого, наметив положение проектной линии по ломаной и установив пикетаж точек перелома, а также положение и высотные отметки начала (конца) вертикальных кривых, определяют координаты нулевой точки кривой с помощью таблиц или по формулам:

$$l_0 = Ri; \quad h_0 = \frac{l_0^2}{2R}. \quad (VIII.70)$$

Зная положение и высотную отметку нулевой точки, устанавливают (по таблицам или по расчетным формулам) положение и высотные отметки промежуточных точек вертикальной кривой с оформлением чертежа по стандарту. Нулевая точка совпадает с серединой вертикальной кривой, если сопрягаются прямолинейные участки продольного профиля с одинаковым уклоном. Если уклоны различны, то нулевая точка будет ближе к тому концу кривой, где касательная имеет меньший уклон.

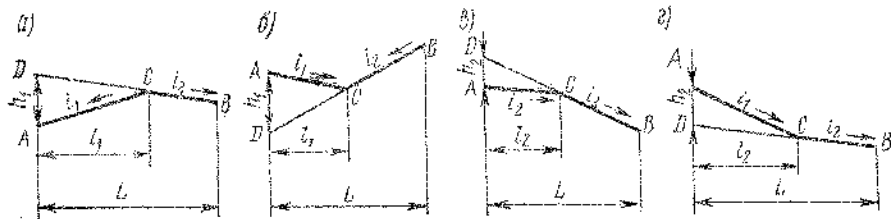


Рис. VIII.43. Схемы определения положения вершины вертикального угла

В процессе проектирования продольного профиля приходится решать ряд геометрических задач. Ниже приведены примеры таких решений

Задача 1. Определить положение (шикстаж) вершины вертикального угла.

На рис. VIII.43 представлены возможные случаи сопряжения продольных уклонов проектной линии: встречных (см. рис. VIII.43, а, б) и попутных (рис. VIII.43, в, г). Высотные отметки конечных точек A и B участка проектной линии, а также расстояние L между ними известны. По данному уклону вычисляют высотную отметку точки D и длину отрезка  $h_1$  ( $h_2$ ). Расчетные формулы для определения расстояния  $l_1$  ( $l_2$ ) от вершины угла до начальной вертикали имеют вид:

$$l_1 = \frac{h_1}{i_1 + i_2} \quad (\text{см. рис. VIII.42, а, б}); \quad l_2 = \frac{h_2}{i_1 - i_2} \quad (\text{см. рис. VIII.42, в, г}). \quad (\text{VIII.71})$$

Задача на определение координат точки пересечения прямых линий, имеющих разные уклоны, в дорожном проектировании встречается довольно часто, например при расчете съездов с путепроводов, при определении места выхода дна углубленного ковета на поверхность земли, при расчетах искусственных русел и в аналогичных случаях.

Задача 2. Определить местоположение точек перехода из насыпи в выемку.

Встречаются два случая пересечения проектной линией линии поверхности земли.

1. Для участков с постоянными продольными уклонами дороги и местности положение точки перехода определяется по формуле, выведенной применительно к расчетной схеме, представленной на рис. VIII.44, а:

$$x_{\text{лев}} = l \frac{h_{\text{лев}}}{h_{\text{лев}} + h_{\text{прав}}} \quad (\text{VIII.72})$$

2. Для участков проектной линии, расположенных на вертикальной кривой (рис. VIII.44, б), расчетная формула может быть получена из следующих соображений.

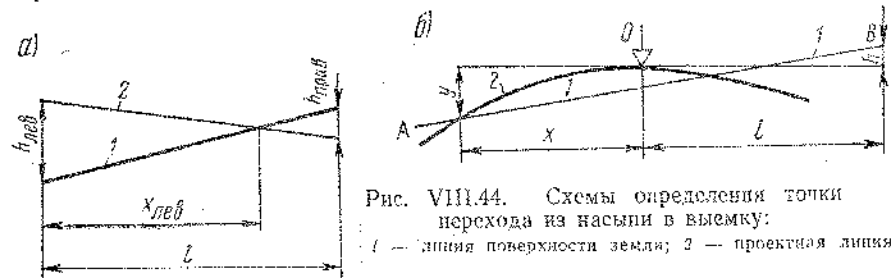


Рис. VIII.44. Схемы определения точки перехода из насыпи в выемку:

1 — линия поверхности земли; 2 — проектная линия

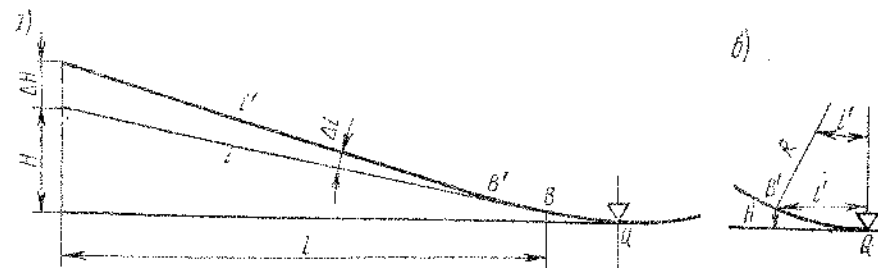


Рис. VIII.45. Схема к увязке проектных отметок продольного профиля

Уравнение прямой AB (черная линия продольного профиля) согласно обозначениям на рис. VIII.44, б имеет вид:

$$(x + l)j = y + h, \quad (\text{VIII.73})$$

где  $j$  — уклон местности (черной линии).

Уравнение вертикальной кривой, принимаемой за параболу, в той же системе координат:

$$x^2 = 2Ry. \quad (\text{VIII.74})$$

Решая эти два уравнения совместно, получим:

$$x = Rj \pm \sqrt{R^2 j^2 + 2R(ij - h)}. \quad (\text{VIII.75})$$

Если место пересечения находится влево от нулевой точки вертикальной кривой, то  $ij < h$  и второй член под знаком корня надо взять отрицательным.

Задача 3. Увязать проектные отметки в месте сопряжения смежных участков продольного профиля при встречном проектировании.

Такая задача возникает, когда проектирование ведется от противоположных концов участка профиля, в которых высотные отметки фиксированы.

Пусть невязка в высотных отметках точки, общей для сопрягаемых участков профиля, будет  $\Delta H$  (рис. VIII.45, а). Увеличение проектной отметки на  $\Delta H$  вызовет увеличение уклона  $i$  прямолинейного участка продольного профиля на  $\Delta i = \Delta H/l$  и смещение начальной точки B вертикальной кривой в точку B'. Координаты этой точки определяются по формулам (рис. VIII.45, б):

$$l' = Ri' \quad \text{и} \quad h' = R \frac{(i')^2}{2}, \quad (\text{VIII.76})$$

где  $i' = i + \Delta i$ .

Нередко при увязке проектных отметок указанным способом приходится вычислять значение уклона  $i'$  до четвертого десятичного знака.

Задача 4. Провести проектную линию между двумя вертикальными кривыми, совместив ее с общей касательной к этим кривым (рис. VIII.46).

Помимо графического приема решения (с помощью лекал), можно применить и аналитический метод, при котором необходимые данные для построения продольного профиля (уклон касательной, положение и высотные отметки точек касания) определяют по расчетным формулам. Обычно их выводят из уравнений, получаемых проектированием данного участка продольного профиля на горизонтальную и вертикальную оси координат. При сопряжении выпуклой и вогнутой вертикальных кривых общей касательной  $l$ , имеющей уклон  $i$

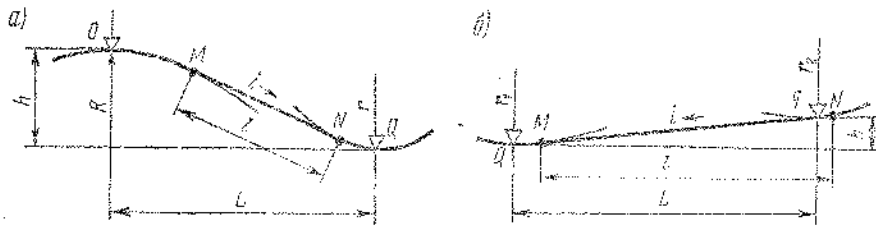


Рис. VIII.46. Схема проведения общей касательной к двум кривым

(рис. VIII.46, а), проектирование линии  $O, Q$  на горизонтальную ось приводит к равенству

$$Rl + l + rl = L. \quad (\text{VIII.77})$$

Проектирование на вертикальную ось позволяет записать

$$\frac{Rl^2}{2} + ll + \frac{rl^2}{2} = h. \quad (\text{VIII.78})$$

Решая эти уравнения совместно относительно  $l$ , находят

$$l = \frac{L - \sqrt{L^2 - 4Ah}}{2A}, \quad (\text{VIII.79})$$

где  $A = \frac{R+r}{2}$ .

Зная уклон касательной  $i$ , по таблицам (или формулам) определяют положение и высотные отметки точек касания  $M$  и  $N$  и длину касательной  $l$ . Применяя аналогичный метод для сопряжения общей касательной смежных вогнутых вертикальных кривых (рис. VIII.46, б), получают два уравнения:

$$\left. \begin{aligned} r_1 l + l - r_2 l &= L; \\ \frac{r_1 l^2}{2} + ll - \frac{r_2 l^2}{2} &= h. \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.80})$$

Решая эти уравнения, получают

$$l = \frac{L - \sqrt{L^2 - 4Bh}}{2B}, \quad (\text{VIII.81})$$

где  $B = \frac{r_1 - r_2}{2}$  при  $B = 0$ ,  $i = h/L$  и  $l = L$ .

Задача 5. Запроектировать из точки  $A$  прямолинейный участок продольного профиля, совместив его с касательной к вертикальной кривой радиуса  $r$  (рис. VIII.47).

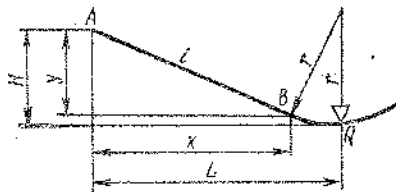


Рис. VIII.47. Схема проведения касательной к вертикальной кривой

Проектируя линию  $ABQ$  на горизонтальную и вертикальную оси координат, получим два уравнения:

$$L = x + rl; \quad (\text{VIII.82})$$

$$H = y + \frac{rl^2}{2},$$

где  $i = y/x$ .

Решая совместно эти уравнения, находим:

$$\begin{aligned} x &= \sqrt{L^2 - 2rH}; \\ y &= \frac{Lx - x^2}{r}. \end{aligned} \quad (\text{VIII.83})$$

Определив уклон прямолинейного участка продольного профиля  $i = y/x$ , уточняют значение  $H$  и выписывают полученные по расчету данные на продольный профиль.

## § VIII.22. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА ЭВМ

Все существующие программы проектирования продольного профиля можно подразделить на два класса:

расчетные программы, для которых исходными данными служат сведения о величине и положении элементов продольного профиля, однозначно определяющие положение проектной линии продольного профиля, получаемые в результате графического проектирования продольного профиля;

программы поиска оптимальной проектной линии продольного профиля по какому-либо критерию оптимальности (объем земляных работ, строительная стоимость и т. д.) при соблюдении требований технических условий.

Расчетные программы. Наиболее распространен в отечественной практике проектирования метод опорных точек, предложенный канд. техн. наук. К. А. Хавкиным и усовершенствованный в Союздорпроекте.

Проектирование продольного профиля осуществляют следующим образом: на продольном профиле рельефа местности с помощью шаблонов параболических кривых графически наносят проектную линию, состоящую из параболических кривых и прямых с учетом требований, изложенных в § VIII.21; на основании графического проектирования продольного профиля составляют исходные данные для расчета на ЭВМ. При проектировании используют несколько программ для различных ЭВМ, реализующих метод опорных точек.

Ниже приведено краткое описание программ, разработанных в Союздорпроекте, для ЭВМ «Наири-2» и ЕС-1020 (см. гл. VII).

Первый элемент рассчитываемого участка должен быть обязательно фиксированным. По нему дополнительно задают следующие исходные данные: начальное пикетажное положение рассчитываемого участка; отметка начала участка; начальный уклон. Второй, четвертый и т. д., т. е. все четные элементы участка, задают как свободные. Третий, пятый и т. д., т. е. все нечетные элементы участка, задают как фиксированные.

По фиксированным параболическим элементам задают: пикетажное положение, отметку и уклон любой точки элемента; радиусы кривых (для выпуклых кривых со знаком минус, для вогнутых со знаком плюс). По свободным параболическим кривым задают радиусы кривых с соответствующими знаками.

По фиксированным прямым задают либо пикетажное положение и отметки двух точек на прямой, либо пикетажное положение и отметку одной точки на прямой и уклон линии (для подъемов со знаком плюс, для спуска со знаком минус). По свободным прямым задают только признак наличия свободной прямой. Продольный профиль рельефа местности задают отметками точек земли и расстояниями между ними.

В результате счета на печать выдаются следующие данные по аналитически увязанной проектной линии: уклоны прямых вставок и уклоны в точках стыка вертикальных кривых, сопрягающихся без прямых вставок; отметки и пикетажные положения начальных и конечных точек элементов; длины прямых и вертикальных кривых; проектные и рабочие отметки пикетных и плюсовых точек.

Изложенные программы могут работать как в автономном режиме, так и совместно с соответствующими программами для подсчета объемов земляных и укрепительных работ. В свою очередь, программы подсчета объемов работ также могут работать автономно. В этом случае дополнительно вводится массив рабочих отметок и расстояний между пикетными и плюсовыми точками.



Исходными данными для программы подсчета объема земляных работ являются геометрические параметры типовых поперечных профилей земляного полотна в зависимости от рабочих отметок, а при необходимости параметры индивидуальных поперечных профилей по участкам.

Программы позволяют определять объемы работ для равнинной и пересеченной местности. Недостатком этих программ является то, что они не позволяют пока определять объемы земляных работ в выемках дифференцированно по видам грунтов.

Применяются несколько способов подсчета объемов земляных работ. Наиболее точные результаты в случае сложной конфигурации поперечных сечений получаются при определении объемов по формуле Симисона.

Программы проектирования оптимального продольного профиля. Поиск оптимальной проектной линии продольного профиля является сложной условно-экстремальной задачей. Предложено несколько методов решения данной задачи.

В КАДИ под руководством канд. техн. наук К. А. Хавкина разработана программа, в основу которой положен метод последовательного анализа вариантов, основанный на идеях теории динамического программирования (метод последовательного анализа вариантов разработан в Институте кибернетики АН УССР). Предполагается поэтапное нахождение оптимального положения проектной линии. На первом этапе минимизируется стоимость земляных работ в заданной зоне варьирования проектной линии. При этом отсутствует возможность учета геологической структуры в выемках, а распределение земляных масс учитывается косвенно, посредством введения поправочных коэффициентов, определяемых заранее.

На втором этапе осуществляется поиск оптимальной линии с учетом транспортной составляющей критерия оптимальности, определяемой на основании построения моделей скоростей движения автомобиля расчетного типа.

В 1968 г. в Киевском филиале Союздорпроекта для проектирования оптимального продольного профиля предложен метод граничных итераций. Этот метод реализован в программах для ЭВМ БЭСМ-4 и «Напри-2». В качестве критерия оптимальности принята строительная стоимость земляных работ. Программой отыскивается ломаная линия с постоянным шагом (20 м), которая имеет минимальное квадратичное отклонение от линии модели с ограниченными уклонами звеньев и разлостями уклонов.

На основании анализа полученной линии осуществляется коррекция непредельных элементов трассы, т.е. ликвидация непредельных уклонов и кривизн с целью сокращения объемов земляных работ. Программой предусмотрена возможность осуществления коррекции проектной линии на участках малых насыпей и малых выемок, а также из условия допустимой длины вертикальных кривых одного знака.

Быстрое развитие вычислительной техники позволило применять для проектирования продольного профиля обоснованные методы математического программирования. Лабораторией автоматизации проектно-исследовательских работ ЦНИИС предложены математические модели критерия оптимальности и ограничений для различных этапов и условий проектирования, что позволило представить поиск оптимальной проектной линии продольного профиля как задачу квадратичного программирования с ограничениями. Для решения данной задачи разработаны программы, реализующие различные методы математического программирования.

Методика, предложенная ЦНИИС, позволяет определять положение проектной линии с учетом сложной геологической структуры выемок, распределения земляных масс и стоимости искусственных сооружений.

Экспериментальные исследования показали большую эффективность применения программ проектирования оптимального продольного профиля. Однако упомянутые в данном параграфе программы не учитывают полного комплекса требований, предъявляемых к продольному профилю (например, эстетические, снегозаносимость и т.п.), и поэтому получаемые по ним решения должны рассматриваться как рекомендации инженеру, за которым остается обязанность принятия окончательного решения.

Скорость движения является одним из основных показателей при технико-экономическом сравнении запроектированных вариантов автомобильной дороги.

Среди методов расчета скорости движения автомобиля наибольшее применение получил метод канд. техн. наук А. Е. Бельского, позволяющий определять скорость движения в любой точке продольного профиля дороги как на прямолинейных его участках, так и на вертикальных кривых. Наличие вспомогательных таблиц для различных типов автомобилей существенно облегчает расчет.

Решая дифференциальное уравнение движения автомобиля с учетом инерционных сил, А. Е. Бельский пришел к формуле, определяющей величину скорости в произвольной точке вертикальной кривой:

$$v = \sqrt{(v_0^2 \pm z) e^{-2ax} \pm mx \pm z}, \quad (\text{VIII.84})$$

где  $v_0$  — скорость движения автомобиля в начальной точке вертикальной кривой (т.е. в начале координат, при  $x=0$ ), м/с;  $e$  — основание натуральных логарифмов;  $x$  — расстояние от начала координат до точки вертикальной кривой, в которой определяется скорость (берется по ниветажу продольного профиля);  $n$ ,  $m$ ,  $z$  — параметры, величина которых определяется из зависимостей:

$$n = \frac{bg}{\delta G}; \quad m = \frac{G}{br}; \quad z = \frac{m}{2r} \pm L; \quad (\text{VIII.85})$$

$$L = \frac{1}{b} \{a - G(f \pm i_0)\}, \quad (\text{VIII.86})$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\delta$  — коэффициент учета влияния вращающихся масс при движении автомобиля;  $G$  — вес автомобиля, кгс;  $r$  — радиус вертикальной кривой, м;  $a$ ,  $b$  — постоянные величины, характеризующие расчетный тип автомобиля;  $L$  — параметр, зависящий от величины начального уклона;  $f$  — коэффициент сопротивления качению (при составлении таблиц принято  $f=0,02$ );  $i_0$  — уклон касательной к вертикальной кривой в начале координат (или уклон прямолинейного участка проектной линии).

В этих формулах верхние знаки принимают для выпуклых и нижние для вогнутых вертикальных кривых. Начальный уклон считается положительным для подъемов (слагающая силы тяжести автомобиля в начале координат направлена в сторону, противоположную движению) и отрицательным для спусков.

При движении автомобиля по прямолинейному участку проектной линии ( $r=\infty; m=0$ ) расчетная формула приобретает вид

$$v = \sqrt{(v_0^2 - L) e^{-2ax} + L}. \quad (\text{VIII.87})$$

Значения параметров, входящих в приведенные формулы, различно для различных типов автомобилей и включаемых при движении передач.

Имеется несколько программ определения скоростей движения автомобилей, разработанных для различных ЭВМ и основанных на различных методиках. Широко распространение получила программа для ЭВМ «Напри-2», разработанная в Союздорпроекте. В основу программы положена методика канд. техн. наук А. Е. Бельского. По данной программе рассчитывают максимальные скорости одиночных автомобилей, идущих с полной нагрузкой, определенной из условия полного использования мощности двигателя.

Исходными данными для расчета являются ниветажное положение и уклон в начальной точке, а также радиус кривизны для каждого элемента продольного профиля; начальная скорость в прямом и обратном направлениях

<sup>1</sup> Бельский А. Е. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах. М., «Транспорт», 1966.

для каждой марки автомобиля; пикетажное положение начала и конца кривых в плане, а также их радиусы.

Результатом расчета являются скорости движения автомобиля по участкам с интервалом 20 м в прямом и обратном направлениях (с ограничением или без ограничений) и время хода в прямом и обратном направлениях для каждой марки автомобиля (см. § VI.3).

## Глава IX

### ЛАНДШАФТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### § IX.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ландшафтным проектированием называют проложение дорог на местности, обеспечивающее плавность сопряжения между собой элементов трассы и гармоничное сочетание дороги с окружающим ландшафтом. При этом к элементам дорожного ландшафта относят формы рельефа местности, растительный покров, водные и заболоченные поверхности, а также возникшие в результате деятельности человека сельскохозяйственные угодья, лесные разработки и горные выработки, населенные пункты и промышленные предприятия. Цель ландшафтного проектирования — создание трассы дороги, которая обеспечивает удобство и безопасность движения, не утомительна для водителей и пассажиров, способствует сохранению цельности и живости ландшафта.

Современная дорога является местом работы и отдыха многих тысяч людей и должна удовлетворять не только техническим, но и эстетическим требованиям. Установлено, что дорога с пространственно плавной трассой, хорошо сочетающаяся с ландшафтом, менее утомительна для водителей, обеспечивает экономичность перевозок. Движение по ней сопряжено с меньшим риском дорожных происшествий.

Ландшафтное проектирование дорог в наибольшей степени обеспечивает возможность выполнения требований, вытекающих из принятых правительствами РСФСР и союзных республик законов об охране природы и о землепользовании. Оно позволяет прокладывать дороги, не только не нарушая сложившихся природных ландшафтов, но и способствуя их украшению и повышению плодородия почвы. Ландшафтное проектирование дорог, как правило, приводит к снижению строительной стоимости за счет уменьшения объемов земляных работ. Для дорог I категории это достигается ступенчатым расположением земляного полотна на косогорных участках, для дорог более низких категорий — снижением рабочих отметок в результате огибания трассой форм рельефа.

Удовлетворение эстетическим критериям при ландшафтном проектировании не является самоцелью, оно способствует прежде всего наилучшему обеспечению функциональных требований к дороге.

Не следует считать, что обязательность соблюдения принципов ландшафтного проектирования относится только к проектированию новых дорог высших категорий. При интенсивной автомобилизации страны и быстром росте грузопотоков на дорогах необходимо уже при строительстве новой дороги предвидеть пути ее последующей реконструкции. Опыт показывает, что полоса местности, прилегающая к дороге, быстро застраивается, засаживается ценными культурами, и поэтому даже минимальные последующие исправления трассы вызывают сопряжены со значительными затруднениями. Поэтому для дорог любых категорий следует исходить из рекомендуемых СНиП II-Д.5-72 (п.3.35—3.39) значений элементов плана и профиля и соблюдать требования ландшафтного проектирования.

Ландшафтное проектирование автомобильных дорог включает в себя ряд совместно решаемых задач:

1) соблюдение требований к плавному сочетанию между собой элементов трассы в целях обеспечения удобства и безопасности движения автомобилей с высокими скоростями;

2) обеспечение ясности в направлении дороги на достаточно больших расстояниях за пределами непосредственной видимости, чтобы при движении водитель не мог встретиться с неожиданным для себя ухудшением дорожных условий, требующим резкого изменения режима движения. Видимые участки дороги и придорожной полосы должны заблаговременно сигнализировать водителю изменения направления дороги;

3) проложение трассы дороги и названий ее элементов таким образом, чтобы не возникали зрительные искажения вида отдельных участков в перспективе и у водителя не создавалось бы впечатления, что впереди имеются необоснованно крутые изломы дороги;

4) обеспечение плавного вписывания дороги в ландшафт местности для повышения удобства движения, лучшего раскрытия перед водителями красоты природы, устранения нарушений дорогой закономерностей сложившегося природного ландшафта, соблюдение требований охраны окружающей среды;

5) дополнение и улучшение природного ландшафта посадками деревьев и кустарников на придорожной полосе, планировочными и осушительными работами, созданием водоемов, раскрытием или маскировкой вида с дороги отдельных участков ландшафта. Для этой цели на дорогах высших категорий, особенно с большим процентом легкового движения, можно предусматривать разрывание леса или срезку откосов выемок, закрывающих красивые виды.

Пункты 1—3 направлены на обеспечение плавности и психологической ясности дороги для водителя («внутренняя гармоничность трассы»). Пункты 4 и 5 преследуют цель согласования дороги с придорожной полосой («внешняя гармоничность трассы дороги»).

Ведущим в процессе ландшафтного проектирования должен являться инженер-дорожник — автор проекта. При сопоставлении возможных вариантов дороги и уточнении проектных решений отдельных ее участков желательно участие архитектора, оценивающего их с точки зрения удовлетворения эстетическим критериям и дающего советы в отношении осуществления лучшей укладки дороги с ландшафтом и архитектурной композицией придорожной полосы. При этом дорога со всеми ее элементами (трасса, искусственные сооружения, придорожные постройки, обстановка пути, снегозащитные и декоративные посадки) должна рассматриваться как единый архитектурный ансамбль, который должен обладать определенным единством.

Попытки улучшения неудачно запроектированной дороги средствами ландшафтной архитектуры, в первую очередь маскирующими декоративными посадками, как правило, обречены на неудачу и сводятся к украшательству.

В 1974 г. в Молдавской ССР и РСФСР министерствами строительства и эксплуатации автомобильных дорог были утверждены разработанные доц. Н. П. Ориатским руководства по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог, отражающие отечественный и зарубежный опыт<sup>1</sup>.

#### § IX.2. СОГЛАСОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАССЫ С ЛАНДШАФТОМ

Согласование дороги с ландшафтом должно основываться на закономерностях сочетаний элементов ландшафта. Трасса дороги должна соответствовать изменению общего ритма взаимного расположения элементов рельефа, сглаживая их в соответствии с требованиями пространственной плавности.

Сочетание дороги с ландшафтом ни в коем случае не может противопоставляться обеспечению транспортно-эксплуатационных качеств дороги и безопасности движения.

Можно считать, что дорога согласовывается с ландшафтом, если она проложена по граничной зоне его элементов — у подножья холмов, по опушкам лесов или берегам озер, по трассам речных долин или вдоль естественной, обычно искривленной оси ландшафта (например, водотока, текущего по долине) без резких нарушений сложившихся форм рельефа логически неоправданными пересечениями.

<sup>1</sup> См. например, «Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог» (ВСН 18-74 Минавтодор РСФСР), М., «Транспорт», 1975, 46 с.

При следовании вдоль водотоков или по берегу больших водоемов трасса должна быть удалена примерно на одинаковое расстояние от водного зеркала, пересекая узкие заливы мостами или насыпью. В некоторых случаях ось ландшафта, в непосредственной близости к которой прокладывается дорога, могут являться и существующие другие инженерные сооружения — ирригационные и судоходные каналы, железные дороги, линии электропередач и др.

Идея согласования дороги с ландшафтом совсем не означает полного ее подчинения формам рельефа или элементам ситуации. В каждом ландшафте есть основные, характеризующие его элементы, на которые и следует ориентироваться при проложении дороги. Дорога должна следовать крупным линиям ландшафта, не считаясь со множеством малых и мельчайших складок местности или извилин опушки леса. Нарушение этого правила всегда приводит к отрицательным результатам. Степень согласования дороги и ландшафта определяется значением дороги.

Чем выше категория дороги, тем более строгие требования к согласованию должны быть предъявлены. В отдельных случаях, например в курортных районах и в заповедниках, проложение дороги может быть полностью подчинено задаче внезапного раскрытия перед едущими красивых видов и специального размещения для этой цели смотровых площадок.

В число многочисленных задач дорожного озеленения (см. справочник инженера-дорожника «Содержание и ремонт автомобильных дорог») входит и использование растительных посадок как средства согласования дороги с ландшафтом его украшения и дополнения. Тщательно подобранные совместно со специалистом-оленителем посадки позволяют:

закрывать вид с дороги на некрасивые или неудачные места придорожного ландшафта или сооружения самой дороги — выработанные придорожные карьеры, обнаженные откосы выемок на ранее покрытых растительностью склонах холмов, насыпи пересекающих дорогу путепроводов, складские территории вблизи от границы полосы отвода и др.;

устранить путем подсадки декоративных групп деревьев и расчистки границ просек монотонный и однообразный вид длинных прямых участков в лесных районах;

создать в однообразной степной местности на придорожной полосе отдельные декоративные группы, привлекающие внимание водителя и активизирующие его внимание;

путем посадки аллея из высоких деревьев на прямых участках подъездных дорог, примыкающих к местам исторических событий или культурным центрам, на подъездах к городам и курортным поселкам подчеркнуть приближение к цели поездки, а в некоторых случаях и создать настроение торжественности;

создать зрительные ориентиры в виде «барьерных» посадок, подсказывающих водителю предстоящее резкое изменение направления дороги, «направляющих» посадок, указывающих изменение направления дороги и крутизну поворота, «обозначающих» посадок, указывающих в степных районах места примыкания полевых дорог, и т. д.

### § IX.3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЛОЖЕНИЯ ТРАССЫ В ХАРАКТЕРНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Из всего многообразия факторов, входящих в современное понятие географического ландшафта, с точки зрения проектирования дорог, решающими являются те высотные и плановые препятствия (как природные, так и возникшие в результате деятельности человека), между которыми должна быть проложена трасса дороги. Поэтому выделяемые далее типичные ландшафты могут встречаться в различных географических зонах, что придает общность описываемым приемам трассирования.

Можно выделить следующие наиболее характерные ландшафты, однородные по принципам трассирования автомобильных дорог:

равнинные — степной, низменный заболоченный, лесисто-болотистый; холмистые — пересеченная лесостепь; сильно холмистый, моренный, ландшафт речных долин; горные — предгорья, морские побережья, долины горных рек, высокогорные перевальные участки.

В степных районах рельеф и ситуация местности не вносят существенных ограничений для проложения дороги в плане и профиле. В этих районах, как правило, отсутствуют какие-либо препятствия проложению дороги длинными прямыми протяжением иногда до нескольких десятков километров. Однако движение по длинным прямым в открытой однообразной равнинной местности для водителей грузовых автомобилей сопряжено с повышенной утомляемостью, снижением внимательности, в отдельных случаях даже с падением в специфическое полудремотное состояние. Водители легковых автомобилей, наоборот, терпят контроль над скоростью. В ночное время на длинных прямых участках повышается опасность ослепления водителей светом фар встречных автомобилей. Все это приводит к повышению количества дорожно-транспортных происшествий на длинных прямых. При длине прямого участка 15 км происшествий бывает в 1,5 раза а при длине 25 км в 2,2 раза больше, чем при длине прямых 3—5 км.

Считают поэтому, что длина прямых не должна превышать расстояния, проходимого автомобилем при расчетной скорости за 3—4 мин, но не более 5—6 км.

Такое трассирование не требует искусственного искривления трассы, так как при детальном изучении микрорельефа равнинной местности обычно всегда обнаруживается большое число причин, обосновывающих введение углов поворота (участки поверхностного заболачивания и пятна избыточного засоления, места с необеспеченным стоком, лесные массивы и рожи в малолесных степных районах, мелкие элементы рельефа, не находящие отражения на картах в горизонталях, но влияющие на условия водоотвода, ценные сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, понижения местности, над которыми в безветренные легкие ночи образуются туманы, ухудшающие видимость и др.).

Допустимая длина прямых участков также связана с окружающей местностью. Всекие выделяющиеся элементы местности привлекают к себе внимание водителей и способствуют повышению их сосредоточенности. В связи с этим всегда оправдывается направление дороги на хорошо заметный издали ориентир, выделяющийся на общем фоне местности, — горы, высокие здания и заводские сооружения, шахтные терриконы. При отсутствии на местности естественных ориентиров их можно создавать искусственно в виде декоративных групп деревьев на придорожной полосе (рис. IX.1) или в виде памятников и обелисков, указывающих на расположенные в стороне от дороги достопримечательные места.



Рис. IX.1. Примеры групповых декоративных придорожных насаждений:

а — из двух высоких центральных деревьев, окаймленных высокими кустарником; б — из двух высоких деревьев; в — из одного высокого дерева, окаймленного низким кустарником

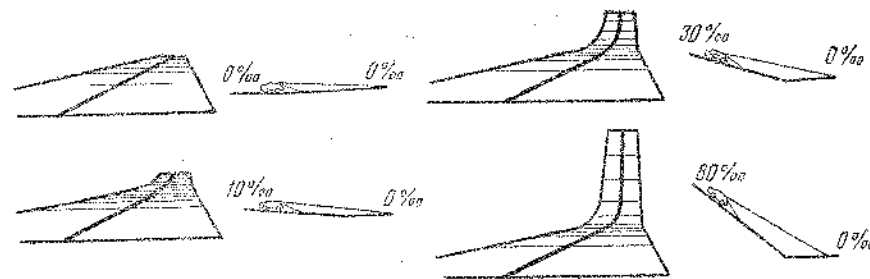


Рис. IX.2. Кажущееся увеличение продольного уклона при спуске по прямым участкам дороги разной кривизны

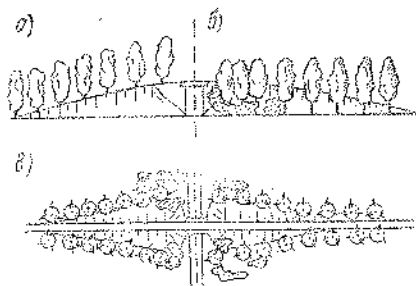


Рис. IX.3. Декоративные посадки у насыпи на подходах к путепроводу:

а и б — в профиле; а — в плане: а — неправильное расположение деревьев, зрительно увеличивающих высоту насыпей; б и в — правильное, при котором деревья маскируют насыпи



Рис. IX.4. Способы устранения монотонности лесных просек:

1 — выступы растительности, оставленные при рубке леса; 2 — декоративные, отличающиеся по цвету листвы или ярко цветущие деревья и кустарники, посаженные на опушке; 3 — декоративные группы деревьев, посаженные на холме отвода; 4 — опушка; 5 — вырубленный углубление; 6 — дорога

значительной деятельностью человека, оных или мелиоративных каналов ранее пустынную территорию в плодородные сельскохозяйственные угодья.

Соображения экономии работ и обеспечения лучшей организации сельскохозяйственного использования местности определяют проложение дорог, по возможности совмещенных с направлением каналов, хотя это и ухудшает водный режим земляного полотна. Во вновь осваиваемых территориях это требует совместного решения дорожной и ирригационной или мелиоративной сетей. Дороги высших категорий следует прокладывать в соответствии с требованиями экономичности перевозок, пересекая каналы.

Трассу местных дорог подчиняют ирригационной сети. Она состоит из прямых участков, обычно окаймленных рядами деревьев и соединенных кривыми наименьших допустимых радиусов. Плоский характер местности и неблагоприятные гидрогеологические условия в связи с высоким уровнем грунтовых вод обуславливают расположение дороги в невысоких насыпях.

В лесисто-болотистых и лесных районах в равнинной и слабо холмистой местности дороги проходят по длинным однообразным лесным просекам. Мерами устранения однообразности и монотонности вида дороги являются посадки по краям просеки декоративных растительных групп, отличающихся цветом листвы от основного фона леса. Впечатление прямолинейности коридора может

Глубокие долины малых рек и широкие балки нецелесообразно пересекать длинными прямыми, так как затяжные спуски, в которых глубокие выемки переходят в нижней части долины в высокие насыпи, отличаются повышенной опасностью для движения. Опасными являются участки перехода на выемки в насыпь, на которых автомобили могут подвергнуться внезапному приложению боковой нагрузки от сильного ветра.

Желательность искривления плана дороги на крутых подъемах после пересечения долины связана также с возникающим в этом случае зрительным обманом. Взгляд водителя направлен при движении по спуску в долину параллельно проезжей части. Поэтому последующий подъем после долины представляется ему значительно более крутым, чем в действительности. У водителя создается иллюзия, что он движется на горизонтальном участке, а впереди его ожидает подъем с крутизной, равной сумме уклонов обоих участков (рис. IX.2). В некоторых случаях это приводит к тому, что в нижней части склонов водители развивают опасные чрезмерные скорости в намерении форсировать кажущиеся крутые подъемы с помощью инерции.

Местные дороги пересекают магистральные по путепроводам с высокими насыпями на подходах. Желательно зрительно маскировать эти насыпи декоративными посадками, расположенными у подошвы насыпи (рис. IX.3).

Ландшафты осваиваемых заболоченных низменностей и орошаемых районов характеризуются ярко выраженной организационной и преобладающей системой ирригационных каналов.

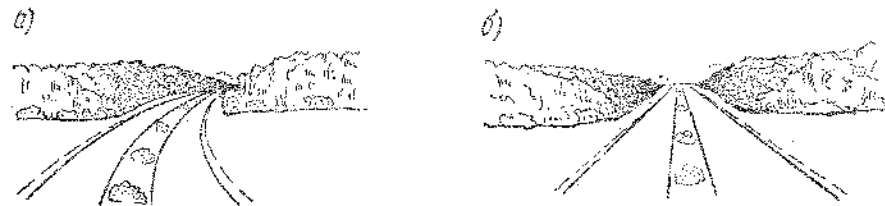


Рис. IX.5. Пересечение дорогой лесных массивов: а — правильное; б — неправильное

быть исключительно посредством подсадки выступающих групп деревьев или вырубкой по договоренности с органами лесного хозяйства углублений — «бухт» (рис. IX.4).

Ландшафт лесостепи характеризуется наличием развитых малых форм рельефа и частых долины водотоков — заросших балок (на севере) и действующих оврагов (на юге). Леса в этой зоне расположены своеобразными островами. Элементы рельефа не создают существенных препятствий для трассирования, так как за малыми исключениями дороги можно прокладывать по любому направлению с соблюдением допустимых величин продольных уклонов. Поэтому положение трассы часто определяется желанием не затрывать лесные массивы.

Наиболее целесообразно проложение дорог вдоль опушки лесных массивов, что не мешает сельскому хозяйству, так как не вызывает необходимости перепланировки полей и не отрезает от них узких полос, трудно поддающихся механизированной обработке.

В южных районах целесообразно обходить даже небольшие рощи. При необходимости их пересечения нельзя делить лес прямой сквозной просекой на зрительно изолированные друг от друга части. Дорога должна входить в лес на закруглении (рис. IX.5). При неизбежности прохода дороги через небольшие рощи прямыми участками некрасиво выглядят как пересечение их точно по середине, так резко ассиметричное проложение, отрезающее узкую полосу деревьев.

Чтобы предотвратить заносы дороги снегом, переносимым вдоль опушки леса, отклоняющей направление ветрового потока, на участках дорог, которые прилегают к лесу, располагают групповые посадки деревьев и кустарников. По мере приближения к лесу эти посадки должны становиться все более густыми и увеличивающимися по высоте. Их назначение смягчить переход от открытого пространства к узкой лесной просеке и плавно изменять боковую нагрузку от ветра на автомобиль.

В южной части лесостепной и степной зон большое значение приобретает сохранение не только существующих лесов, но даже отдельных групп деревьев. В большинстве случаев бывает достаточно незначительного смещения трассы в сторону для сохранения красивой группы деревьев. При реконструкции дороги необходимо стремиться к использованию существующих придорожных насаждений.

Холмистый ландшафт складывается из более развитых элементов рельефа. Для сокращения объемов земляных работ рекомендуется проложение трассы в виде плавной извилистой линии, состоящей преимущественно из кривых больших радиусов, вписывающейся в элементы рельефа и расположенной в переходной зоне между крупными элементами ландшафта.

Основная сложность трассирования дорог в холмистой местности заключается в выявлении основных форм рельефа, с которыми должно быть увязано проложение трассы без подчинения мелким второстепенным элементам. Чем выше категория дороги и шире земляное полотно, тем с более крупными элементами рельефа должна увязываться дорога. Это обусловлено тем, что для плавности широкого земляного полотна требуется вводить кривые больших ради-

Длина обгонных участков

Категория дороги	Расстояние видимости, м		Наименьшая длина прямого участка, км
	встречного автомобиля	поверхности дороги	
I	—	350	2,0
II	600	300	1,8
III	500	250	1,5
IV	400	200	1,0
V	300	150	1,8

усов, чем при узком земляном полотне. Влияние пересекаемых дорогой небольших впадин и отрогов холмов должно уничтожаться планировочными работами и плавным сопряжением земляного полотна с прилегающей местностью.

Дорога в холмистой местности в результате сочетания подъемов и спусков с кривыми в плане обычно бывает открыта для обзора на большом протяжении, особенно при взгляде вниз при спуске с водоразделов. Неправильные сочетания элементов плана и профиля с элементами ландшафта в этом случае особенно резко бросаются в глаза.

В условиях холмистого ландшафта наиболее целесообразно проектирование трассы в плане сопрягающимися кривыми с введенной для плавности переходных кривых больших параметров («клотоидная трасса», см. § IX.5).

При сильно извилистых трассах в местностях с пересеченным рельефом иногда бывает трудно обеспечить видимость дороги на большом расстоянии. В таких случаях предусматривают специальные обгонные участки с увеличенным расстоянием видимости, расположенные на прямых или кривых больших радиусов. Длины этих участков в зависимости от категории дороги, должны быть не менее указанных в табл. IX.1.

К прямым участкам следует относить в данном случае и так называемые «квази-прямые» — конечные участки переходных кривых, в пределах которых продолжение оси прямого участка отстоит от оси дороги не более чем на 1 м.

В горной местности высотные элементы ландшафта настолько преобладают, что всякое неподчинение им дороги бывает сопряжено с устройством дорогостоящих инженерных сооружений. Согласование с ландшафтом для горных дорог сводится к обгибанию элементов горного рельефа с отклонением от них на минимальную величину, необходимую для соблюдения требований к элементам плана и профиля в трудных условиях рельефа.

При обеспечении достаточно высоких технических нормативов для дорог магистрального типа геометрическая правильность их очертаний приобретает решающую роль в формировании нового ландшафта горной местности. Дорога становится господствующим и организующим элементом крутых склонов горного ландшафта, не затронутого деятельностью людей. Монументальные инженерные сооружения — серпантинные, подпорные стены, мосты, балконы, тоннели, противолавинные и противоселовые галереи, выделяясь на однообразной поверхности склонов, сосредотачивают на себе внимание и начинают определять характер ландшафта. В данном случае гармоничное сочетание дороги с ландшафтом достигается контрастностью между геометрически правильными элементами дорог и хаотичностью горного ландшафта.

В согласовании дорог с ландшафтом в горной и сильно пересеченной местности большое значение приобретает оформление откосов и обнажений, получающихся при устройстве земляного полотна на прорубленной на косогоре полке. Средствами маскировки обнажений могут быть посадки кустарников и молзучих растений в грунт, которым заполняют выдолбленные в откосе карманы.

Принцип увязки дороги с ландшафтом в большинстве случаев требует, чтобы дорога не выделялась резко на общем фоне местности. Поэтому целесообразен поперечный профиль земляного полотна с округленными очертаниями пологих поперечных откосов, плавно переходящих в поверхность прилегающих элементов рельефа.

Пологие обтекаемые откосы имеют следующие преимущества по сравнению с обычно применяемыми откосами постоянной крутизны: повышается безопасность движения, поскольку при отсутствии боковых канав автомобиль, потерявший управление, имеет возможность съехать по пологому откосу с насыпи на прилегающую полосу отвода; повышается уверенность водителей в управлении автомобилем, так как они видят весь откос, а не только бровку земляного полотна, закрывающую от них вид на откос насыпи; обеспечивается лучшее обтекание земляного полотна снеговетровым потоком и снег переносится через дорогу, не откладываясь на проезжей части.

До сих пор конструкции обтекаемого земляного полотна проектируют индивидуально (рис. IX.6). Мелкие выемки и невысокие насыпи обязательно устраивают с пологими откосами. Коэффициент заложения последних принимают тем больший, чем ниже насыпь; у мелких насыпей откосам придают заложение 1:5—1:6. Высокие насыпи устраивают или с постоянным по всей высоте заложением откосов, или же делают откосы ломаными с крутизной, уменьшающейся по мере приближения к подошве; откосы выемок чаще всего устраивают с постоянной крутизной заложения.

Верхнюю часть откосов выемок и подошву насыпей плавно сопрягают с прилегающей поверхностью грунта по круговым кривым малого радиуса, обычно равного одной-двум рабочим отметкам.

При сильно пересеченном рельефе местности для лучшего вписывания дороги в ландшафт крутизну откосов выемок и насыпей следует изменять как по высоте, так и по протяжению дороги в зависимости от величины рабочих отметок. Для наилучшего сочетания форм земляного полотна с ландшафтом необходимо:

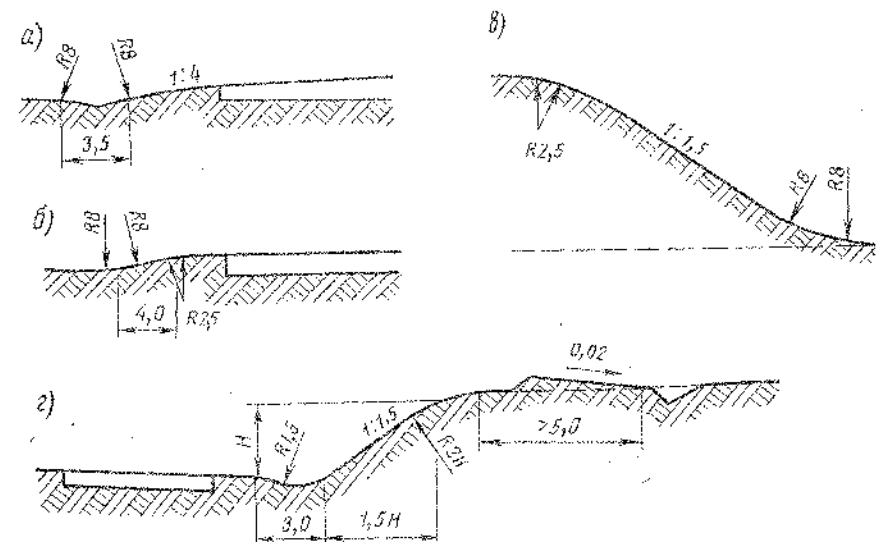


Рис. IX.6. Поперечные профили обтекаемого земляного полотна:

а — малая насыпь с боковыми лотками; б — малая насыпь без лотков в условиях проницаемых грунтов или при обеспеченном поперечном отводе воды от насыпи; в — насыпь высотой более 2 м; г — выемка

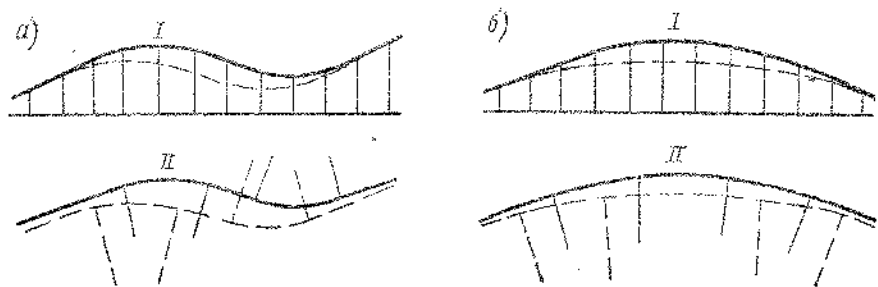


Рис. IX.7. Способы перехода от обычного к ступенчатому расположению проезжих частей дороги с разделительной полосой:

а — при сильно пересеченном рельефе (близко расположенные кривые в плане и в продольном профиле); б — при более ровном профиле; I — продольный профиль; II — план трассы

устанавливать тем более пологие откосы, чем меньше рабочие отметки насыпей и выемок. Наиболее просто достигнуть этого, приняв постоянную величину подошвы откоса, соответствующую крутизне откоса 1:1,5 в месте наибольшей глубины выемки;

наряду с округлением кромок земляного полотна использовать более плавные формы перехода элементов земляного полотна в окружающие элементы рельефа, например заполняя пазухи с верховой стороны насыпей на косогорах или срезаая бугры, образующиеся в выемках на косогоре у низовой стороны откоса;

на участках перехода из выемок в насыпи устраивать очень пологие откосы с заложением 1:7—1:12, что способствует уменьшению заносимости дороги; в местах, где дорога пересекается мостами и путепроводами, имеющими геометрически правильные очертания, прилегающим участкам земляного полотна также придавать геометрически правильные очертания, плавно переходящие через 20—40 м в обтекаемые поперечные профили;

при длинных затяжных выемках примерно постоянной глубины, которые приходится устраивать с откосами постоянного заложения, для расчленения однообразного вида откосов использовать посадку декоративных групп деревьев и кустарников;

избыточный грунт, получаемый при разработке выемок, в первую очередь использовать для засыпки пониженных мест рельефа с одновременной рекультивацией для передачи сельскому хозяйству, а при невозможности этого — отсыпать вблизи дороги отвалы, оформляемые на основе проектов, разработанных ландшафтными архитекторами;

применять раздельное трассирование проезжих частей автомобильных магистралей.

Проложение по склонам в сильно пересеченной местности автомобильных магистралей с разделительной полосой требует выполнения значительных объемов земляных работ для размещения широкого земляного полотна на полке и в полувыемке-полунасыпи. При этом дорога начинает резко выделяться на местности, ухудшая вид ландшафта большими обнаженными поверхностями откосов.

Особенно заметно это бывает на склонах, покрытых лесом. Более экономичное решение достигается при расположении проезжих частей уступами на разных уровнях, что эффективно уже при разности отметок проезжих частей более 0,1 м. Переход от общей трассы к участкам ступенчатого проложения или раздельного трассирования допускается только на участках кривых в плане (рис. IX.7).

При этом не должна нарушаться плавность трассы обоих направлений, причем каждая из проезжих частей должна удовлетворять нормативам плана и профиля, принятым для магистрали в целом.

В сложных условиях рельефа также применяют самостоятельное трассирование обеих проезжих частей. В этом случае ведется проложение как бы двух параллельных дорог, по каждой из которых происходит одностороннее движение.

Сложным является в данном случае обеспечение впечатления единой дороги. Для этого проезжие части должны периодически сближаться.

### § IX.5. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КЛОТОНДНОЙ ТРАССЫ

Клотондными условно называют все трассы, состоящие преимущественно из сопрягающихся круговых и переходных кривых больших параметров. Прямые отрезки между ними невелики, а иногда могут и совершенно отсутствовать. Переходные кривые могут быть описаны не только по радиальной спирали (клотонде), но и по любой другой кривой с плавно изменяющимся радиусом кривизны, удовлетворяющим заданным уравнениям нарастания коэффициента поперечной силы и изменения скорости движения автомобиля.

Характерным для клотондной трассы является то, что переходная кривая из вспомогательной детали кривых малых радиусов становится самостоятельным элементом трассы, равнозначным с прямыми и кривыми. Это вызывает изменение принципа трассирования. Вместо ходов по прямым между углами поворота и вписывания между ними круговых кривых по горизонталям местности укладываются круговые кривые больших радиусов и сопрягают их переходными кривыми. В клотондной трассе переходные кривые вводят для смягчения всех сопряжений элементов трассы: при переходе от прямых участков к круговым кривым; при сопряжении прямых участков без введения круговой кривой; при сопряжении между собой круговых кривых в плане, направленных в одну сторону; при сопряжении обратных круговых кривых; при сопряжении изогнутых кривых с прямыми в продольном профиле.

Длины переходных кривых назначают из условия отсутствия зрительных искажений плавности трассы при взгляде на впереди расположенные участки дороги. Они существенно превышают длины, указанные в табл. 12 СНиП II-Д.5-72, которые были рассчитаны из условия обеспечения плавности нарастания центростремительного ускорения при въезде на основную круговую кривую.

Проектирование автомобильной дороги клотондами в увязке с ландшафтом и с обеспечением пространственной плавности трассы ведут по стереомоделям на основе материалов аэрофотосъемки или топографическим картам крупного масштаба. Анализируя местные условия в соответствии с проведенной воздушной линией, выявляют на карте ориентиры для проложения трассы, контрольные точки, через которые должна пройти трасса, элементы ситуации, определяющие направление дороги. Дешифрируя аэроснимки или по данным реконгоспировки, или литературных источников, оценивают гидрогеологические и почвенные условия и отмечают на карте участки, неблагоприятные для проложения трассы.

Карту «поднимают», обводят на ней и слегка штрихуют разными цветными карандашами характерные элементы ландшафта, которые не должны быть затронуты трассой или, наоборот, к которым ее желательно всемерно приблизить. При этом должны быть выделены «архитектурные бассейны» — участки дороги, обладающие определенным единством ландшафта, которое определяет однотипность проектных решений по проложению дороги и согласованию с ландшафтом. Чаще всего границами архитектурных бассейнов являются выпуклые переделы продольного профиля или места резкого изменения ландшафта. Следует выявить ориентиры («доминанты»), на которые могут быть направлены отдельные участки трассы.

Как первую намечку проложения трассы на карте от руки намечают варианты трассы, в наибольшей степени удовлетворяющие требованиям увязки трассы с ландшафтом. При этом углы поворота совмещают с основными переделами элементов рельефа — водоразделами, пересеченными водотоками или подошвой склонов их долин. Намеченную трассу выправляют при помощи гибких линеек (рис. IX.8). Для удобства пользования к упругой полоске можно прикрепить тяжелые грузы, удерживающие ее в заданном положении.

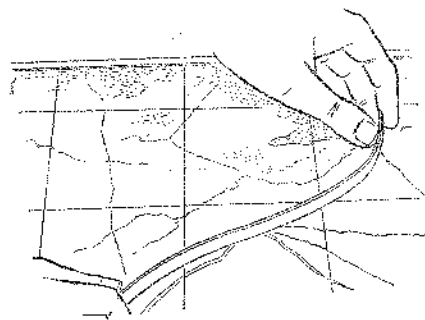


Рис. IX.8. Гибкая линейка, используемая для проведения плавной трассы на плане в горизонталях

зрачного материала шаблоны. В проектных организациях имеются наборы шаблонов клотоид с параметрами от  $A = 150$  до  $A = 1000$  м с интервалом в 50 м. Шаблоны построены в масштабе 1:10 000, но их можно использовать при любом другом масштабе карт, умножая или деля параметры и радиусы на отношение масштабов (например, при использовании топографической основы масштаба 1:25 000 следует проектные параметры  $A$  и радиусы умножить на 2,5).

На шаблонах (рис. IX.9) имеется горизонтальная линия — ось абсцисс, совмещаемая с тангенсом круговой кривой, и перпендикулярная ей вертикальная линия — ось ординат, совпадающая с началом клотоиды в точке, для которой  $R = \infty$ . Помимо этих линий на шаблонах нанесены направления радиусов, перпендикулярных к касательным в соответствующих точках клотоиды.

Последовательно прикладывая шаблоны клотоид разных параметров, выбирают из них один, лучше всего соответствующий намеченной линии. На карте отмечают точки начала круговой кривой и начала переходной кривой. По шаблону устанавливают направление тангенса. По пересечениям продолженных направлений тангенсов круговых кривых измеряют угол поворота трассы. По нанесенной трассе графически разбивают пикетаж и, определяя по горизонтальным отметкам, строят продольный профиль местности, по которому проектируют проектную линию. На этом первый этап проектирования клотоидной трассы можно считать законченным.

В задачу второго этапа проектирования входит анализ пространственной плавности полученной проектной линии и взаимная увязка плана и продольного профиля трассы в соответствии с рекомендациями § IX.6 настоящего Справочника. Необходимо, намечая изменения положения вершин горизонтальных и вертикальных кривых, добиться, чтобы кривые практически совпадали. Если удастся обеспечить совмещение переломов трассы в плане и профиле, можно считать задачу решенной.

При совпадении вершин кривых корректируют радиусы кривых в плане таким образом, чтобы они перекрывали вертикальные. В откорректированную в плане трассу окончательно вписывают по шаблонам круговые и переходные кривые, а также определяют точный пикетаж трассы, составляя ведомости прямых и кривых с использованием ЭВМ или вспомогательных таблиц. После этого строят окончательный продольный профиль с уточненной проектной линией.

При учете в процессе трассирования проверенных опытом соотношений смежных элементов трассы получающиеся проектные решения обычно удовлетворяют требованиям зрительной плавности. Для участков сложных сочетаний плана и профиля должен быть выполнен анализ вида полотна дороги в перспективе с характерных видовых точек местности. Проектными организациями разработаны программы ЭВМ, которые дают возможность последовательно просмотреть всю дорогу с траектории движения автомобиля.

Следующий этап проектирования заключается во вписывании в изгибы трассы круговых кривых. Для этого используют наборы шаблонов, выписанных в масштабе карты местности. Шаблоны соответствуют округленным значениям радиусов. Радиусы круговых кривых подбирают таким образом, чтобы кривые, удовлетворяя требованиям продолжения трассы допустимыми продольными уклонами, удачно сопрягались с рельефом местности, как бы огибая возвышающиеся элементы рельефа или опоясывая его понижения. Радиусы смежных кривых должны удовлетворять соотношениям, приведенным в § IX.6.

Между вписанными круговыми кривыми располагают переходные кривые, также используя вырезанные из про-

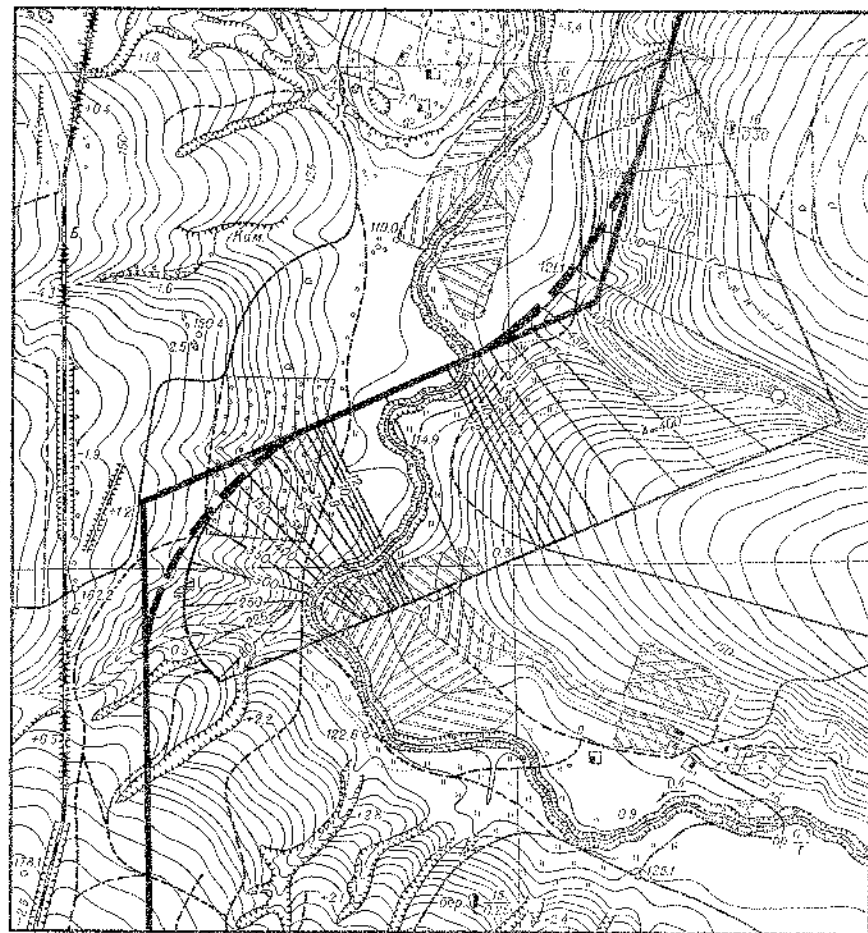


Рис. IX.9. Прозрачный шаблон для вписывания клотоид

В большинстве случаев достаточно ограничиться построением перспективных изображений дороги. Для участка протяжением 10 км обычно бывает достаточно 10—15 изображений. Зрительно неплывкие участки должны быть перепроектированы. Опыт показывает, что использование принципов проложения клотоидных трасс обеспечивает плавность изменения возможной скорости движения по дороге, безопасность движения и при условии надлежащего сочетания с ландшафтом хороший вид дороги.

#### § IX.6. ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛАВНОСТИ ТРАССЫ

Для обеспечения плавности взаимного сочетания элементов дороги требуется соблюдение ряда условий при трассировании и проектировании продольного профиля.

Смежные элементы плана и профиля дороги должны иметь такие характеристики, чтобы возможная скорость движения изменялась в небольших пре-

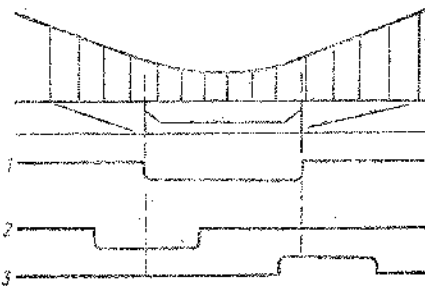


Рис. IX.10. Сочетания кривых в плане с вогнутыми вертикальными кривыми:

1 — рекомендуемое предложение трассы в плане; 2 и 3 — допустимые

стка, на котором он в данный момент находится. В результате изменения вида дороги в перспективе круговые кривые представляются водителю сплюснутыми, длина кривых уменьшенной, а крутизна поворота значительно возросшей. Угол поворота в несколько градусов, искажаясь в перспективе, кажется поворотом в 15—20° и более. Короткая кривая между длинными прямыми воспринимается как крутой изгиб дороги, а сравнительно пологие поднимающиеся участки за длинными спусками — как крутые подъемы. Эти обстоятельства отражаются на избираемых водителями режимах движения, как правило, более напряженных, чем позволяют дорожные условия.

Трассу дороги следует рассматривать как плавную линию в пространстве. Недопустимо проектировать план, продольный и поперечный профили, независимо друг от друга, без учета их взаимного влияния, создаваемых условий движения и зрительного восприятия дороги. Рациональное сочетание элементов дорог в плане и продольном профиле всегда подразумевает вертикальные и горизонтальные проекции плавной пространственной линии. Плавность трассы должна быть обеспечена в пределах видимых водителем участков местности («ландшафтных бассейнов»), на которые ее расчленяют естественные высотные препятствия — элементы рельефа и ситуации.

Следует избегать использования предельно допустимых норм на элементы плана и профиля (минимальные радиусы кривых в плане и продольном профиле, максимальные продольные уклоны). Необходимо всегда стремиться применять максимально возможные по местным условиям и не вызывающие чрезмерного удорожания строительства радиусы кривых в плане и профиле. Наибольшая плавность продольного профиля достигается при проектировании его из вогнутых и выпуклых кривых, непосредственно сопрягающихся друг с другом без промежуточных прямых вставок.

Чем меньше разность величин смежных уклонов, тем большим должен быть радиус вертикальных кривых.

Обертывающая проектная линия, точно следующая очертанию форм поверхности земли, нерациональна, так как при этом часто получаются участки с недостаточной видимостью или с неприятной для взгляда волнистой поверхностью. В то же время длинные участки, запроектированные с постоянным продольным уклоном, нерациональны даже при слабо пересеченном рельефе, поскольку их осуществление связано с необходимостью постройки высоких насыпей и глубоких выемок.

Наилучшая плавность трассы достигается при совпадении вертикальных и горизонтальных кривых. Желательно, чтобы длина горизонтальной кривой превышала длину выпуклой вертикальной кривой (для дорог I—III категории на 50—100 м). Несовпадение вершин кривых допустимо не более чем на  $\frac{1}{4}$  длины наименьшей из кривых. Взаимное смещение вершин горизонтальной и вогнутой кривых в трудных условиях допустимо, но поворот влево следует разбивать перед вогнутостью продольного профиля, а поворот вправо за нею (рис. IX.10).

делах, т. е. движение по дороге осуществлялось с практически постоянной скоростью и не было сопряжено с необходимостью частых торможений и последующих разгонов. Водитель должен быть ориентирован в направлении дороги и в дорожной обстановке на расстоянии, существенно превышающем нормативное расстояние видимости, что обеспечивает возможность уверенного управления автомобилем.

Должны быть предотвращены зрительные искажения вида впереди лежащих участков дороги, связанные с тем, что водитель рассматривает их в перспективе под малым углом зрения, причем оптическая ось его глаза направлена не по горизонтали, как в обычных условиях, а параллельно уклону того участка, на котором он находится.

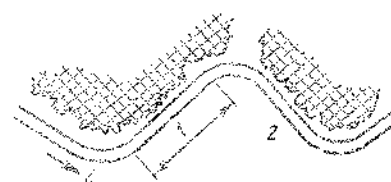
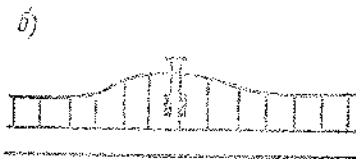
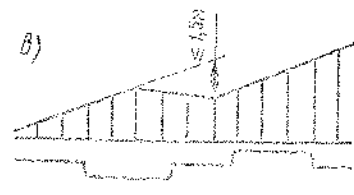
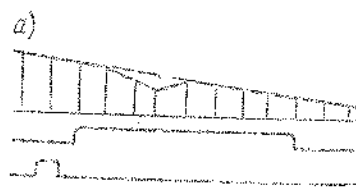


Рис. IX.11. Недопустимые сочетания элементов плана и профиля, при которых создаются участки недостаточной видимости или водителям неясно дальнейшее направление дороги:

а — просадка в продольном профиле; б — потеря видимости за короткой вогнутой вертикальной кривой на пересечении в разных уровнях (для обеспечения видимости путепровод нужно располагать на кривой в плане); в — зрительный провал дороги на участке смятения продольного уклона на затяжном подъеме. На схеме плана дороги показаны места, где «провал» недопустим (1) и где такое смятение продольного уклона возможно (2)

Вогнутые кривые на прямых участках допустимы, если сумма продольных уклонов тангенсов вертикальных кривых не превышает величины максимального уклона, допущенного на дороге. В противном случае вогнутую кривую целесообразно сочетать с кривой в плане большого радиуса. Наилучшая плавность сочетания вогнутых вертикальных кривых с кривыми в плане достигается в тех случаях, когда радиус вертикальных кривых не менее чем в 6 раз превышает радиус горизонтальных кривых.

Следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом вогнутых или вогнутых вертикальных кривых, расположенных на последующих прямых участках.

В первом случае для водителей автомобилей, едущих со стороны вертикальной кривой, неясно дальнейшее направление дороги. Во втором случае создаются участки с плохой видимостью ночью при свете фар.

Для обеспечения на дороге видимости на большом расстоянии следует избегать сочетаний элементов трассы, в результате которых для водителя остается неопределенным дальнейшее направление дороги (рис. IX.11). К их числу относятся: короткие вогнутые участки в продольном профиле на прямых и кривых в плане большого радиуса, которые создают впечатление «карманов», или «просадок»; резкие снижения величины продольного уклона на подъемах, при которых нарушается видимость проезжей части на большом расстоянии; крутые выпуклые

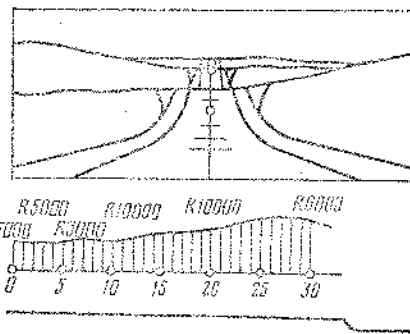


Рис. IX.12. Волнистый вид участка дороги в результате частых переделов продольного профиля на длинных прямых



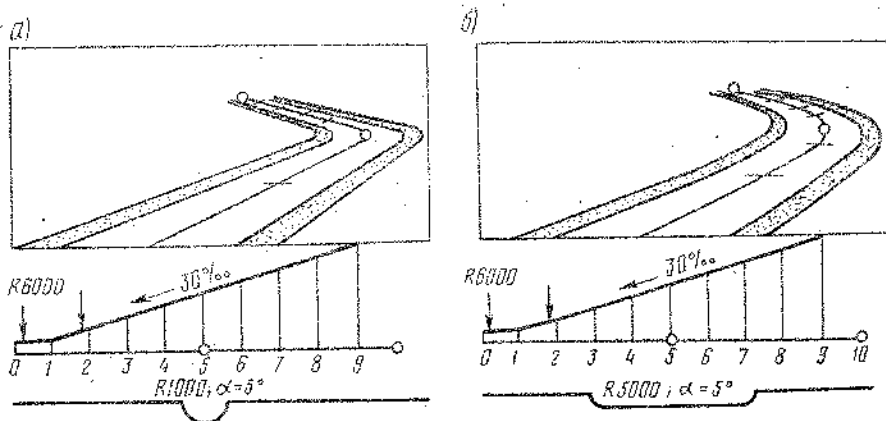


Рис. IX.13. Изменение вида дороги в зависимости от радиуса кривой в плане: а — вид кругового поворота дороги при малой длине кривой в плане, расположенной между длинными прямыми; б — удлинение вида того же участка дороги при увеличении радиуса кривой

участки, как бы упирающиеся в небо на вершинах выпуклых кривых малого радиуса или на путепроводах пересечений дорог в разных уровнях.

Количество переломов в плане и профиле должно быть по возможности одинаковым. Нарушение этого правила приводит к неудачным сочетаниям, в ряде случаев характеризующимся повышенной опасностью дорожно-транспортных происшествий.

Частые переломы продольного профиля на длинных прямых в плане создают при обертывающем проектировании проектной линии волнистую поверхность дороги (рис. IX.12). Если точек перелома в плане больше, чем в продольном профиле, получаются S-образные кривые или извилистые участки с постоянным уклоном, вид которых представляется едущим логически неоправданным.

На кривых большого радиуса в плане могут быть допущены переломы продольного профиля с небольшим шагом проектирования при малой разнице высот. Это связано с тем, что водитель на таких участках не видит впереди себя дорогу на большом протяжении, когда уже сказываются законы зрительных искажений в перспективе.

Длины прямых и кривых участков дороги в плане должны соответствовать друг другу.

Следует избегать:

сочетаний элементов дороги в плане и профиле, которые из-за искажения их вида в перспективе кажутся неплавными и имеющими крутые изломы; коротких кривых в плане, расположенных между длинными прямыми, которые водителю издали кажутся резким переломом дороги и вызывают снижение скорости; поэтому повороты дороги на малые углы должны смягчаться вписыванием кривых больших радиусов (рис. IX.13);

коротких прямых вставок между направленными в одну сторону кривыми.

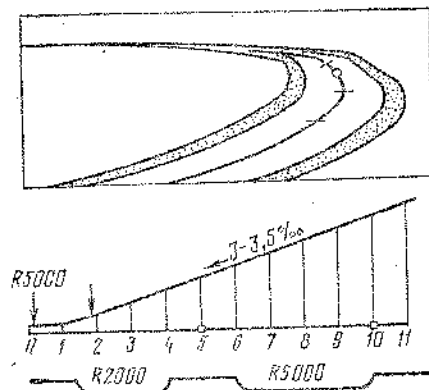


Рис. IX.14. Вид участка дороги при короткой прямой вставке между кривыми малых радиусов, направленными в одну сторону

Они воспринимаются как неприятный для взгляда излом дороги (рис. IX.14). Особенно неблагоприятно такое сочетание при совпадении его с выпуклыми вертикальными кривыми. Целесообразно заменять круговые кривые с короткой прямой вставкой между ними кривыми больших радиусов, трехзвенными коробовыми кривыми;

коротких прямых вставок между смежными кривыми. Условия движения становятся более благоприятными, если увеличить радиусы направленных в одну сторону кривых таким образом, чтобы они непосредственно соприкасались друг с другом. Прямые вставки между обратными кривыми могут быть оставлены, если их длина между переходными кривыми превышает 200 м.

Недопустимы резкие переходы от кривых большого радиуса в плане к кривым малого радиуса. Желательно, чтобы радиусы сопрягающихся или расположенных поблизости друг от друга кривых различались не более чем в 1,3 раза. Это необходимо как для обеспечения зрительной плавности дороги, так и для плавного изменения обеспечиваемых скоростей движения на смежных участках дороги (не более чем на 10—15%). Если в каком-либо месте извилистой дороги неизбежно значительное снижение скорости, радиусы предшествующих кривых должны постепенно уменьшаться, чтобы водитель, постепенно снижая скорость на каждой последующей кривой по отношению к предыдущей, подъехал к указанному участку с существенно уменьшенной скоростью.

Не допустимы сочетания элементов дорог, при которых в каком-то месте требуется неожиданное для водителя и не оправданное предыдущим проложением дороги резкое снижение скорости, например устройство кривой малого радиуса на затяжном спуске или расположение кривой малого радиуса среди группы кривых, допускающих движение с высокими скоростями. Такие места всегда характеризуются большим числом дорожно-транспортных происшествий.

Необходимо избегать сочетаний элементов трассы, создающих у водителей ошибочное представление о дальнейшем направлении дороги (рис. IX.15).

При проложении трассы дороги и последующем размещении озеленительных посадок и расстановке оборудования дороги следует соблюдать принцип «зрительного ориентирования» — создания комплекса опорных точек для взгляда водителя, подсказывающего ему направление дороги. При продуманном размещении эти точки могут ориентировать водителей в направлении дороги

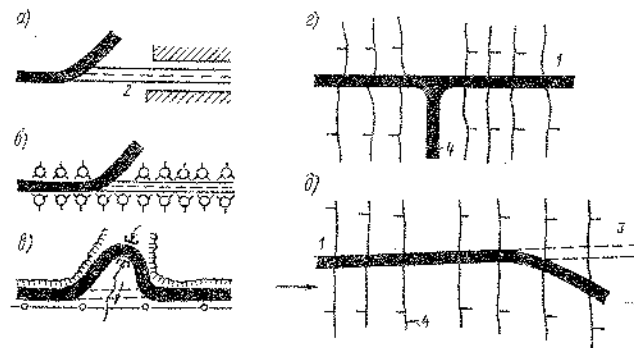


Рис. IX.15. Примеры неудачных сочетаний элементов дорог, которые создают у водителей неправильное представление о дальнейшем направлении дороги: а и б — незаметный издали поворот основной дороги. Водителю кажется, что она не меняет направления; в — спуск дороги по склону оврага, когда начало спуска не видно водителю. Линия связи, пересекающая овраг по прямому направлению, создает ошибочное впечатление, что и дорога продолжается прямо; г — примыкание на гребне водораздела второстепенной дороги. Водителю кажется, что основная дорога круто поворачивает в сторону; д — скрытый поворот дороги за переломом местности. У водителя создается впечатление, что дорога идет прямо; 1 — основная дорога; 2 — примыкающая второстепенная дорога; 3 — кажущееся водителю направление дороги; 4 — горизонтали местности

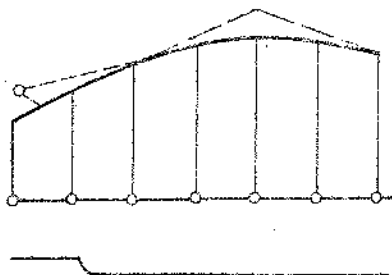


Рис. IX.16. Обеспечение видимости кривой в плане, расположенной за выпуклым перегибом продольного профиля, путем выноса ее начала за вершину вертикальной кривой

чек, скользя по которым взглядом и мысленно экстраполируя их дальнейшее направление, водители получают представление о дальнейшем направлении дороги;

придорожная растительность, особенно высокие деревья.

Изменения направления проезжей части иногда бывают плохо видны с большого расстояния, так как луч зрения водителя, направленный под очень острым углом к полотну дороги, может прерываться выпуклыми перегибами продольного профиля или неровностями поверхности земли на придорожной полосе. Возвышающиеся вершины деревьев хорошо видны издали и, привлекая к себе внимание водителя, указывают дальнейшее направление дороги (рис. IX.17);

ориентирование дороги на отдельные возвышающиеся предметы, повышающие внимательность водителя. Появляющийся на горизонте силуэт ориентира, вначале трудно различимый, заинтересовывает водителя и, сосредотачивая на себе его внимание, способствует устранению усыпляющего влияния однообразия придорожной обстановки. Для этой цели около дорог в степной местности иногда устанавливают обелиски и скульптурные группы.

Наибольшая плавность трассы дороги обеспечивается введением длинных переходных кривых, описанных по клотоиде (радиальной спирали) с уравнением  $A^2 = RL$ . Величина параметра  $A$  переходных кривых должна находиться в пределах от  $0,4R$  до  $1,4R$ .

Для зрительной плавности дороги угол поворота трассы при вписывании переходной кривой должен составлять не менее  $3^\circ$ . Длина переходной кривой не должна быть менее  $1/4$  длины круговой кривой. При сопряжении переходными кривыми обратных S-образных кривых желательно, чтобы обе переходные кривые имели одинаковый параметр  $A$ . При этом радиусы сопрягаемых кривых должны находиться в соотношении  $R_1 \leq 3R_2$ .

При сопряжении переходными кривыми круговых кривых, направленных в одну сторону, следует соблюдать соотношение

$$0,5R_1 < A < R_2.$$

на сравнительно большом расстоянии за пределами непосредственной видимости. Для этого края дороги обозначают при помощи видимых издали предметов — направляющими столбиками, ограждениями бордюрного типа, растительными группами, кустарниками и т. д.

Средствами зрительного ориентирования являются:

полотно дороги в целом. Например, в случае когда начало кривой в плане, частично перекрывающейся вертикальной кривой, расположено за пределом продольного профиля, направление движения остается непонятным для водителей (см. рис. IX.10). Ясность в направлении дороги может быть достигнута увеличением радиуса кривой в плане или смещением ее вершины таким образом, чтобы начало кривой располагалось до перегиба продольного профиля (рис. IX.16). При этом угол поворота видимого участка кривой не должен быть менее  $3^\circ$ ;

указательные столбики, боковые ограждения барьерного типа. Установленные на обочинах, они, сливаясь в перспективе, создают цепь опорных точек,

скользя по которым взглядом и мысленно экстраполируя их дальнейшее направление, водители получают представление о дальнейшем направлении дороги;

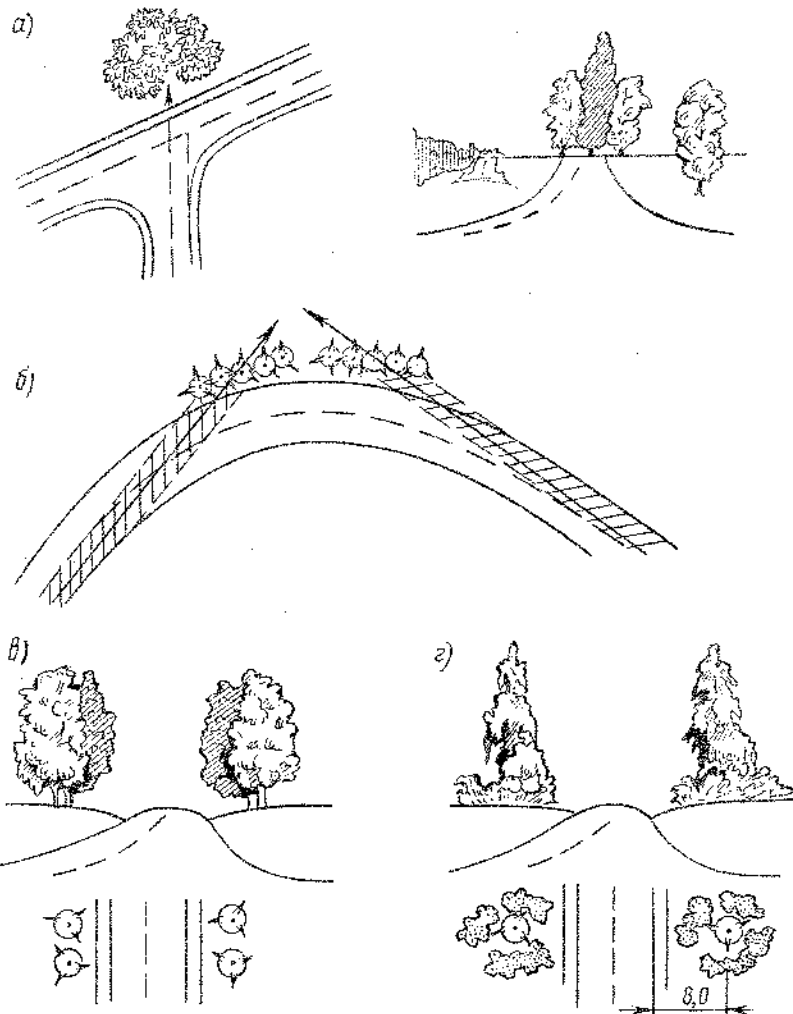


Рис. IX.17. Использование растительных посадок для ориентирования водителя в направлении дороги:

а — обозначение T-образного примыкания; б — посадки у крутых поворотов дороги; в и г — группы деревьев, обозначающие места примыканий вперестеженных дорог

При  $R_1 \leq 2R_2$  круговые кривые можно сопрягать непосредственно.

Длина прямой вставки между двумя обратными клотоидами с параметрами  $A_1$  и  $A_2$  не должна превышать величины

$$L = \frac{A_1 + A_2}{2}.$$

При этом параметры  $A_1$  и  $A_2$  не должны различаться более чем в 2 раза. В малые углы изменения направления трассы в открытой степной местности должны вписываться кривые больших радиусов. В зависимости от угла

Таблица IX.2

## Радиусы кривых при малых углах поворота

Углы поворо- та, град	Наименьший допустимый радиус кривой в плане, м, для дорог		Углы поворо- та, град	Наименьший допустимый радиус кривой в плане, м, для дорог	
	I и II категория	III и IV категория		I и II категория	III и IV категория
1	30 000	10 000	4	6 000	3 000
2	20 000	6 000	5	3 000	2 000
3	10 000	4 000	6	2 000	1 000
			8	1 500	800

поворота между длинными прямыми участками рекомендуются величины радиусов сопрягающих их кривых в плане, приведенные в табл. IX.2. Круговая кривая может быть заменена сопрягающимися переходными кривыми по клотоиде с параметрами, приведенными в табл. IX.3.

Расположение малых и средних мостов должно полностью подчиняться общему направлению трассы. Прямолинейные мосты небольшой длины, расположенные между кривыми в плане, или горизонтальные мосты в пределах вертикальной кривой резко нарушают зрительную плавность дороги, а при резком несоответствии ухудшают условия и безопасность движения. Совершенно недопустимо устройство кривых малых радиусов перед въездом на мост.

Во избежание неудачных сочетаний мостов с прилегающими участками дороги мосты следует располагать в соответствии с общим направлением дороги — на кривых в плане и в профиле, на переходных кривых с устройством виражей. Неизбежное усложнение конструкции моста оправдывается в этом случае улучшением трассы дороги. Постройка мостов на кривых позволяет едущим в полной мере оценить красоту этих оригинальных инженерных сооружений.

Большие мосты через реки, особенно судоходные, являются уникальными сооружениями, и их расположение должно обосновываться выбором наиболее рационального мостового перехода. Трасса дороги соответственно должна быть изменена на достаточно большом расстоянии, чтобы не происходило резкого изменения ее направления вблизи моста.

В горных районах широкое применение должны найти высокие мосты, перескакивающие глубокие долины без изменения направления трассы. Они требуют меньшего отвода земли по сравнению с высокими насыпями, что очень важно для курортных районов и при высокопродуктивных землях. При устройстве мостов не нарушаются условия устойчивости горных склонов, в то время как отсыпка высоких насыпей, перегружая склоны, иногда вызывает развитие оползневых явлений.

Таблица IX.3

## Параметры клотоид при малых углах поворота

Угол поворота в плане, град	Параметр клотоиды A	Угол поворота в плане, град	Параметр клотоиды A
2—3	Более 1400	4—5	700—1000
3—4	1000—1300	5—6	500—700
		6—7	600

Пересечения автомобильных дорог в разных уровнях, расположенных на прямых участках, являются местами с недостаточной видимостью, так как водители подъезжающих автомобилей видят дорогу только до верхней точки путепроводов. Участок за путепроводом остается невидимым, что существенно снижает безопасность движения. Целесообразно поэтому располагать путепроводы на кривых в плане с радиусом 1000—1500 м при угле поворота, близком 30°.

§ IX.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И МОДЕЛЕЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЛАВНОСТИ ТРАССЫ

Основные принципы сочетания элементов трассы, обеспечивающие ее пространственную плавность и увязку с ландшафтом, даются пока лишь в общих формулировках, удачность проложения дороги на местности во многом зависит от опытности и эстетического вкуса проектировщиков. Для получения наглядного представления о виде дороги после постройки прибегают к построению методами начертательной геометрии перспективных изображений отдельных участков дороги при взгляде с характерных точек местности, а также к изготовлению моделей участков дороги.

Построение перспективных изображений — наиболее распространенный метод оценки запроектированного участка дороги, входящий наряду с разработкой программ для ЭВМ в повсеместную практику проектных организаций. По отметкам и координатам трассы машина вычисляет координаты перспективных изображений, которые вычерчиваются графопостроителем или передаются при помощи специальной приставки на катодный осциллограф (рис. IX.18).

Можно просматривать изображения участка дороги на экране осциллографа. Последовательно строя изображения дороги из точек зрения, смещающихся на равные расстояния по ходу движения, оказывается возможным проследить изменение вида дороги с движущегося автомобиля.

На перспективных изображениях можно оценить плавность участков дороги длиной до 2—4 км. Их используют главным образом для оценки плавности полотна дороги, хотя более сложные программы ЭВМ дают возможность построить также и изображения откосов земляного полотна и рельефа прилегающих участков местности. Наибольшее распространение получил способ линейной перспективы на вертикальную плоскость, который дает малоискаженные изображения при угле видимости, не превышающем 30°. Для построения вида дорог сбоку или в горной местности предложен ряд уточненных методов, разработанных преимущественно в Харьковском автомобильно-дорожном институте.

Модели отдельных участков дороги дают более наглядное представление о виде отдельных сложных участков дороги, позволяя оценить их при взгляде

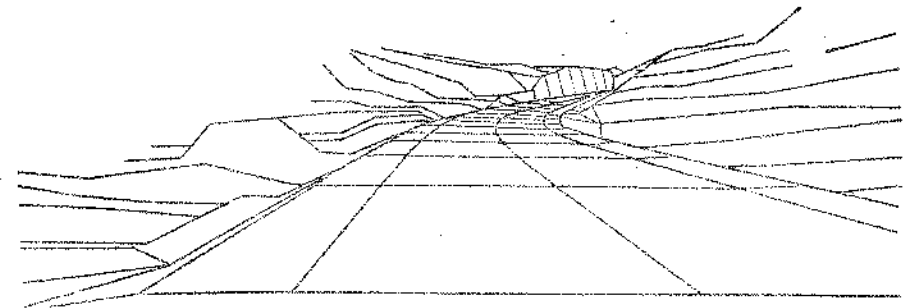


Рис. IX.18. Перспективное изображение участка дороги, построенное ЭВМ с использованием графопостроителя

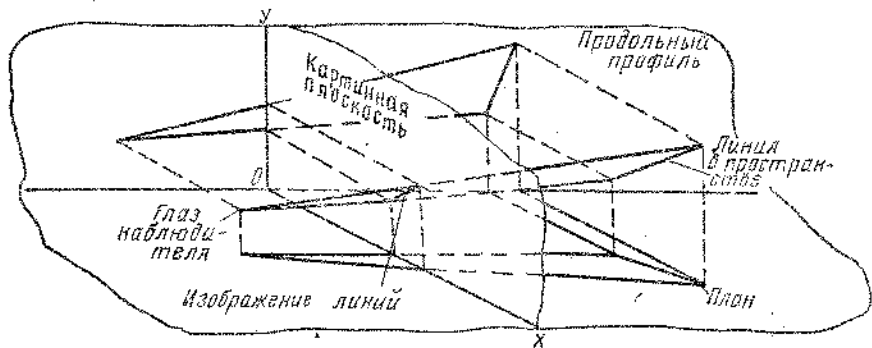


Рис. IX.19. Схема построения проекции для перспективных изображений

с любой стороны. Обычно объемные макеты готовят для выбора вариантов сложных пересечений в разных уровнях, сооружений на косогорных участках и т. д. Устанавливая на макете местности модели разных вариантов сооружений, можно выбрать конструкцию, наилучшим образом соответствующую местным условиям.

При построении перспективных изображений участков дороги вручную целесообразно пользоваться координатным методом, откладывая на чертеже координаты характерных точек полотна дороги, определенные аналитически. Для построения перспективы дороги применяют обычные способы линейной перспективы — перспективы на вертикальную плоскость. Задача построения перспективного изображения какого-либо участка трассы сводится к изображению ее проекции на плоскость изображения («картинную плоскость»), пользуясь ранее известными ее проекциями на вертикальную и горизонтальную плоскости координат.

Техника построения перспективного изображения сводится к следующему (рис. IX. 19). Проводя из проекции точки зрения на вертикальную и горизонтальную плоскости лучи, соединяющие их с характерными точками на проекциях, находят точки пересечения этих лучей с проекциями картинной плоскости  $Ox$  и  $Oy$ . Таким образом получают проекции характерных точек перспективного изображения на оси картинной плоскости. Восстанавливая из этих точек перпендикуляры, получают в точках пересечения одноименных перпендикуляров характерные точки изображения. Луч, направленный из точки зрения перпендикулярно к плоскости изображения, называют главным лучом зрения.

Из условия подобия изображений на картинной плоскости и истинной величины предмета между ними должно быть выдержано соотношение:

$$l = \frac{ah}{px}$$

где  $l$  — изображение, см;  $h$  — размер предмета, см;  $x$  — расстояние до предмета, см;  $a$  — расстояние до картинной плоскости, м;  $n$  — масштаб чертежа.

На основе опыта построения перспективных изображений участков дорог выработаны следующие рекомендации:

точки зрения — характерные места расположения наблюдателя — избирают на водоразделах и перед местами с ограниченной видимостью на расстоянии, равном расчетному расстоянию видимости из условий обгона, при расположении глаза водителя в 1,5 м от правой кромки проезжей части и на высоте 1,2 м;

расчетная дальность плоскости изображений от глаза наблюдателя — 100 см; луч зрения при малых продольных уклонах дороги принимают горизонтальным, на затяжных спусках — параллельным их среднему уклону;

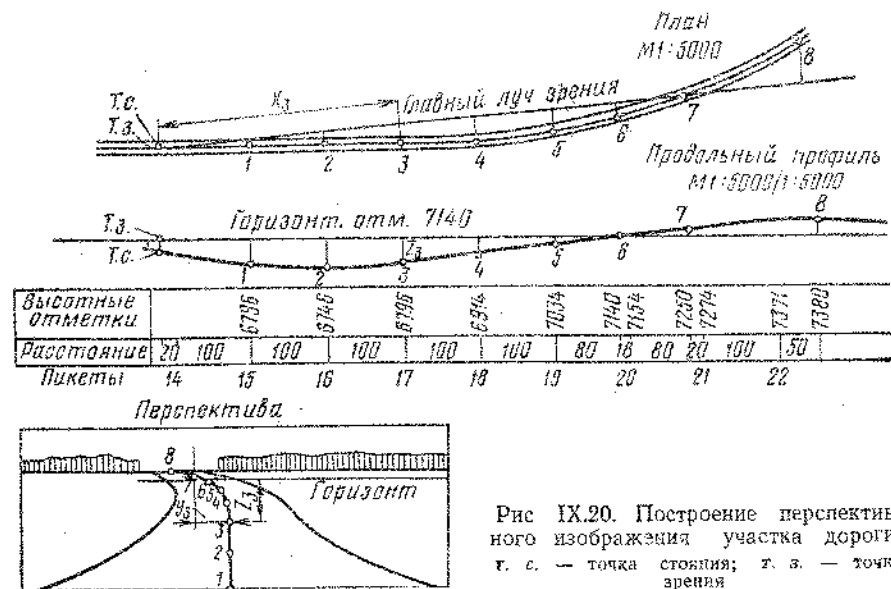


Рис IX.20. Построение перспективного изображения участка дороги: т. с. — точка стояния; т. з. — точка зрения

в плане луч зрения при слабо извилистой трассе должен быть направлен примерно посередине изображаемого сектора дороги; передний план дороги (до 200 м от наблюдателя), получающийся на перспективных изображениях искаженным, на чертежах не строят; изображаемый участок дороги должен располагаться в пределах угла зрения  $30^\circ$ .

Исходными данными для построения перспективы являются координаты оси дороги (абсолютные или относительные отметки). Координаты в плане рассчитывают аналитически или измеряют по плану трассы в масштабах 1:1000 — 1:2000 от точки стояния наблюдателя по главному лучу зрения. Ординаты рассчитывают аналитически как разницу между отметкой точки зрения и поверхности дороги.

Координаты определяют для всех характерных точек дороги, отражающихся на положении оси дороги в перспективном изображении. Обязательно вычисляют их для начала, конца и середины кривых в плане и профиле, а также для точек пересечения главного луча зрения с поверхностью дороги. Для построения перспективных изображений определение координат выполняют обычно в табличной форме.

Перспективные изображения строят, откладывая рассчитанные перспективные координаты. Перспективные изображения оси получают, соединяя нанесенные точки плавной линией (рис. IX. 20). Все остальные элементы земляного полотна и ситуации придорожной полосы также могут быть построены описанным методом с использованием их отметок и данных о расположении в плане.

Участки дороги, не имеющие необходимой плавности, могут быть исправлены при помощи тех же перспективных изображений. Простейший способ исправления — устранение проектировщиком на глаз непосредственно на перспективном изображении недостатков проложения дороги (крутых поворотов, недостаточной видимости, излишней волнистости). Потом путем обратных пересчетов по координатам изображения вычисляют исправленные координаты плана и профиля дороги.

Проектирование трассы осуществляют на топографических планах (картах) в координатах. Первоначально трассу намечают эскизно, т. е. от руки или с помощью гибкой линейки. Для оценки и последующей доработки трассы эскизную линию необходимо трансформировать в геометрически правильную линию, представляющую собой последовательность, состоящую из отдельных, соответствующим образом соединенных между собой элементов трассы: клотонд, отрезков клотонд, круговых кривых и прямых.

Эта задача может быть решена на ЭВМ с использованием программ, реализующих: метод опорных элементов (программа «План-1»); метод аппроксимации последовательности точек (программа «План-2»).

Кроме того, в Союздорпроекте разработаны и применяются при проектировании программы «План-3» и «План-4» для расчета координат точки трассы и данных для разбивки трассы.

На рисунках и в формулах приняты следующие обозначения:  $XOY$  — общая система координат (абсолютная или условная), в которой осуществляется проектирование;  $X^j, O^j, Y^j$  — местная система координат  $j$ -го элемента трассы. За начало координат для кругового элемента принимают начальную (по ходу расчета) точку круговой кривой. Для клотонд или отрезков клотонд за начало координат принимают точку, где клотонда имеет  $R = \infty$ ; ось  $X^j$  принимают по касательной к трассе, а ее направление совпадающим с ходом расчета.

Для возможности автоматического контроля знаков геометрических характеристик элементов трассы принято правило знаков, показанное на рис. IX. 21.

**Метод опорных элементов.** Основанием для проектирования трассы по методу опорных элементов является тщательно выполненное графическое решение трассы, получаемое на топососнове в координатах с помощью шаблонов круговых кривых и линейки. Из графического решения берутся данные, необходимые и достаточные для однозначного начертания трассы.

К опорным элементам трассы относятся круговые кривые и прямые, а к связующим элементам — клотонды или отрезки клотонд. Метод опорных элементов основан на принципе аналитической увязки смежных опорных элементов. Определяющими элементами в данном методе как при графической проработке, так и при аналитическом расчете трассы являются опорные элементы.

Приняты три вида опорных элементов (рис. IX.22): фиксированные, полуфиксированные, свободные.

Фиксированным опорным элементом называется элемент, для которого определена конфигурация (т. е. задан тип элемента — прямая или круговая кривая и, кроме того, для круговой кривой задана величина радиуса), а также однозначно определено его положение в общей системе координат.

Полуфиксированным опорным элементом является элемент, для которого определена конфигурация, а положение его в общей системе координат задано таким образом, что допускается в процессе расчета поворот элементов вокруг какой-то точки.

Свободным опорным элементом называется элемент, для которого опреде-

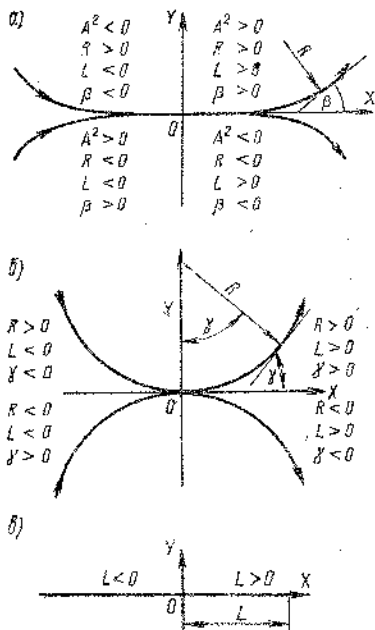


Рис. IX.21. Правило знаков

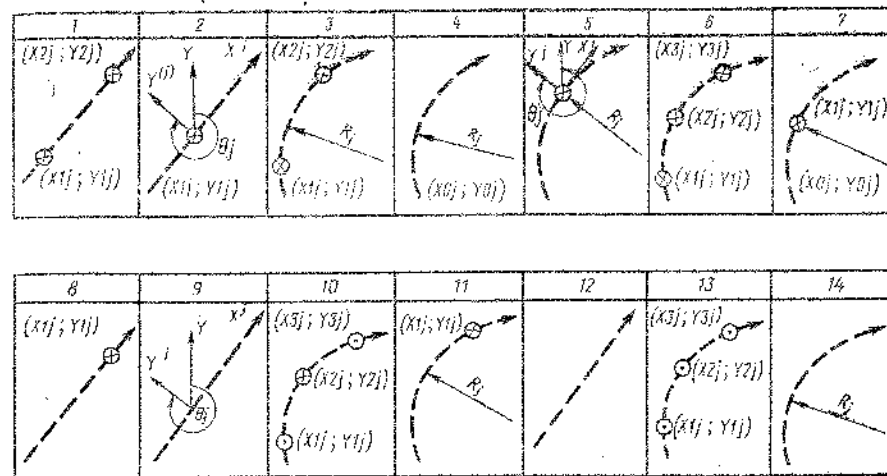


Рис. IX.22. Способы задания опорных элементов и исходные данные по каждому способу задания:

1—7 — фиксированные; 8—11 — полуфиксированные; 12—14 свободные

лена только конфигурация, но не определено его положение в общей системе.

В целях обеспечения возможности осуществления более гибкого варьирования трассы методом предусмотрены различные расчетные схемы, охватывающие всевозможные комбинации элементов трассы, которые могут встретиться при проектировании.

Всевозможные случаи разбиты на три группы (рис. IX. 23), характеризующиеся определенным взаимным расположением опорных элементов и их видом. Для наглядного представления вида опорных элементов на расчетных схемах рис. IX. 23 условно принят один наиболее распространенный способ задания опорных элементов. В практике же могут быть использованы любые способы задания для соответствующего вида опорного элемента, представленные на рис. IX. 22.

Проектирование трассы выполняют следующим образом: анализируя эскизную линию трассы, устанавливают предварительную последовательность элементов без определения их границ и, пользуясь шаблонами круговых кривых и линейками, определяют положение опорных элементов; выбирают наиболее целесообразные способы задания опорных элементов и устанавливают последовательность расчетных случаев; с плана снимают необходимые для расчета на ЭВМ данные; с помощью ЭВМ осуществляют расчет трассы.

Метод опорных элементов реализован в программах для ЭВМ «Нанри-2» (разработанных в Союздорпроекте в 1972 г.). Ввиду ограниченных технических возможностей этой машины каждая программа позволяет определять геометрические характеристики трассы только для одного расчетного случая, что вызывает значительные затраты времени на расшифровку промежуточных результатов, кодирование и перфорирование исходных данных для последующих расчетов.

Отмеченный недостаток ликвидирован в комплексной программе проектирования трассы («План-1») для ЭВМ ЕС-1020, разработанной в Союздорпроекте в 1975 г. Системный подход, используемый в данной программе, позволяет существенно сократить затраты труда. При проектировании трассы с применением комплексной программы отпадает необходимость назначать расчетные случаи, это выполняется программой автоматически на основании анализа комбинаций способов задания опорных элементов и знаков их радиусов.

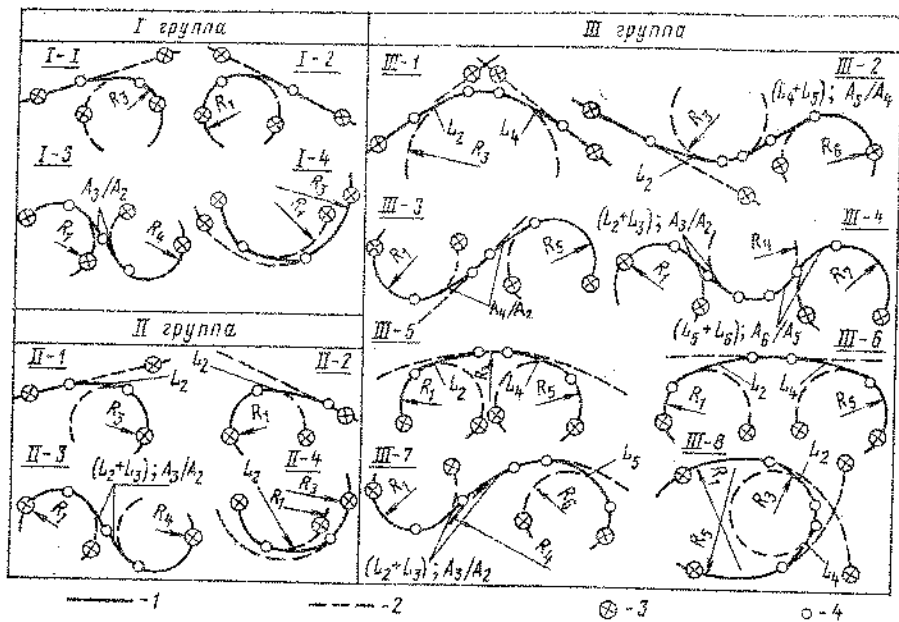


Рис. IX.23. Схемы расчетных случаев:

1 — трасса дороги; 2 — опорный элемент трассы; 3 — фиксированные точки; 4 — главные точки

В результате расчета на печатающее устройство выводятся геометрические характеристики всех элементов (длины, радиусы, параметры, углы поворота), координаты и пикетажные положения главных точек трассы и вершин углов поворота элементов. Кроме того, в комплексной программе производится вывод на диск или магнитную ленту (в зависимости от необходимого срока хранения) результирующего массива, в который по каждому элементу включается: тип элемента; направление касательной в начальной точке элемента; радиусы в начальной и конечной точках элемента; координаты начальной точки элемента; пикетажное положение начала элемента; длина элемента.

Результирующий массив комплексной программы предназначен для использования в качестве исходных данных для других программ (для разбивки трассы, построения перспективы и т. д.).

**Метод аппроксимации последовательности точек.** Чтобы исключить трудоемкую графическую проработку трассы с применением шаблонов и других инструментов, в Союздорпроекте разработан метод аппроксимации последовательности точек. Идея метода заключается в том, что с эскизной линии трассы снимают координаты значительно большего числа точек (рис. IX. 24), чем требуется для однозначного решения геометрии трассы (в этом основное отличие его от метода опорных элементов), а решение плана трассы отыскивается в виде линии, отвечающей требованиям, предъявляемым к клотоидной трассе, из условия минимизации суммы квадратов отклонений проектируемой трассы от эскизной линии.

Поставленная задача реализована в программе «План-2» (разработанной в Союздорпроекте инж. М. А. Григорьевым в 1975 г.).

В программе «План-2» принято, что начальные граничные условия являются фиксированными и постоянными на протяжении всего поиска проектной линии плана (до сколько отмыкание осуществляется либо от запроектированного ранее участка, либо от существующей автомобильной дороги).

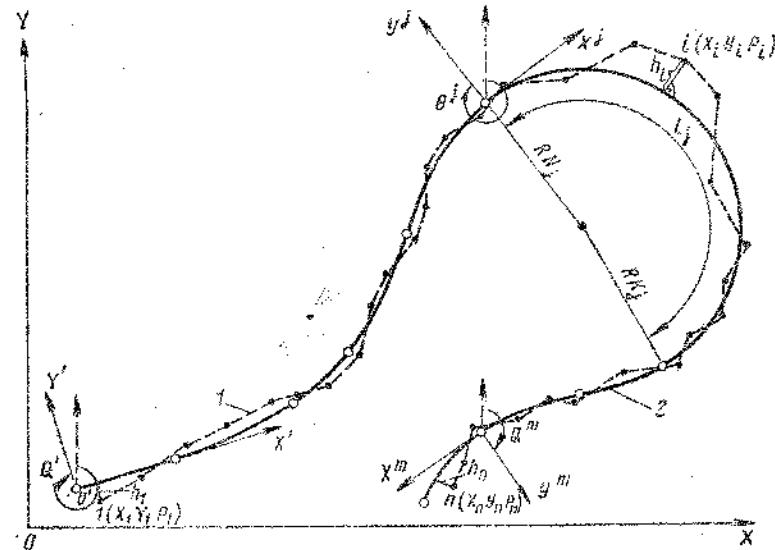


Рис. IX.24. Расчетная схема метода аппроксимации последовательности точек:

1 — эскизная линия трассы; 2 — трасса

Конечные граничные условия могут либо не задаваться, либо определяться посредством введения соответствующих «весов» точек.

Начальное приближение трассы может быть получено: автоматически в программе «План-2» (для этого в программу включен блок, реализующий метод опорных элементов, при этом выборка фиксированных и приближенных точек из последовательности точек, снимаемых с эскизной линии трассы, осуществляется программой автоматически); путем выборки необходимых данных из результирующего массива, получаемого по программе проектирования трассы методом опорных элементов; в виде исходных данных, задаваемых вручную.

Разработано несколько модификаций программы «План-2», в которых используются различные методы математического программирования с целью поиска минимума целевой функции. Разработан, в частности, вариант программы, реализующий метод «наискорейшего спуска». Как и все градиентные методы «наискорейший спуск» позволяет находить локальный минимум. Экспериментальные исследования с применением различных вариантов программы «План-2» показали, что в подавляющем большинстве случаев, когда начальное решение определялось по программе «План-2», локальный и глобальный экстремумы совпадали.

Использование программы «План-2», реализующей метод аппроксимации последовательности точек, позволяет: существенно сократить затраты труда и времени на проектирование в результате исключения графической проработки трассы с использованием шаблонов; повысить качество проектирования благодаря автоматическому учету требований клотоидного трассирования и получению трассы, наилучшим образом описывающей эскизную линию. Однако по сравнению с программой, реализующей метод опорных элементов, счет по программе «План-2» занимает существенно большее время. Так, например, участок трассы протяженностью 20 км в средних условиях по программе «План-2» рассчитывается за 30—40 мин.

С целью дальнейшего улучшения проектирования трассы с помощью ЭВМ разработана программа «План-3» для машины ЕС-1020. Программа предназначена для расчета координат главных и промежуточных точек трассы, а также

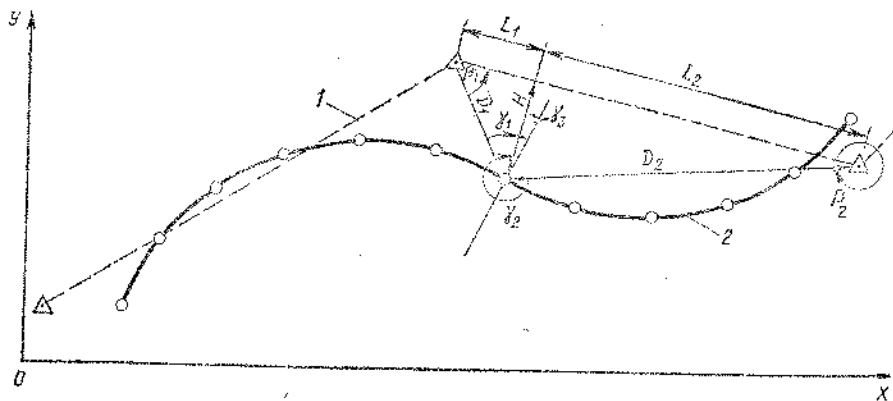


Рис. IX.25. Схема выноса трассы в натуру:  
1 — магистральный ход; 2 — трасса

направлений поперечников к трассе. Эта программа может использоваться для построения разбивочных чертежей трассы, а также для последующих расчетов в отдельной программе разбивки трассы от произвольного магистрального хода («План-4»). В дальнейшем результаты программы «План-3» могут быть использованы для построения продольного и поперечных профилей с использованием цифровых моделей местности. Программа «План-3» может быть применена как в комплексе с программой проектирования плана трассы («План-1» и «План-2»), так и автономно. В последнем случае данные, содержащиеся в результирующем массиве программы «План-1», задают вручную. Промежуточные точки могут задаваться либо с постоянным интервалом между ними, либо с переменным (в этом случае задается массив пикетажных положений промежуточных точек трассы).

Аналогичная программа, но предназначенная для работы только в автономном режиме, разработана в Союздорпроекте и для ЭВМ «Найри-2».

Программа «План-4» предназначена для расчета данных разбивки трассы от произвольного магистрального хода методами: абсцисс и ординат, полярным, засечками. В результате расчета получают величины  $L_1, L_2, H, \gamma_3, D_1, \beta_1, \gamma_1, D_2, \beta_2, \gamma_2$ , смысл которых ясен из рис. IX.25.

Программа может работать в комплексе с программой «План-3» или автономно. В последнем случае задают радиус начальный, радиус конечный и длину по каждому элементу трассы. Магистральный ход может задаваться либо длинами линий и углами поворота хода, либо координатами вершин углов поворота. Аналогичная программа, но предназначенная для работы только в автономном режиме, разработана в Союздорпроекте и для ЭВМ «Найри-2».

### § IX.8. ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Для построения перспективных изображений может быть использована программа «Перспектива» для ЭВМ «Найри-2», разработанная в Союздорпроекте в 1972 г.

Программой предусмотрена возможность построения серии перспективных изображений проектируемой автомобильной дороги с постоянным или переменным интервалом между точками зрения водителя. Это позволяет один раз вычислить пространственные координаты всех интересующих точек (оси, бровок, кромок и др.) для всей серии перспектив, осуществляя в последующем лишь пересчет из общей системы координат в частные для каждого перспективного изображения. Такой подход позволяет существенно экономить время счета, по-

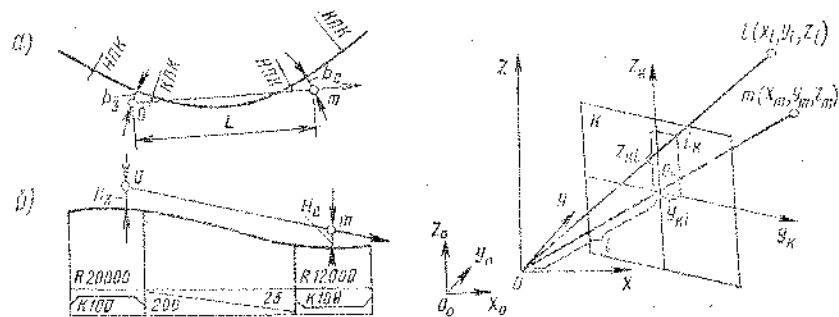


Рис. IX.26. Выбор направления главного луча зрения:  
а — план; б — профиль; о — точка зрения; т — точка сосредоточенного внимания

Рис. IX.27. Схема определения перспективных координат изображаемой точки

скольку основной объем вычислительных работ составляет определение координат точек дороги в общей системе.

Данные о геометрии проектируемой автомобильной дороги задают по элементам плана, продольного и поперечного профилей. По каждому элементу плана задают характеристики: индекс, характеризующий тип элемента (прямая, криволинейная и т. д.), длину элемента, минимальный радиус на элементе.

Каждый элемент продольного профиля задают двумя характеристиками: длиной и радиусом.

Поперечные профили могут быть заданы двумя способами: путем введения геометрических характеристик типового поперечного профиля дорожного полотна, что позволяет строить перспективу с минимальными затратами на подготовку исходной информации;

путем введения индивидуальных поперечников в характерных точках проектируемой дороги, когда требуется получать перспективные изображения с учетом изменения ширины проезжей части и земляного полотна, а также выража на закруглениях.

В программе «Перспектива» в качестве картины принята плоскость. Положение главного луча зрения в пространстве может определяться программой автоматически. Для этой цели задают расстояние сосредоточенного внимания  $L$  (рис. IX. 26), которое может быть принято в зависимости от расчетной скорости  $v_p$ , равным:

$v_p$ , км/ч	40	60	80	100	120	150
$L$ , м	46	180	300	420	540	680

Для определения перспективных координат можно воспользоваться рис. IX.27. На рис. IX.27 показаны;

$x_{kl}, z_{kl}$  — перспективные координаты изображаемой точки;  $l$  — расстояние от точки зрения до картинной плоскости;  $x_m, y_m, z_m$  — координаты точки сосредоточенного внимания в системе  $X_0O_0Y_0$ ;  $x_i, y_i, z_i$  — координаты точки в системе  $X_0O_0Y_0$ .

Масштабирование перспективного изображения осуществляют изменением расстояния  $l$ . Перспективные координаты могут быть выданы на печатающее устройство.

Предусмотрена также возможность построения перспективных изображений на графопроекторе ДГУ-2, для чего программно осуществляется систематизация перспективных координат по характерным линиям (бровкам земляного полотна, кромок покрытия, оси и т. д.). Характерные линии аппроксимируются кусочно-параболическими функциями, что позволяет добиться их плавного очертания.

## ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

## § X.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЕРЕСЕЧЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Проектирование пересечений выполняется с учетом требований СНиП II-Д.5-72 и «Технических указаний по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог» (ВСН 103-74 Минтрансстроя СССР).

Пересечения проектируют на основе перспективных размеров, состава и характера движения, частоты и удельных размеров движения автомобилей, изменяющих направление движения с одной из пересекающихся (или соединяющихся) дорог на другую. В зависимости от расположения сходящихся дорог и организации движения потоков автомобилей могут быть устроены пересечения или примыкания.

Безопасность и удобство движения обеспечиваются своевременной видимостью пересечения, хорошей просматриваемостью, понятностью и удобством проезда пересечений и примыканий.

Пересечения рекомендуется проектировать на свободных площадках и при рельефе, облегчающем технические решения, а также на прямолинейных в плане участках соединяющихся дорог. Недопустимо проектировать пересечения в конце или начале участков с большими уклонами значительного протяжения.

Выбор схемы пересечения, обоснование технических решений по обустройству пересечений, а также сроков строительства (кроме пересечений между собой дорог IV и V категорий) производят на основе технико-экономических сопоставлений вариантов с учетом строительной стоимости, затрат времени пассажирами, транспортных и дорожно-эксплуатационных расходов и стоимости занимаемых земель.

По протяжению дороги пересечения следует рассматривать в единой связи друг с другом (тип смежных пересечений и расстояние между ними, обеспеченность транспортными связями прилегающих территорий с дорогой).

Чтобы уменьшить площадь, необходимую для размещения сложного пересечения с большим количеством ответвлений, элементы соединительных ответвлений следует проектировать исходя из минимальной расчетной скорости движения, при этом расчетную скорость в зависимости от категорий пересекающихся дорог принимают для пересечений в одном уровне от 15 км/ч и для пересечений в разных уровнях от 40 км/ч с доведением до расчетных скоростей лишь на полосах движения основных потоков пересекающихся дорог.

Для уменьшения помех от местного движения, повышения скоростей, удобства и безопасности движения основных потоков на автомобильных дорогах I, II и III категорий количество пересечений, съездов и въездов должно быть возможно меньшим. Пересечения и примыкания на дорогах I и II категорий вне пределов населенных пунктов проектируют, как правило, не чаще чем через 5 км, а на дорогах III категории не чаще чем через 2 км.

В случае проложения дорог I—III категорий через населенные пункты пропуск местного движения, как правило, следует предусматривать по параллельным улицам и дорогам, с которых устраивают въезды на основные дороги в начале и конце населенного пункта.

Все съезды и въезды на дороги I—III категорий на подходах к основной дороге должны иметь твердые покрытия: при песчаных и супесчаных грунтах на протяжении 50 м; при легких суглинистых грунтах — 100 м; при глинистых и тяжелых суглинистых грунтах — 150 м. Въезды на дороги IV категории, имеющие твердые покрытия, следует предусматривать с устройством твердых покрытий на протяжении не менее 25 м.

Полевые дороги и скотопрогоны при проектировании дорог I—III категорий отводят под ближайшие искусственные сооружения с соответствующим их обустройством. При отсутствии на протяжении более 2 км подходящих для этих

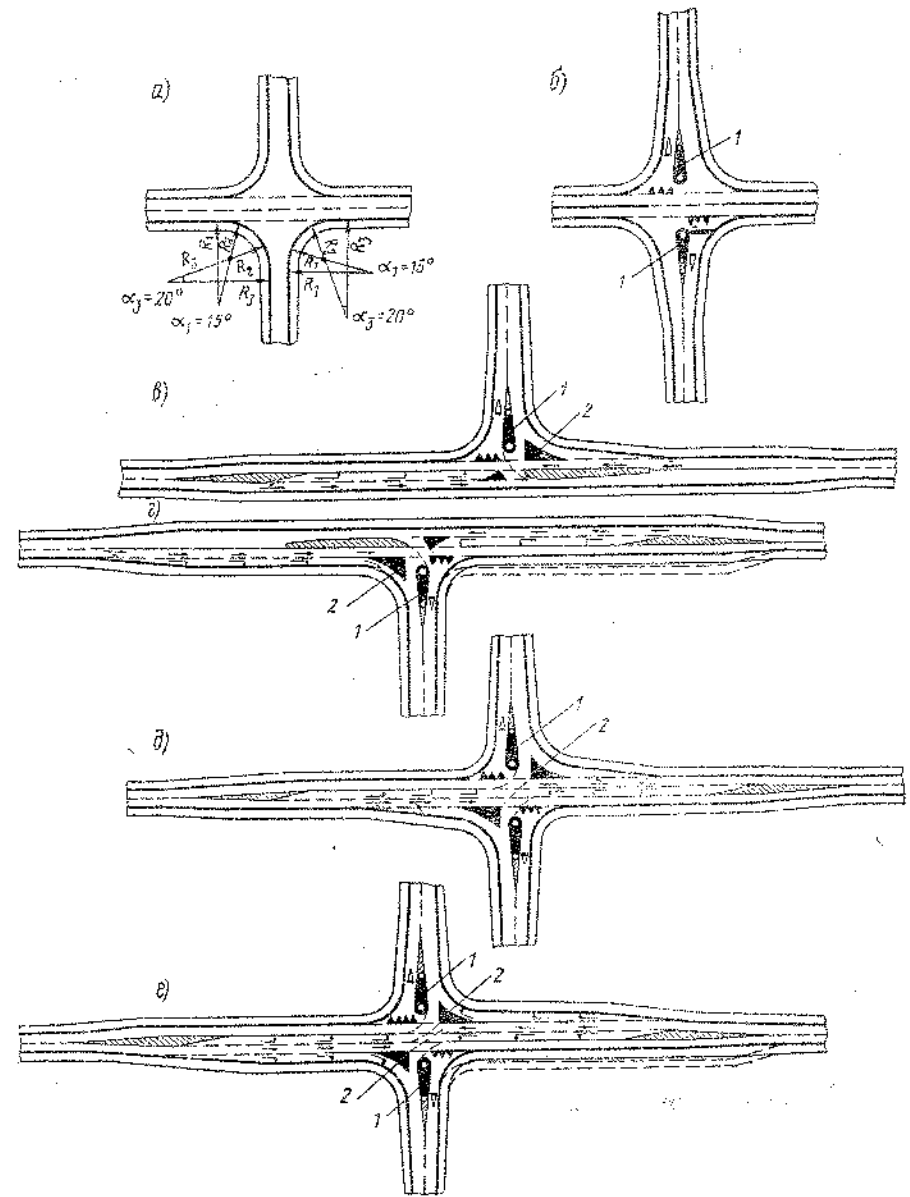


Рис. X.1. Схемы пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном уровне:

а, б, д, е — пересечения; в, г — примыкания; на схемах г и е пунктиром показаны полосы разгона; на каплевидных островах белыми кружками показано расположение знаков объезда островков;

1 — каплевидный островок; 2 — островок треугольной формы



целей отверстий искусственных сооружений при необходимости предусматривают устройство специальных сооружений или путепроводов с габаритами: для пропуска полевых дорог —  $6,0 \times 4,5$  м; для путей прогона скота  $4,0 \times 2,5$  м.

При назначении отверстий искусственных сооружений необходимо учитывать возможность стадного развития полевых дорог и перевода их в автомобильные дороги IV—V категорий общей сети, а при пересечении дорог с шестью-восемью полосами движения — дополнительно обеспечение достаточной освещенности путем увеличения габарита или устройства искусственного освещения.

### § X.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ОДНОМ УРОВНЕ

Пересечения (и примыкания) автомобильных дорог II категории с дорогами IV и V категорий, а также дорог III, IV и V категорий между собой при перспективной суммарной интенсивности движения на пересечении менее 4000 авт./сут проектируют в одном уровне.

При суммарной интенсивности движения от 1000 до 4000 авт./сут принимают схемы пересечений и примыканий с переходно-скоростными полосами, зонами безопасности, островками на второстепенных дорогах и другими мероприятиями по канализированию потоков и четкой организации движения в соответствии с распределением потоков по направлениям.

При проектировании участков дорог в зоне пересечений и примыканий не следует принимать минимальные величины радиусов горизонтальных и вертикальных кривых, переходных кривых и других элементов плана и профиля. Необходимо придерживаться рекомендуемых значений, в особенности в отношении элементов главной дороги.

Основные требования к продольному профилю и плану дорог в зоне пересечений сводятся к следующему:

продольный уклон на расстоянии видимости поверхности дороги должен быть не более 40%; продольный уклон второстепенной дороги на расстоянии 20 м от кромки проезжей части главной дороги рекомендуется назначать не более 20%;

на пересекающихся дорогах не рекомендуется применять вертикальные выпуклые кривые, особенно на главной дороге. При невозможности избежать этого следует использовать средства зрительного ориентирования (насаждения, ограждения и т. д.);

оси, пересекающихся или примыкающих дорог должны образовывать угол, близкий к прямому. При слиянии или разветвлении неравнозначных дорог главным дорогам следует обеспечить большую плавность с четким выделением траекторий основных потоков; главная дорога должна по возможности быть прямолинейной; на участках виражей главной дороги устраивать примыкания нежелательно;

рекомендуется обеспечить видимость пересечения из условия обгона, особенно для главной дороги. Расстояние видимости из условия остановки автомобиля должно быть обеспечено в любом случае.

Рекомендуемые ВСН 103-74 схемы пересечений и примыканий дорог в одном уровне приведены на рис. X.1. На главных дорогах полосы движения или другие устройства по организации движения (островки и т. д.) выделяют разметкой соответствующих зон без возвышения их над проезжей частью. В районах с непродолжительным снежным покровом каплевидные островки и островки-указатели на второстепенных дорогах рекомендуется устраивать возвышающимися над проезжей частью высотой 10—15 см.

При наличии в зоне пересечения более четырех, а в зоне примыкания более трех подходов дорог необходимо привести узел к основным схемам (рис. X.2). Расстояние  $l$  следует устанавливать из условия получения участка достаточного протяжения для ожидающих на второстепенной дороге автомобилей, но не менее 20 м.

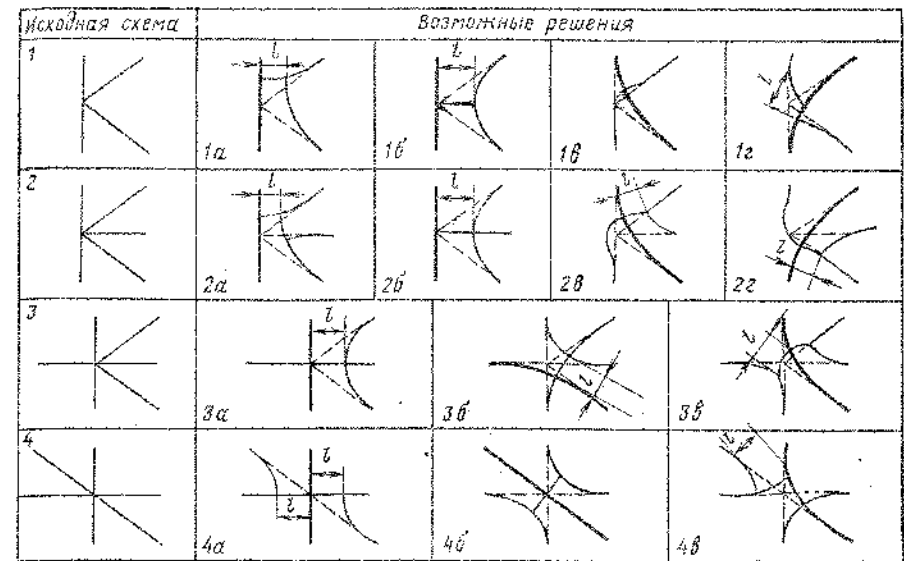


Рис. X.2. Схемы приведения сложных узлов к простым с учетом проложения главной дороги

При сложности выполнения из-за местных условий пересечений по схемам рис. X.1 допускается проектировать кольцевые пересечения, например в случае соединения более четырех примыкающих дорог или когда размеры движения на пересекающихся дорогах одинаковы или отличаются не более чем на 20%, а число автомобилей с левоповоротным движением составляет не менее 40% от интенсивности на пересекающихся дорогах. На магистральных дорогах большого протяжения кольцевые пересечения не рекомендуются.

При проектировании кольцевых пересечений необходимо обеспечить своевременную информацию о их наличии на дороге, их видимость из условия обгона и четкое выделение на окружающем фоне, а в ночное время — освещение. Диаметр центрального островка: рекомендуемый 100 м, наименьший 60 м. Кольцевая проезжая часть должна иметь ширину не менее 11 м.

Минимальный радиус сопряжения (по внутренней кромке проезжей части) на пересечениях и примыканиях принимают независимо от угла пересечения и примыкания: при съездах с дороги I, II и III-й категорий не менее 25 м, с дорог III и IV-й категорий 20 м и с дорог IV—V категорий 15 м. При тупых углах сопряжения рекомендуется рассмотреть возможность увеличения радиусов до 30—50 м. При расчете на регулярное движение автопоездов радиусы кривых на съездах следует увеличивать до 30 м.

Сопряжения пересекающихся дорог должно включать входные и выходные переходные кривые. Переходные кривые сопряжения могут быть заменены круговыми кривыми (см. рис. X.1, а) из условия сопряжения входной кривой угла в  $15^\circ$  и выходной кривой  $20^\circ$ . Радиус входной кривой  $R_1$  принимают равным двум минимальным радиусам круговой кривой на сопряжении  $R_2$ , а радиус выходной кривой  $R_3$  — трем наименьшим радиусам второстепенной из сопрягающихся дорог.

В зоне пересечения или примыкания необходимо обеспечить видимость водителям, подъезжающим по главной и второстепенной дорогам из условия остановки автомобилей до пересекаемых полос движения (рис. X.3). Расстояние видимости поверхности дороги  $L_a$  и  $L_d$  должны соответствовать расчетным скоростям движения на пересекаемых дорогах А—А и Д—Д и продольным уклонам на подходах (табл. X.1). Расположение глаз водителя принято на

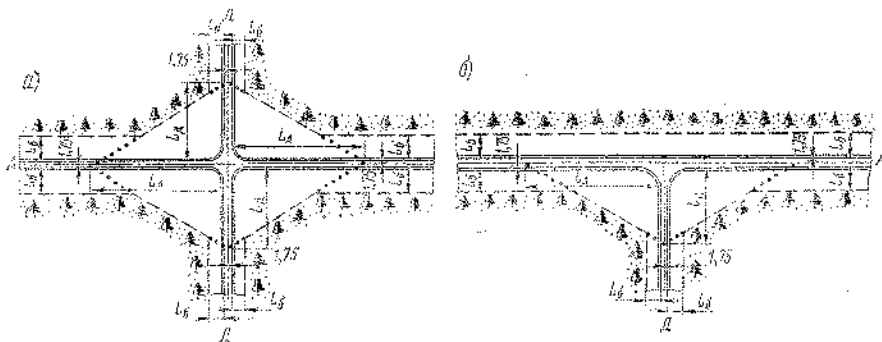


Рис. X.3. Схемы обеспечения видимости:

*a* — на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне; *b* — на примыканиях;  
 $L_A, L_D$  — расстояния видимости поверхности дороги;  $L_B$  — расстояние боковой видимости; — — — граница зоны видимости

расстоянии 1,75 м от кромки проезжей части и на высоте 1,20 м над проезжей частью.

Главная дорога должна просматриваться водителями при приближении по ней к пересечению на расстояние видимости из условия обгона, которое рекомендуется принимать не менее 600 м. Если в перспективе не предусматривается перевод дороги в более высокую категорию, допускается это расстояние уменьшать на дорогах III категории до 400 м, на дорогах IV категории до 300 м и V категории до 200 м. На это же расстояние должна просматриваться главная

Таблица X.1

Расстояния видимости на пересечениях

Продольный уклон, %	Минимальные расстояния видимости поверхности дороги, м, при расчетной скорости, км/ч						
	150	120	100	80	60	50	40
+40	230	160	130	90	65	50	40
+20	240	165	135	95	70	55	45
0	250	175	140	100	75	60	50
-20	260	180	145	105	80	65	55
-40	270	190	150	110	85	70	60

дорога водителями автомобилей, подъезжающими по второстепенной и остановившимися в 10 м от кромки проезжей части главной дороги, для оценки обстановки на ней (обеспечение обзорности).

#### § X.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Пересечения автомобильных дорог I категории с автомобильными дорогами всех категорий, дорог II категории с дорогами II и III категорий, а также дорог III категории между собой при перспективной суммарной интенсивности на пересечении на 20-й год более 4000 авт./сут следует проектировать в разных уровнях.

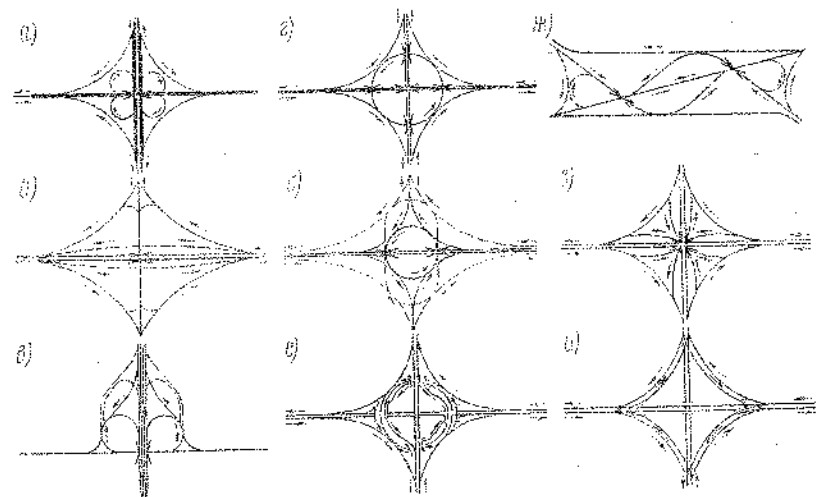


Рис. X.4. Схемы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях

Пересечения дорог в разных уровнях проектируют с таким расчетом, чтобы на дорогах I и II категорий не было левых поворотов, при которых основные потоки движения пересекаются в одном уровне. На пересечениях с дорогами III категории и ниже разрешается принимать схемы, которые допускают пересечение основных направлений движения этих дорог (неполные транспортные развязки). При этом следует предусматривать перспективное развитие дорог и пересечения с минимальной перестройкой.

При пересечении дорог I и II категорий в разных уровнях для четкой организации движения основных и вливающих потоков с местными дорогами предусматривают развороты без пересечения в одном уровне прямых направлений движения на этих дорогах.

Схемы пересечений в разных уровнях представлены на рис. X.4;

пересечение типа «клеверный лист» (рис. X.4, *a*) — наиболее распространенный и сравнительно недорогой;

неполный «клеверный лист» с четырьмя съездами (рис. X.4, *b*) целесообразно применять при стададном строительстве с дальнейшей достройкой левоповоротных съездов и при пересечении с второстепенной дорогой. При отсутствии перспективы развития пересечения в полный «клеверный лист» в соответствии с распределением потоков движения и местными условиями схема может быть видоизменена в «ромбовидный» тип пересечения с приближением к путепроводу мест примыкания (на рис. X.4, *b* показана пунктиром);

неполный «клеверный лист» с двумя двухпутными съездами в смежных секторах (рис. X.4, *в*) следует использовать при пересечении с второстепенной дорогой в стесненных условиях, при прохождении второстепенной дороги вдоль железной дороги, реки и т. д. Пунктиром дан вариант с вытянутыми левоповоротными съездами, который занимает большую площадь и увеличивает пробег автомобилей;

«распределительное кольцо» с пятью путепроводами (рис. X.4, *г*) устраняют при пересечении дорог I и II категорий с большой интенсивностью движения и значительным удельным весом поворачивающих налево автомобилей, а также в стесненных условиях;

«распределительное кольцо» с двумя путепроводами (рис. X.4, *д*) также применяют на пересечении дорог I и II категорий с дорогами III—V категорий при большой интенсивности движения поворачивающих налево автомобилей

или в стесненных условиях; вариант «вытянутое кольцо» (показан пунктиром) занимает большую площадь и увеличивает путь поворачивающих налево автомобилей;

«турбинный» тип пересечения (рис. X. 4, е) имеет более высокую строительную стоимость по сравнению с типом «распределительное кольцо»; в зависимости от распределения потоков по направлениям он может быть выполнен с элементами «клеверного листа» (грушевидный тип пересечения);

линейное пересечение с искривлением трассы одной дороги (рис. X. 4, и) применяется при пересечении существующей дороги или дорог разных категорий под углом менее 30°. При новом строительстве всего узла дорог одной категории можно видоизменить схему с искривлением трассы обеих дорог;

направленный тип пересечения (рис. X. 4, з) выполняется в четырех уровнях. Строительная стоимость большая, но обеспечиваются высокие скорости движения;

пересечение по типу криволинейного четырехугольника (рис. X. 4, в, и) требует 16 путепроводов и имеет еще большую строительную стоимость, но зато движение автомобилей выполняется по кратчайшим направлениям.

В соответствии с распределением потоков по направлениям и местными условиями могут применяться развязки директивного типа, komponуемые из отдельных элементов различных типов пересечений.

Примыкания могут быть запроектированы по одной из рекомендуемых схем:

по типу «трубы» (рис. X. 5, а) — сравнительно недорогое и компактное примыкание, применяется при отсутствии перспективы реконструкции примыкания в пересечение. При перспективности реконструкции предпочтительнее «листовидный» (рис. X. 5, б) или «кольцевой» (рис. X. 5, в) тип. В зависимости от местных условий и распределения потоков движения может быть применено, также, зеркальное изображение схемы «трубы»;

«кольцевой» тип (рис. X. 5, в) более компактен, но применим при перспективном развитии примыкающей дороги в дорогу не выше III категории;

«грушевидный» тип (рис. X. 5, г) рекомендуется при отсутствии в перспективе потребности перевода примыкания в пересечение и в случае примыкания дорог I и II категорий. Он создает лучшие по сравнению с другими типами условия для движения по примыкающей дороге;

разветвление по типу «треугольника» (рис. X. 5, д) рекомендуется для дорог II и III категорий при отсутствии перспективы перевода его в пересечение.

Правоворотные съезды на пересечениях в разных уровнях выполняют, как правило, в виде сочетания переходных и круговых кривых, а также прямых вставок. При острых углах примыкания правоворотные съезды их проектируют в виде единой кривой, без прямых вставок. Сопряжение с применением обратных кривых допускается лишь в исключительных случаях. Радиусы кривых правоворотных съездов принимают из условия обеспечения в местах выездов

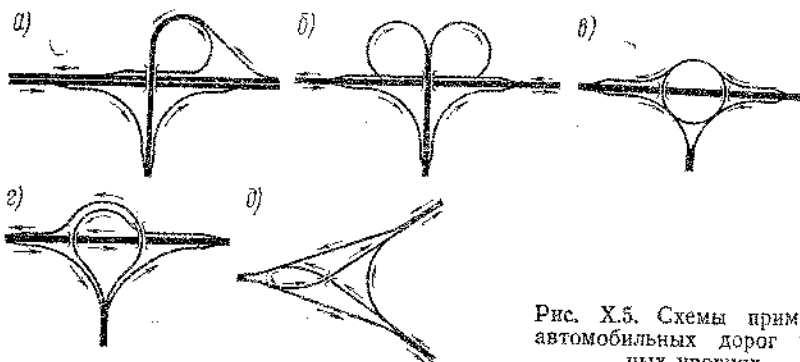


Рис. X.5. Схемы примыканий автомобильных дорог в разных уровнях

на основные дороги и съездов с них расчетных скоростей не менее 80 км/ч для дорог I и II категорий (наименьший радиус — 250 м) и не менее 60 км/ч для дорог III категории (наименьший радиус 125 м).

При значительном количестве поворачивающих направо автомобилей следует рассмотреть целесообразность смещения правоворотных съездов от центра пересечения на основе технико-экономических сопоставлений с учетом строительных и транспортно-эксплуатационных затрат, в при острых углах пересечения рекомендуется рассмотреть целесообразность двухпутных съездов для движения в обоих направлениях.

Левоворотные съезды пересечений типа «клеверный лист» в плане следует максимально приближать к центру пересечения с соблюдением допустимых параметров элементов плана и профиля. Смещение съездов от центра пересечения, вызывающее перепробег автомобилей, должно быть обосновано технико-экономическими расчетами. Расстояние между концом и началом смежных левоворотных съездов из условия обеспечения плавного вписывания в соответствующие полосы движения должно составлять не менее 30 м.

Радиусы кривых левоворотных съездов с дорог I и II категорий на пересечениях в разных уровнях по схеме «клеверный лист» и другим аналогичным схемам следует принимать исходя из условия обеспечения скоростей движения не менее чем 50 км/ч и съездов с дорог III категории — не ниже 40 км/ч (наименьший радиус — 60 м). Прямые вставки, как правило, не должны допускаться. Элементы левоворотных съездов назначают по категории дороги, с которой происходит съезд.

Радиусы кривых съездов следует определять на основе расчетных значений используемой доли коэффициентов сцепления в поперечном направлении заложенных в СНиП II-Д.5-72 и равных: 0,15 при скорости 80 км/ч, 0,16 при скорости 60 км/ч, 0,165 при скорости 50 км/ч и 0,17 при скорости 40 км/ч. При устройстве покрытий на съездах повышенной шероховатости способами специальной поверхностной обработки или втапливания одномерного щебня из высокопрочных пород размером 5—10 или 10—15 мм величины коэффициентов сцепления могут быть увеличены, но не более чем на 20% от приведенных значений. При этом радиусы кривых левоворотных съездов могут быть уменьшены до величины не менее 50 м.

Входные переходные кривые левоворотных съездов типа «клеверный лист» рекомендуется проектировать как тормозные с начальной скоростью не

Таблица X.2

Радиусы вертикальных кривых на пересечениях

Элементы пересечения	Наименьший радиус вертикальной вынужденной кривой, м, на съездах дорог категории			Наименьший радиус вертикальной вогнутой кривой, м, на съездах дорог категории		
	I	II	III	I	II	III
Левоворотные съезды	1500	1500	1000	$\frac{1200}{400}$	$\frac{1200}{400}$	$\frac{1000}{300}$
Правоворотные съезды	5000	5000	2500	$\frac{2000}{1000}$	$\frac{2000}{1000}$	$\frac{1500}{600}$

Примечание. В знаменателе приведены наименьшие радиусы вертикальных вогнутых кривых, допускаемые в исключительных случаях.

менее 80 км/ч для дорог I и II категорий и не менее 60 км/ч для дорог III категории.

Ширину проезжей части однопутных левоворотных съездов на пересечениях типа «клеверный лист» назначают 5,5 м, а правоворотных соединительных съездов 5 м на всем протяжении без дополнительного уширения на кривых.

Ширина обочины с внутренней стороны кривых на съездах должна быть не менее 1,5 м, а с внешней стороны 3 м. Обочины на всю ширину должны иметь твердое укрепление. При этом рекомендуется выделять сопряжение проезжей части съездов с обочинами через укрепленные полосы шириной 0,5—0,75 м, отличными от цвета сопрягаемых элементов. При установке ограждений ширину внутренних обочин назначают с учетом скорости движения на съезде и обеспечения ширины полосы безопасности применительно к габаритам мостов. На всех однопутных съездах устраивают вираж с уклоном до 60%.

Длина переходных кривых определяется из условия обеспечения полной ширины проезжей части съезда в сечении расхождения кромок и последующего отгона виража. Увеличение продольного уклона внешней кромок проезжей части на участке отгона виража на съездах не должно превышать 10%. Продольный уклон на подходах дорог к путепроводу и съездах должен быть не более 40%.

Допускаемые наименьшие радиусы вертикальных кривых на отдельных элементах пересечений для разных категорий могут быть приняты по табл. X.2. Величины радиусов вертикальных кривых на съездах должны обеспечивать скорости движения, которые допускают параметры закруглений в плане.

При расчетной интенсивности на съезде большей, чем пропускная способность одной полосы, проектируют двухполосные съезды. Присоединяя двухполосных съездов к основной дороге необходимо проектировать с устройством на ней дополнительной полосы протяжением не менее 600 м. Ширина проезжей части двухполосных съездов должна быть не менее 7,5 м с дополнительным уширением на кривых, ширина внешней обочины — не менее 3 м, внутренней — не менее 1,5 м.

На дорогах I и II категорий выезд со съездов и въезд на них следует выполнять через полосы разгона и торможения. Минимальную их длину принимают не менее 50 м для дорог I и II категорий и 30 м для дорог III категории. Полосы разгона и торможения на смежных левоворотных съездах объединяют (с включением участков дорог над и под путепроводами) с соответствующим уширением или увеличением пролетов путепроводов.

Ширину обочин, примыкающих к переходно-скоростным полосам (особенно в сложных условиях), можно принимать: 1,5 м для дорог I и II категорий и 1 м для дорог остальных категорий. При установке ограждений ширину обочин назначают с учетом скоростей на переходно-скоростных полосах и обеспечения ширины полосы безопасности применительно к габаритам мостов.

Габариты путепроводов должны соответствовать категориям дороги. Опоры путепроводов и пешеходных мостов располагают при пересечении:

автомобильных дорог I—III категорий за пределами земляного полотна на расстоянии не менее 0,5 м от бровок боковых водоотводных устройств, а при их отсутствии на расстоянии от бровок земляного полотна не менее 4 м для устоев и опор в виде сплошных стенок и не менее 2 м для опор стоечного типа. При наклонных опорах указанные расстояния принимают на уровне 1 м над проезжей частью, а на уровне низа пролетных строений внутренние грани опор не должны заходить за бровку земляного полотна в сторону проезжей части более чем на 0,5 м;

дорог IV и V категорий — от бровок земляного полотна не менее 0,5 м, если по условиям видимости не требуется большего отверстия.

На пересечениях автомобильных дорог в разных уровнях при размещении опор следует обеспечивать видимость проезжей части на крайних полосах движения с учетом расчетных скоростей на них и траекторий движения, особенно на пересечениях типа «клеверный лист» с левоворотными съездами.

При установке опор путепроводов на разделятельной полосе устраивают ограждения барьерного типа, предохраняющие опоры от удара автомобилей.

Барьерные ограждения смещают от кромок внутренних полос движения на ширину полос безопасности (не менее 2 м). Для предупреждения передачи усилий на опоры между барьерным ограждением промежуточными опорами путепроводов следует обеспечить зазор не менее 0,5 м. Ширина разделятельной полосы, удовлетворяющая этим требованиям, должна быть не менее 6 м.

При проектировании путепроводов через автомобильные дороги I категории учитывают возможность увеличения числа полос в перспективе, через дороги II категории — возможность перевода в I категорию, а через дороги III категории — во II категорию с переходно-скоростными полосами. Стадийное совершенствование рекомендуется учитывать при перспективной интенсивности 10 000—15 000 авт./сут для дорог I категории, 5000—7000 авт./сут для дорог II категории и 2000—3000 авт./сут для дорог III категории.

Высоту габарита под путепроводами принимают при пересечении: автомобильных дорог I—III категорий 5 м, автомобильных дорог IV—V категорий 4,5 м, велосипедных и пешеходных дорожек (тротуаров) 2,5 м.

Габарит высоты измеряют от наиболее возвышенных отметок проезжей части моста или пересекаемой дороги, покрытия тротуара или велосипедной дорожки. Целесообразно предусматривать увеличение габарита высоты на 10—15 см для учета возможного усугубления дорожной одежды.

При пересечении существующих автомобильных дорог разрабатывают проект путепровода с учетом реконструкции дороги по нормативам категории, соответствующей интенсивности движения на перспективу в 20 лет.

Габарит путепроводов включает проезжую часть и полосы безопасности (предохранительные полосы), а на дорогах I категории дополнительно разделятельную полосу. Габарит путепроводов на пересечениях в разных уровнях дорог I и II категорий при устройстве переходно-скоростных полос увеличивают в соответствии с шириной переходно-скоростных полос и их количеством. При отделении переходно-скоростных полос от основных полосой 0,75 м полосы безопасности уменьшают на эту величину (рис. X. 6 и X. 7).

Ширину многополосных тротуаров (см. рис. X. 6), пешеходных мостов и переходов назначают кратной 0,75 м в зависимости от интенсивности пешеходного движения. На путепроводах с разделяемыми пролетными строениями для каждого направления движения тротуары устраивают с одной стороны. При отсутствии регулярного пешеходного движения (в сутки менее 200 пешеходов) предусматривают только служебные тротуары шириной 0,75 м.

Велосипедные дорожки (см. рис. X. 6) на путепроводах располагают между тротуаром и ограждениями, отделяющими проезжую часть от велосипедной дорожки, устраивая дополнительные перила в зоне установки ограждений. Со стороны тротуаров велосипедные дорожки отделяют продольной разметкой.

При проектировании пересечений в разных уровнях разрабатывают мероприятия по обеспечению: боковой видимости, видимости при движении на кривых

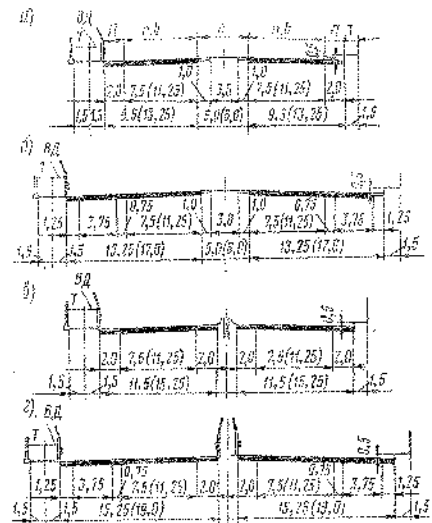


Рис. X.6. Схемы поперечных профилей на путепроводах дорог I категории:

а — при объединенных пролетных строениях без переходно-скоростных полос; б — то же, с переходно-скоростными полосами; в — при разделяемых пролетных строениях без переходно-скоростных полос; а — то же, но с переходно-скоростными полосами; Г — тротуар; ВД — велосипедная дорожка; П — предохранительная полоса; С — разделятельная полоса; б — полоса движения; л — количество полос движения

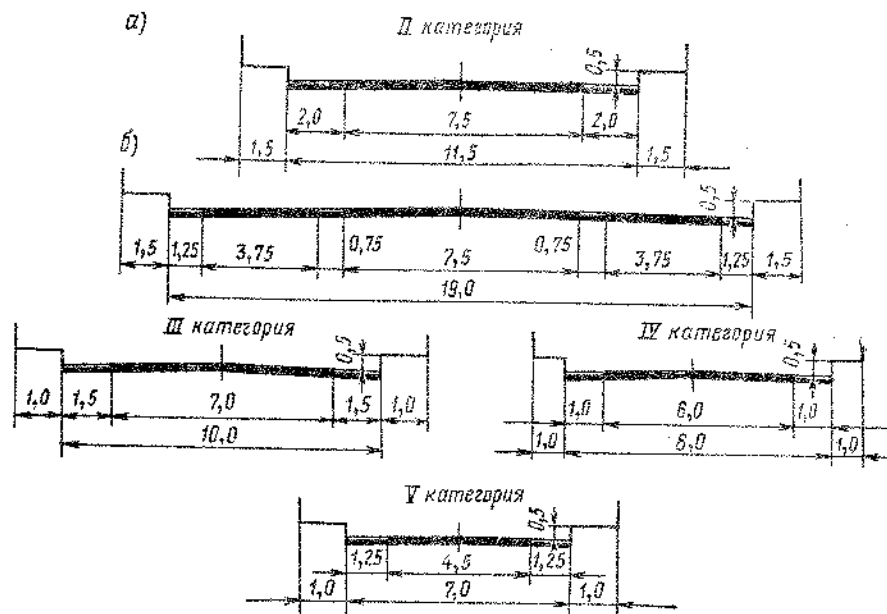


Рис. X.7. Схемы поперечных профилей на путепроводах дорог II—V категорий:

а — без переходно-скоростных полос; б — с переходно-скоростными полосами

вых, видимости в зонах выезда со съездов на автомобильные дороги (рис. X. 8).

Минимальные расстояния боковой видимости от кромки проезжей части принимают 25 м для дорог I—III категорий и 15 м для дорог IV и V категорий. Обеспечение боковой видимости осуществляется путем планировки и расчистки прилегающей территории. Тротуары и велосипедные дорожки рекомендуется выносить с земляного полотна с удалением на расстояние не менее боковой видимости.

На кривых в плане с внутренней стороны должна быть обеспечена видимость поверхности дороги в соответствии с расчетными скоростями движения на подходах к кривым и допускаемыми скоростями движения в пределах кривых в зависимости от их параметров (радиуса, поперечного уклона, коэффициента поперечного сцепления). Особое внимание обеспечению видимости внутри кривых следует уделять в зоне съезда с основных дорог и в зоне выезда со съезда на дорогу.

В зоне выезда со съездов необходимо обеспечить видимость автомобилей, движущихся по основной дороге и препятствующих выезду на нее. Треугольник минимальной видимости на выезде на дорогу со съезда может быть построен из условия расчетной скорости движения на ней и скорости на съезде. Расстояния видимости поверхности дороги и съезда в соответствии с указанными скоростями откладываются по осям крайней полосы движения главной дороги и съезда от их сечения в точке сопряжения кромок проезжих частей навстречу движению и соединяются.

Обеспечение видимости внутри кривых и в зонах выездов на основную дорогу осуществляют путем срезки откосов или удалением препятствий на уровне бровок земляного полотна.

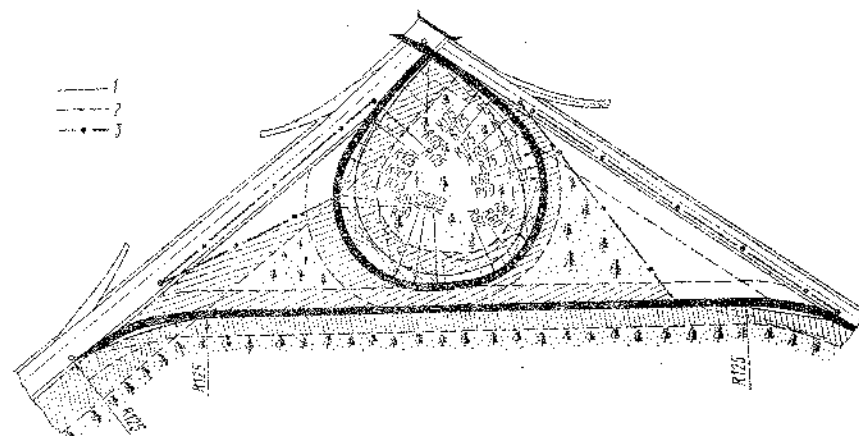


Рис. X.8. Обеспечение видимости на пересечениях в разных уровнях типа «клеверный лист»:

1 — границы зоны видимости внутри кривых; 2 — границы зоны боковой видимости; 3 — границы зоны видимости на въездах со съездов на магистраль

В зоне пересечений в разных уровнях, как правило, не допускается устройство стоянок автомобилей, автобусных остановок и других сооружений, ограничивающих видимость или влияющих на режимы движения.

#### § X.4. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Пропускная способность пересечений в разных уровнях зависит от пропускной способности отдельных участков и элементов пересечений. Основными лимитирующими участками в отношении пропуска автомобилей являются: участки слияния при въезде со съездов на основные полосы движения; участки совмещения транзитного движения — левоповоротного перед выездом на съезд и левоповоротного со съезда на основные полосы в зоне путепроводов на пересечениях типа «клеверный лист»; участки дорог за примыканием правоповоротных съездов (за пересечением); участки выхода автомобилей с основных полос движения и съезды.

На участках слияния при въезде со съездов на основные полосы при загрузке правой внешней полосы дороги, близкой к пропускной способности, вливание затрудняется и на съезде образуются очереди автомобилей. Для вливания с ходу необходим интервал между автомобилями по основной полосе 4,4 с, а для вливания после остановки при скорости менее 10 км/ч — 7,2 с. Поэтому для обеспечения непрерывности движения и повышения пропускной способности этих зон при больших интенсивностях движения на основной дороге и на съезде необходимы полосы разгона достаточной длины. ВСН 103-74 предусматривает увеличение полосы разгона до 600 м при примыкании двухполосных съездов в зоне пересечений в разных уровнях, что обеспечивает выбор интервала между автомобилями достаточной величины и вливание в основные потоки.

Участки дорог за пересечением должны обеспечить пропуск всего движения с учетом въехавших на них автомобилей со съездов. При интенсивности движения по дороге до примыкания, близкой к пропускной способности, и значительной интенсивности движения со съезда необходимо выполнить проверку достаточности полос движения для общей интенсивности и в случае необходимости предусмотреть увеличение числа полос до следующего пересечения.

Участки совмещенного движения под путепроводом или на путепровode на пересечениях типа «клеверный лист» должны обеспечить пропуск транзит-

ных автомобилей, автомобилей, едущих с основной дороги на левоворотный съезд и съезжающих с предыдущего левоворотного съезда на основные полосы движения. Количество полос движения назначают с учетом помех от перекрестения потоков и слияния прямого и поворачивающих потоков.

Пропускную способность съездов можно считать равной пропускной способности участков дорог, имеющих аналогичные параметры в плане и профиле. Скорости движения на съездах ниже, чем на прямых участках дорог. Поэтому пропускная способность полосы движения на съездах превышает пропускную способность полос на дорогах. При размерах движения на съездах, больших пропускной способности одной полосы, следует соответственно увеличивать число полос.

### § X.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

При обосновании выбора типа пересечений определяющим является экономическая эффективность, которая учитывает как транспортные расходы, так и строительные затраты, а также затраты на содержание сооружений.

Транспортные расходы определяют путем расчета экономии времени автомобилями при принятии более совершенного решения и стоимостной оценки экономии времени.

Потери времени могут быть определены в зависимости от сравниваемых вариантов. При сравнении с необорудованными пересечениями могут быть использованы зависимости потерь времени от размеров движения на пересекающихся дорогах (рис. X.9). При сравнении пересечений в разных уровнях с пересечениями, оборудованными светофорами, экономия времени может быть определена по формуле:

$$T = \frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2} \left[ \left( 0,043 + 0,0000097 \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} \right) t_{\text{ц}} + 4,77 \right] + 1,28(N_1 + N_2), \quad (X.1)$$

где  $T$  — общие потери времени из-за наличия пересечения со светофором по сравнению с пересечением в разных уровнях, авт.-ч в год;  $N_1$  и  $N_2$  — интенсивность движения на пересекаемых дорогах, авт./сут;  $t_{\text{ц}}$  — продолжительность полного цикла светофора, с, обычно устанавливаемая в пределах от 60 до 100 с.

На основе этой формулы на рис. X.10 даны величины потерь времени на регулируемом пересечении.

Стоимость 1 авт.-ч для средних условий может быть принята в размере 4,0—4,5 руб. Строительные стоимости пересечения определяют на основе смет-

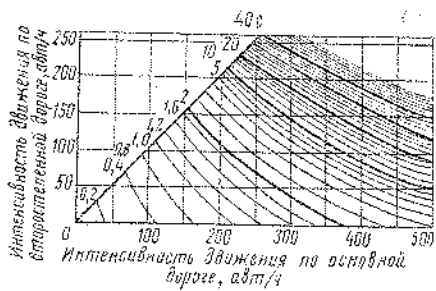


Рис. X.9. Потери времени автомобилями на нерегулируемом пересечении автомобильных дорог в одном уровне

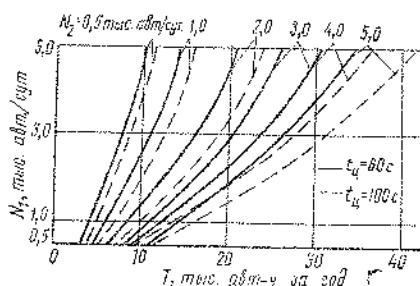


Рис. X.10. Потери времени автомобилями на пересечении со светофором в зависимости от продолжительности полного цикла светофора  $t_{\text{ц}}$  и интенсивностей движения на пересекаемых дорогах

но-финансовых расчетов. Для ориентировочной оценки вариантов их стоимости могут быть получены на основе объемов работ с учетом стоимости выполнения отдельных их видов.

Расходы на содержание и текущий ремонт съездов шириной 5,5 и 5 м, а также переходно-скоростных полос шириной 3,5 м составляют соответственно 0,55, 0,50 и 0,35 тыс. руб. в год на 1 км, а на средний ремонт асфальтобетонного и цементобетонного покрытий, выполняемый через 9—10 лет, затраты составят около 3 тыс. руб. на 1 км съезда и 2,5 тыс. руб. на 1 км переходно-скоростной полосы. Капитальные ремонты производятся только через 27—30 лет, поэтому при сравнении вариантов их можно не учитывать.

Дополнительный народнохозяйственный эффект при строительстве пересечений в разных уровнях взамен пересечений в одном уровне заключается в повышении безопасности и удобства движения автомобилей; облегчении труда водителей; ускорении перевозки пассажиров и доставки грузов; понижении износа автомобилей, расхода топлива и смазочных материалов; повышении комфортабельности поездок пассажиров и сокращении порчи грузов; исключении бросовых работ, выполненных первоначально, при стадийном совершенствовании дороги и пересечения.

При новом строительстве автомобильной дороги выбор типа пересечения решается на основе эффективности дополнительных капитальных вложений в более совершенный вариант. Проведенные в Союздории расчеты показали, что строительство пересечений в разных уровнях по типу «клеверного листа» взамен пересечения со светофорами на дорогах II и III категорий окупается за срок до 10 лет. Целесообразно также оценить разновременность вложения средств и эффективность сооружений, имеющих различный срок службы<sup>1</sup>.

Назначение срока проведения реконструкции и ввода пересечения в разных уровнях в эксплуатацию может быть выполнено из условия равенства годовой экономии на транспортных расходах одной восьмой строительных затрат, увеличенной на сумму дополнительных ежегодных дорожно-эксплуатационных расходов на пересечение в разных уровнях. Целесообразность реконструкции обосновывают аналогично выбору вариантов при строительстве дороги с учетом эффективности вариантов на основе сопоставлений приведенных затрат.

Выполненные в Союздории расчеты показали, что самостоятельная реконструкция пересечения в одном уровне в пересечении в разных уровнях целесообразна при интенсивностях движения более чем в 2 раза больших по сравнению с интенсивностями, принятыми при новом строительстве. Однако совмещение реконструкции пересечения с капитальным ремонтом дороги значительно снижает затраты, производимые при постройке пересечения в разных уровнях, и поэтому может быть целесообразно при интенсивностях движения, близких к интенсивности при новом строительстве дорог.

### § X.6. ПЕРЕХОДНО-СКОРОСТНЫЕ ПОЛОСЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

В дополнение к основным полосам проезжей части на пересечениях устраивают переходно-скоростные полосы для торможения и разгона в целях увеличения пропускной способности, устранения помех прямому движению, улучшения организации движения автомобилей, повышения безопасности и удобства движения и уменьшения времени движения.

Переходно-скоростные полосы предусматривают на пересечениях и примыканиях дорог I—III категорий: в местах съездов и въездов на дорогах I категории при 25 авт./сут и более въезжающих на дорогу и съезжающих с нее; на дорогах II категории при 50 авт./сут и более; на дорогах III категории при количестве выходящих из потока и входящих в него 100 авт./сут и более.

<sup>1</sup> Методическое пособие по определению экономической эффективности проектных решений в дорожно-мостовом строительстве. М., 1973. Авт.: Е. П. Германов, Г. А. Полякова, Ю. М. Ситников и др. (Моск. автомот.-дор. ин-т).

Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог местного значения. М., 1975. 97 с. (Гос. дор. проектно-изыскательский и науч.-исслед. ин-т).

Таблица X.3.

## Переходно-скоростные полосы

Категория дороги	Продольный уклон, ‰	Длина полосы полной ширины, м		Длина отгона полос разгона и торможения, м
		для разгона	для торможения	
I и II	-40	140	110	80
	-20	160	105	80
	0	180	100	80
	+20	200	95	80
	+40	230	90	80
III и III-п	-40	110	85	60
	-20	120	80	60
	0	130	75	60
	+20	150	70	60
	+40	170	65	60
IV-п, IV и V	-40	30	50	30
	-20	35	45	30
	0	40	40	30
	+20	45	35	30
	+40	50	30	30

Переходно-скоростные полосы на дорогах всех категорий следует предусматривать также в местах расположения площадок для остановок автобусов и троллейбусов, для отдыха и обзора местности, у автозаправочных станций. Длину переходно-скоростных полос принимают согласно табл. X.3.

На дорогах I—III категорий при сопряжении переходно-скоростных полос со съездами для одного направления движения длины полос могут быть уменьшены в соответствии с расчетными скоростями на съездах. Но во всех случаях уменьшенная длина полос торможения и разгона должна быть не менее 50 м для дорог I и II категорий и не менее 30 м для дорог III категории.

При ступенчатом строительстве следует предусматривать в первую очередь полосы торможения для левых поворотов с главной дороги, затем полосы торможения для правых поворотов с нее и в последнюю очередь полосы разгона для правого и левого поворотов с второстепенной дороги. В отдельных случаях при сложности устройства переходно-скоростных полос для правых поворотов нормальной длины на основе технико-экономического обоснования допускается принимать переходно-скоростные полосы неполной длины или предусматривать только отгоны полос.

Отгон полос торможения начинают с уступа в плане величиной 0,5 м для четкого выделения начала полосы торможения. При выезде со съезда должна быть обеспечена видимость конца полосы разгона. Следует выполнять сопряжение осей полос движения съездов с осями переходно-скоростных полос.

Переходно-скоростные полосы для дорог I категории на пересечениях типа «клеверный лист» проектируют в виде единых по длине полос для смежных съездов, включая правоповоротные съезды и участок под путепроводом. На дорогах II категории единые по длине переходно-скоростные полосы проекти-

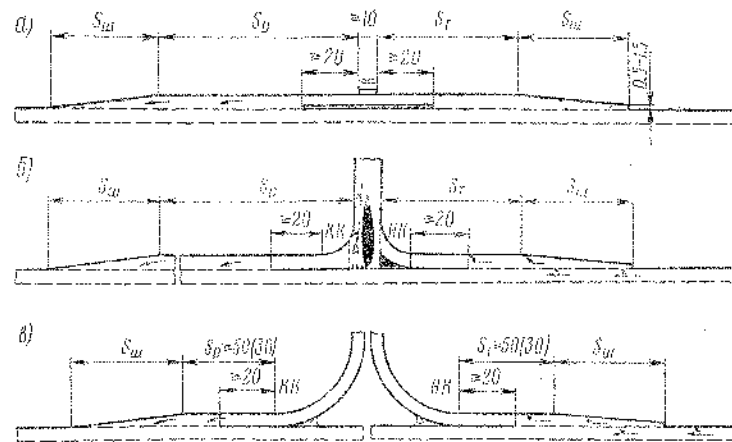


Рис. X.11. Схемы выполнения переходно-скоростных полос:

а — в зоне автобусных остановок; б — на пересечениях; в — на самостоятельных съездах и въездах;  
 $S_p$  — длина полосы разгона;  $S_t$  — длина полосы торможения;  $S_{ш}$  — длина отгона переходно-скоростных полос

руют на участках смежных левоповоротных съездов. При определении длины полосы торможения для левых поворотов следует иметь в виду возможные помехи автомобилей, въезжающих на полосу торможения со смежного левоповоротного съезда. Длина полос разгона для автомобилей, съезжающих с левоповоротного съезда, должна быть уточнена с учетом скоростей движения автомобилей, съезжающих с основной дороги и использующих эту полосу для торможения перед выездом на смежный левоповоротный съезд.

Ширину полос разгона и торможения принимают равной ширине основных полос проезжей части. При установке бордюров по кромке переходно-скоростных полос эти полосы следует уширять на величину, равную двум возвышениям бордюра над проезжей частью при расположении бордюра с одной стороны и на величину, равную пяти возвышениям при двустороннем расположении бордюров. Уширение в пределах остановочных площадок автобусов не устраивают.

Сопряжение полос разгона и торможения с обочинной выполняют, как правило, через укрепительные полосы на дорогах I и II категорий шириной 0,75 м и на дорогах III категории шириной 0,5 м, а обочины укрепляют.

Покрyтия переходно-скоростных полос устраивают повышенной шероховатости для обеспечения надлежащего сцепления колес автомобиля с покрытием, выделяя их по возможности по внешнему виду. Рекомендуется переходно-скоростные полосы осветлять или выполнять их цветными.

Полосы разгона и торможения (рис. X.11) в зоне пересечений и примыканий на протяжении не менее 20 м от начала или конца кривой, а в зоне автобусных остановок остановочные площадки и прилегающие участки полос торможения и разгона на длине не менее 20 м следует отделять от основных полос движения разделительной полосой шириной 0,75 м на дорогах I и II категорий и 0,5 м на дорогах III категории, устраиваемой в одном уровне с прилегающими полосами движения или возвышающейся над ними до 8 см. Разделительную полосу рекомендуется выполнять отличной по цвету от прилегающих полос или маркировать сплошной линией разметки.

В зоне пересечений в одном уровне полосы торможения и разгона на кривых отделяют от основных полос движения островками или маркировочными зонами, форму которых определяют в соответствии с траекторной движением автомобилей и общей планировкой пересечения.

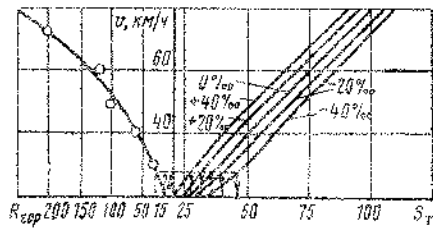


Рис. X.12. График уменьшения длины полосы торможения при различных продольных уклонах в зависимости от радиуса сопряжения съездов

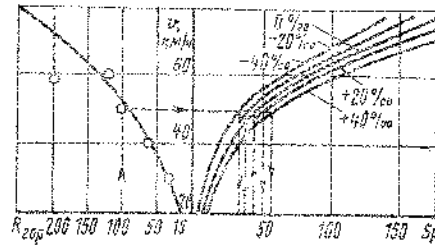


Рис. X.13. График уменьшения длины полосы разгона при различных продольных уклонах дороги в зависимости от радиуса сопряжения съездов

На дорогах IV и V категорий переходно-скоростные полосы отделяют от основных полос сплошной линией разметки в пределах остановочной площадки автобусов и прилегающих к ней участков переходно-скоростных полос на длине не менее 20 м в каждую сторону.

На дорогах всех категорий на участках отгонов и прилегающих участках переходно-скоростных полос, где не предусматривается выделение их или разметка сплошными линиями, выполняют разметку пунктирной линией для четкого обозначения основных полос движения, а также мест перехода с них на полосу торможения и с полос разгона на основные полосы движения.

На главных дорогах при устройстве переходно-скоростных полос направляющие и разделяющие островки и другие элементы по организации движения в пределах ширины проезжей части не рекомендуются выполнять возвышающимися над ее поверхностью, их следует выделять маркировкой.

Длины полос торможения и разгона могут быть уменьшены по сравнению со значениями, приведенными в табл. X. 3.

Уменьшение длины полосы торможения может быть определено по графику рис. X. 12, где левая часть представляет зависимость скорости от радиусов, а правая часть — зависимость длины полосы торможения от скорости движения. Например, при  $R_{\text{сп}}=25$  м и  $v=60$  км/ч по левой части определяем допустимую скорость, которая равна 27,4 км/ч; по правой части графика получаем, что этой скорости соответствует остановочный путь в зависимости от продольного уклона от 27,5 до 45,5 м при значении 36 м при продольном уклоне, равном нулю. При условии, что протяжение съезда до примыкания к проезжим частям других направлений равно или более полученных величин, а также обеспечена видимость поверхности проезжей части съезда и оставшейся части полосы торможения от ее начала, длина полосы торможения может быть уменьшена на величину 27,5—45,5 м. Длина полос торможения (см. табл. X. 3) принята равной длине остановочных путей автомобилей от скорости 80 км/ч на дорогах I и II категорий, 60 км/ч на дорогах III категории и 30 км/ч на дорогах IV и V категорий при расчетных скоростях соответственно 150—120, 100 и 80—60 км/ч. Для экономичности решений в длину полос торможения не включены участки накопления автомобилей перед выездом. Кроме того, возможно запаздывание поворота автомобилей с основных полос на полосы торможения. Поэтому уменьшать длину полос торможения целесообразно только в сильно стесненных условиях.

Уменьшение длин полос разгона возможно определить по графику рис. X. 13. Например, радиус кривой перед выездом на полосу разгона 100 м. По левой части графика определяем, что радиус обеспечивает безопасную скорость 50 км/ч, по правой части графика находим, что для разгона до скорости 50 км/ч необходим путь от 32 до 56 м в зависимости от продольного уклона. В стесненных условиях на эти величины может быть уменьшена полоса разгона. При этом необходимо протяжение кривой соответственно в 32—56 м, изолирован-

ной от других направлений движения. Выезд автомобилей с кривых на полосу разгона дает сравнительно небольшое сокращение полосы разгона: с кривой  $R=15$  м уменьшается на 10 м, с кривой  $R=25$  м — на 15 м, с кривой  $R=60$  м — от 15 до 30 м в зависимости от продольного уклона. При обосновании сокращения длины полосы разгона следует учитывать необходимость участка маневрирования достаточной длины для обеспечения вливания в основные потоки, возможность которого значительно снижается с увеличением интенсивности движения на главной дороге.

### § X.7. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЖЕЛЕЗНЫМИ ДОРОГАМИ

При проектировании автомобильной или железной дороги выбор места, типа и конструкции каждого пересечения между ними должен решаться на основе технико-экономического обоснования и сравнения вариантов с учетом транспортных расходов, затрат на содержание, строительной стоимости, безопасности движения и дополнительных факторов морального, экономического и культурно-бытового характера.

Переезды в одном уровне допускаются только по согласованию с МПС или ведомством, в ведении которого находится железная дорога, а также с Управлением автомобильной дороги (республиканским дорожным министерством) и Госавтоинспекцией<sup>4</sup>.

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами проектируют, как правило, вне пределов станций и путей маневрового движения, преимущественно на прямых участках пересекающихся дорог. Острый угол между пересекающимися дорогами в одном уровне не должен быть менее 60°.

Пересечения автомобильных дорог I—III категорий с железными дорогами проектируют в разных уровнях. Пересечения автомобильных дорог IV и V категорий с железными дорогами принимают в разных уровнях в случаях: если пересекаются три и более железнодорожных пути; когда пересечение располагается на участках железных дорог со скоростным (более 120 км/ч) движением; если пересекаемые железные дороги проложены в выемках; если не обеспечены нормы видимости; когда на автомобильных дорогах предусматривается троллейбусное движение или устройство трамвайных путей. При проложении трассы автомобильных дорог IV и V категорий следует изыскивать варианты, исключающие переезды в одном уровне.

Расположение путепроводов в плане на пересечениях в разных уровнях должно быть подчинено проложению автомобильной дороги с учетом обеспечения безопасности и удобства движения автомобилей. Продольный уклон автомобильных дорог на подходах к путепроводу должен быть не более 40‰.

Габариты ширины путепроводов автомобильных дорог через железнодорожные пути принимают в зависимости от категории дороги, определенной на перспективу 20 лет, а подмостовые габариты (рис. X. 14) в соответствии с требованиями ГОСТ 9238—73 «Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм (длина линий со скоростью движения поездов не свыше 160 км/ч)». Высота габарита и ширина его в верхней части зависят от вида подвески контактных проводов (на рис. X. 14 даны в виде дроби): в числителе — с несущим тросом, в знаменателе — без несущего троса. Минимальная ширина желобов на переездах в прямых допускается 75 мм. Для железных дорог со скоростью движения поездов более 160 км/ч габариты определяются по согласованию с МПС.

При проектировании путепроводов через существующие железнодорожные линии предусматривают решения и способы производства работ, обеспечивающие полную безопасность движения поездов, как правило, без снижения скорости.

При проектировании путепроводов над железнодорожными путями необходимо обеспечивать видимость пути и сигналов по условиям безопасности

<sup>4</sup> Инструкция по устройству и обслуживанию переездов, М., «Транспорт», 1974, 97 с.



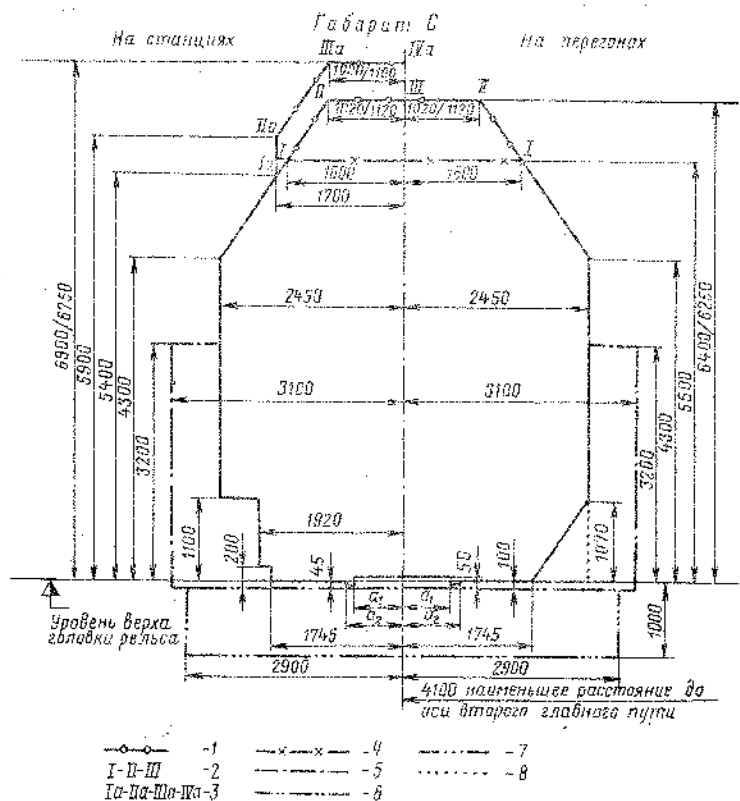


Рис. X.14. Габариты приближения строений железных дорог колеи 1520 (1524) мм (для линий со скоростью движения поездов не выше 160 км/ч):

1 — линия приближения всех вновь строящихся сооружений и устройств, кроме расположенных на путях, электрификация которых исключается даже при электрификации данной линии; 2 — для перегонов, а также путей на станциях (в пределах искусственных сооружений), на которых не предусматривается стоянка подвижного состава; 3 — для остальных путей станции; 4 — для путей, электрификация которых исключена; 5 — линия приближения вновь строящихся опор путепроводов, расположенных у краях путей на перегонах и станциях; 6 — линия, выше которой на перегонах и станциях не должно подниматься ни одно устройство, кроме искусственных сооружений и настилов переездов; 7 — линия приближения фундаментов опор; 8 — для тоннелей и перил на мостах.

При колеях 1520 мм  $a_1 = 670$  мм,  $a_2 = 760$  мм; при колеях 1524 мм  $a_1 = 672$  мм и  $a_2 = 762$  мм

движения поездов<sup>1</sup>; предусматривать водоотвод с учетом обеспечения устойчивости земляного полотна железных дорог; не рекомендуется перепуск воды с одной стороны земляного полотна на другую по лоткам (из условия движения) и по трубам (по условиям содержания); при расположении железной дороги в сильно заносимых выемках (кроме скальных) и на выходе из них на длине 100 м расстояние от оси путей до опор путепровода следует принимать не менее 5,7 м.

При пересечении существующих автомобильных дорог следует разрабатывать проект пересечения с учетом реконструкции автомобильной дороги или постройки по нормативам категории в соответствии с интенсивностью движения

<sup>1</sup> Правила технической эксплуатации железных дорог Союза ССР. М., «Транспорт», 1973. 184 с.

на перспективу 20 лет. При этом необходимо обеспечить подмостовые габариты по высоте и ширине из условия возвышения и ширины земляного полотна, определенных с учетом категории дороги в перспективе, рельефа, местных условий и обеспечения водоотвода. Габарит по высоте должен дополнительно предусматривать запас в 10—15 см на усиление или реконструкцию дорожной одежды. При проектировании пересечений железных дорог через автомобильные дороги I категории учитывают возможность увеличения числа полос в перспективе, а через дороги II категории — возможность перевода их в I категорию.

В зоне железнодорожного путепровода, расположенного над автомобильной дорогой, на последней на расстоянии не менее 60 м в обе стороны от путепровода и, как правило, на обеих обочинах предусматривают тротуар, ширина которого должна быть 1 м при одностороннем движении и 1,5 м при двухстороннем. Под путепроводом тротуары устраивают на обочине из условия расположения кромки тротуара в 0,75 м от вертикальной грани бордюра высотой не менее 20 см, которым должны быть отделены обочины от проезжей части. Возвышающаяся грань бордюра смещают от кромки проезжей части, принятой на перегонах при отсутствии бордюров, на 2—3 высоты возвышения, что возможно обеспечить специальной формой бордюра или укладкой плит между проезжей частью и бордюром. Тротуары после выхода из-под путепровода целесообразно вынести с земляного полотна на расстояние боковой видимости: 25 м на дорогах I—III категорий и 15 м на дорогах IV и V категорий.

На пересечениях в одном уровне должна быть обеспечена видимость, при которой водитель автомобиля, приближающегося к переезду, на расчетном расстоянии видимости поверхности дороги видит приближающийся к переезду поезд на расстоянии не менее 400 м от переезда, а машинист приближающегося к переезду поезда должен видеть середину переезда на расстоянии не менее 1000 м (рис. X.15). В зоне переездов расстояния видимости могут назначаться из расчетной скорости на трудных участках пересечений местности, т. е. для дорог III категории — 80 км/ч, IV — 60 км/ч и V — 40 км/ч. В пределах зоны видимости у пересечения посадка деревьев или застройка не допускается, а

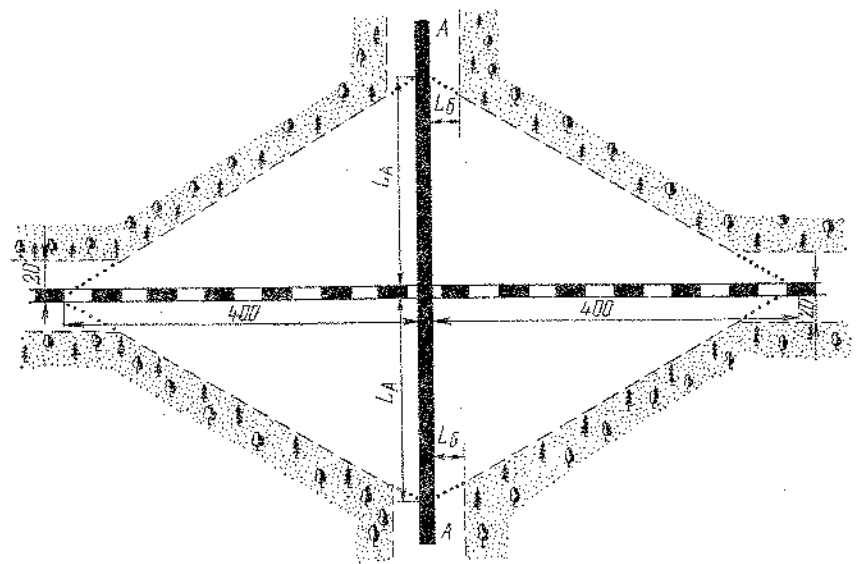


Рис. X.15. Схема обеспечения видимости на пересечении автомобильных дорог с железнодорожными путями в одном уровне (обозначения те же, что и на рис. X.3)

имеющиеся препятствия должны быть устранены. При большой ценности препятствий или большой стоимости работ по обеспечению видимости следует рассмотреть целесообразность устройства пересечения в разных уровнях.

Ширина проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог в зоне переездов должна быть не менее ширины, принятой на прилегающих участках. Ширину проезжей части автомобильных дорог при небольшой ее величине на пересечениях в одном уровне с железными дорогами принимают не менее 6 м на расстоянии 200 м в обе стороны от переезда. В отдельных случаях при пересечении автомобильных дорог с железными дорогами в одном уровне можно предусматривать дополнительные полосы проезжей части для увеличения пропускной способности переезда и уменьшения времени простоев автомобилей.

На переездах ограждающие тумбы (сигнальные столбики), стойки габаритных ворот и столбы шлагбаумов устанавливают на расстоянии не менее 0,75 м от кромок проезжей части. Шлагбаумы в открытом положении также не должны входить в створ ближе 0,75 м от кромки проезжей части.

Автомобильная дорога на протяжении 10 м от крайнего рельса при расположении переезда на насыпи и 20 м в выемке должна иметь в продольном профиле горизонтальную площадку, кривую большого радиуса или уклон, обусловленный превышением одного рельса над другим, когда пересечение располагается на закруглении железной дороги. Подходы автомобильной дороги к пересечению на протяжении 50 м проектируют с продольным уклоном не более 30‰.

Глубина желоба для реборды колеса должна быть не менее 45 мм, а ширина 75—95 мм на прямой или кривой радиусом 600 м и более, а на кривой менее 600 м — 110 мм. Верх настила внутри колес должен быть выше головок рельсов на 30—40 мм.

При пересечении с электрифицированными участками железных дорог на автомобильной дороге устраивают габаритные ворота высотой 4,5 м на расстоянии не менее 5 м от шлагбаумов в сторону автомобильной дороги и не ближе 14 м от крайнего рельса. На габаритных воротах над серединой проезжей части автомобильной дороги устанавливают знак «Ограничение габаритной высоты» с цифрой габарита высоты.

Технико-экономические расчеты показали высокую эффективность строительства пересечений в разных уровнях с железными дорогами вместо переездов и целесообразность расширения области применения пересечений, включая автомобильные дороги IV и V категорий. При проектировании автомобильных дорог в зоне пересечения с железными дорогами в случаях, не требующих пересечения в разных уровнях по СНиП II-Д.5-72, необходимо изыскивать варианты в разных уровнях и в одном уровне и на основе технико-экономического обоснования принимать тип пересечения. При этом должны учитываться транспортные расходы, строительные стоимости, затраты на содержание сооружений.

Транспортные расходы могут быть определены путем расчета экономии времени автомобилями при принятии более совершенного решения и стоимостной оценки экономии времени (см. § X.5).

Потери времени на переездах по сравнению с пересечениями в разных уровнях могут быть определены по формуле

$$T = \left\{ \left[ (0,207 + 0,0090235N) t_3 + 0,414 (t_0 - t_n) \right] t_3 n + 355 t_n \right\} \frac{N}{60}, \quad (X.2)$$

где  $T$  — потери времени, авт-ч в год;  $N$  — среднесуточная годовая интенсивность движения на автомобильной дороге, авт/сут;  $t_3$  — средняя продолжительность закрытия переезда, мин;  $n$  — число закрытий переезда в сутки;  $t_0$  — средняя потеря времени одним автомобилем при остановке на торможение и разгон, мин;  $t_n$  — средняя потеря времени одним автомобилем при движении через переезд без остановки вследствие притормаживания и последующего разгона, мин.

Для средних условий при обеспечении скорости движения автомобилей в зоне пересечения в разных уровнях 60 км/ч получены  $t_0=0,67$  мин и  $t_n=0,47$  мин. Среднее время закрытия  $t_3=4,25$  мин.

Эксплуатационные расходы на переездах по сравнению с пересечениями в разных уровнях больше на охраняемых на 12 тыс. руб. и на неохранных на 3 тыс. руб. в год. Дополнительный народнохозяйственный эффект при строительстве пересечений в разных уровнях по сравнению с переездами заключается в следующем: исключается малопроизводительный труд дежурных переезда и обходчиков (4—5 чел. на охраняемый переезд); уменьшается износ автомобилей, сокращается порча грузов и повышается комфортабельность перевозок пассажиров; уменьшаются затраты, связанные с дорожно-транспортными происшествиями; обеспечивается лучшее продолжение трассы дороги с полным подчинением транспортным задачам и как следствие этого дополнительное сокращение транспортных расходов.

При проектировании новой автомобильной дороги целесообразность строительства пересечения в разных уровнях вместо переезда определяется эффективностью дополнительных строительных затрат на пересечение и сроком их окупаемости с учетом приведения всех затрат к одному году. Расчеты показывают, что сооружение пересечения в разных уровнях взамен охраняемого переезда для средних условий экономически эффективно на дорогах всех категорий, в том числе и IV и V категорий, а взамен неохранных переезда на дорогах IV и V категорий должно быть обосновано с учетом местных условий.

При самостоятельной реконструкции переезда в пересечении в разных уровнях и определении срока (периода) ее проведения необходимо обеспечить эффективность всех вкладываемых в строительство средств и их нормативную окупаемость. При этом строительные стоимости могут возрасти из-за специальной организации работ и из-за возможного строительства временного объезда, на котором возрастут в период строительства транспортные расходы. Расчеты показывают, что эффективность реконструкции более чем в 2 раза выше по сравнению с новым строительством. Целесообразность реконструкции должна быть рассмотрена в каждом случае отдельно с учетом конкретных условий. Определение срока проведения реконструкции может быть выполнено из условия равенства годовых транспортных расходов и затрат на содержание капитальным затратам на реконструкцию, деленным на нормативный срок окупаемости. Из этого же условия может быть определена интенсивность на автомобильной дороге (из формулы транспортных расходов), по достижении которой экономически обоснована реконструкция.

#### § X.8. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Трудоёмкость процесса проектирования развязок (разработка проекта пересечения занимает до пяти месяцев работы) не позволяет широко осуществлять вариантный поиск оптимального решения. Необходимо совершенствовать методы проектирования. Сокращение трудоёмких вычислительных операций при одновременном обеспечении высокой точности расчета сооружения возможно при широком использовании ЭВМ. Оснащение современных ЭВМ чертежными устройствами позволяет выдавать результат в виде готовых чертежей, экономия тем самым время на всех видах работ.

Использование ЭВМ в расчетах может осуществляться на всех стадиях проектирования. На стадии технического проекта особое значение имеет установление наиболее рационального решения на основе всестороннего сопоставления конкурентноспособных вариантов. В этом случае для каждого варианта необходимо выполнить большой объем расчетов по установлению геометрии плана, проектной линии продольных профилей, объемов земляных и укрепительных работ, строительной стоимости, транспортно-эксплуатационных расходов.

На стадии рабочего проектирования производится детальный расчет конструктивного решения выбранного варианта с представлением всех криволинейных элементов в плане и профиле в виде разбивочных чертежей для возможности выноса проекта сооружения на местность. Для получения вертикальной планировки участков ответвлений и примыканий соединительных рам,

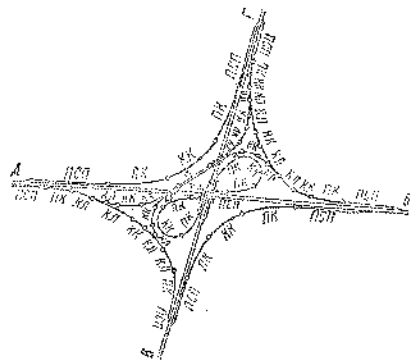


Рис. X.19. Геометрические элементы пересечения автомобильных дорог в разных уровнях:

ПСР — переходно-скоростная полоса; ПК — переходная кривая; КЛ — клотонда; КК — круговая кривая; П — прямая

являющейся одной из наиболее трудоемких работ на этой стадии, эффективно одновременное выполнение расчетов сооружения в плане, продольном и поперечном профилях, т. е. расчет пространственного положения отдельных элементов сооружения. Последующие расчеты объемов различного вида работ лежат в основе определения сметной стоимости строительства сооружения.

Применение ЭВМ для расчетов не может идти по пути формального заимствования методов, свойственных сложившемуся процессу проектирования. Это относится к сопряжению криволинейных элементов в плане и продольном профиле; к использованию различных видов переходных кривых; представлению рельефа местности в виде математической модели; расчету кромок, параллельных и непараллельных основной оси, и уширений; установлению пространственного положения элементов сооружений и т. п. Процессы расчета

должны быть полностью формализованы, а в комплексной постановке производств вычислений и взаимосвязаны.

В соответствии с технологической последовательностью производства планировочных и вычислительных работ в процессе конструктивного решения транспортной развязки необходимо поочередное или одновременное решение следующих основных групп задач: сопряжение геометрических элементов плана в осях и кромках; установление проектной линии продольного профиля; вертикальная планировка; вычисление объемов земляных и укрепительных работ; определение строительной стоимости; определение транспортно-эксплуатационных расходов; графическое оформление необходимого материала.

Каждая группа включает решение специфических задач. Первая, например, — расчет многих разновидностей переходных кривых, рассчитанных на различные условия движения, определение их оптимальных параметров, установление последовательности геометрических элементов в плане и сопряжения их между собой, разбивку криволинейных элементов, установление положения внешних и внутренних кромок на участках переходных кривых.

В дальнейшем рассмотрено лишь принципиальное решение с помощью ЭВМ основных наиболее сложных задач.

Отдельные элементы транспортных развязок в соответствии с терминологией, используемой при расчетах на ЭВМ, показаны на рис. X.19 и X.20.

Планировочное решение транспортных развязок в разных уровнях включает, как правило, отдельные соединительные рампы между пересекающимися дорогами (рис. X.21).

Соединительными рампами являются:

для движения при смене направлений направо — правооборотные рампы ППР;

для движения при смене направлений налево — а) петлеобразные рампы ПЕР; б) правосторонние рампы ПСР; в) левосторонние рампы ЛСР; г) праволевосторонние рампы ПЛСР; д) левоправосторонние рампы ЛЛСР; е) кольцевые рампы КР.

Определенной комбинацией соединительных рампы можно получить практически любую схему транспортной развязки.

Следует при этом учитывать:

применение четырех рампы вида «б» в сочетании с четырьмя рампами вида «а» приводит к классической схеме «клеверного листа». Вследствие относительно небольшой стоимости, обусловленной наличием одного искусственного соо-

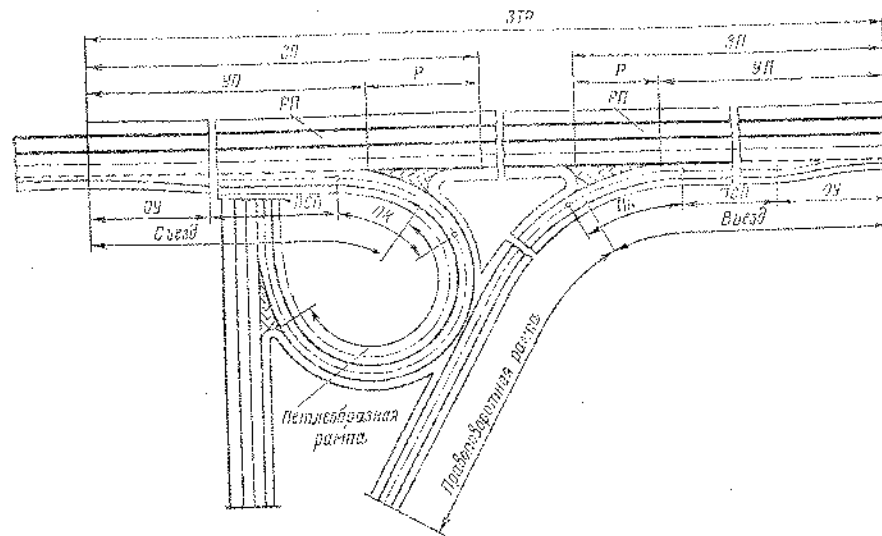


Рис. X.20. Элементы пересечения на ответвлениях и примыканиях:

ЗТР — зона транспортной развязки; ЗО — зона ответвления; УО — участок ответвления; ЗП — зона примыкания; УП — участок примыкания; РП — раздельная полоса; ОУ — отгон уширения; Р — участок разделения кромок и бордюров

ружения (путепровода), эта схема остается наиболее распространенной, когда интенсивность переплетающихся потоков на совмещенных участках примыканий и ответвлений рампы вида «а» остается меньше пропускной способности одной полосы (1200—1400 авт/ч);

при существенном превышении интенсивности движения двух переплетающихся потоков на смежных участках рампы вида «а» необходимо их разделение посредством введения в схему для более напряженного направления рампы директивно-направленного вида «б»;

рампы для движения налево вида «в», «г», «д» имеют, с точки зрения безопасности движения, существенные недостатки, так как смена направлений движения происходит с внешних, наиболее скоростных полос движения на ответвлениях и в непосредственной близости от них на примыканиях.

Ввиду большого количества транспортных развязок, построенных по схемам «клеверного листа» и «трубы», психологически сложившиеся представления водителей связаны при смене направлений с совершением лишь правооборотного маневра.

Поэтому в загородных условиях рампы вида «в—д», как правило, применения не находят.

Как видно из рис. X.21, а, петлеобразную рампу удобнее располагать в острых углах.

Отсюда следует, что при необходимости реконструкции существующих транспортных развязок в разных уровнях при пересечении дорог под углом, отличающимся от 90°, в первую очередь следует строить петлеобразные рампы в острых углах.

Ось рампы состоит из определенной последовательности равноправных геометрических элементов: прямой, круговая кривая, переходная кривая (см. рис. X.19).

При этом переходная кривая играет в данном случае особую роль и в отличие от перегонных участков автомобильных дорог не является самостоятельным элементом трассирования.

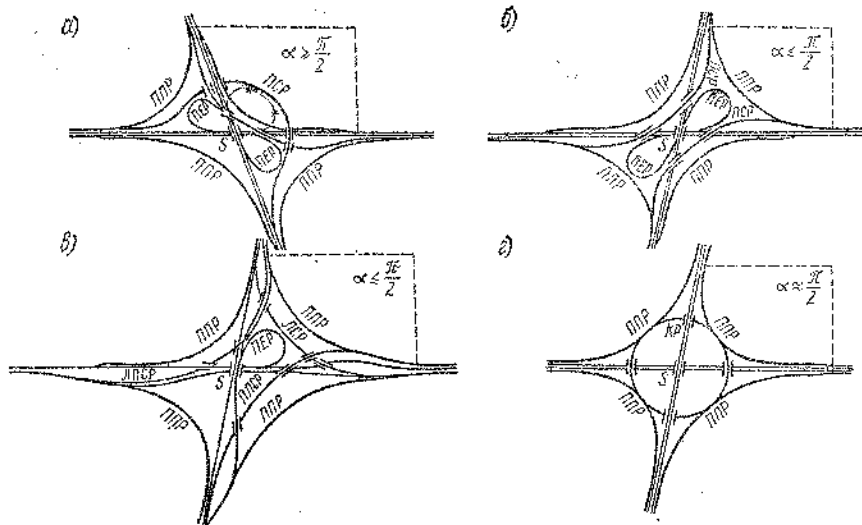


Рис. X.21. Соединительные ramпы сложных транспортных развязок

Последовательность сопрягающихся между собой геометрических элементов образует соединительную кривую, сопрягающуюся обоими концами с геометрическими элементами соответствующих осей пересекающихся дорог. В случае если сопряжение производится не с осями, для которых установлены соответствующие параметры (радиус кривой  $R$ , параметр клотоиды  $A$ ), а с линиями, им параллельными или непараллельными, необходимо определение параметров этих линий. Для учета особенностей движения на участках ответвлений и примыканий соединительных ramпы особое значение имеет выбор наиболее благоприятного вида переходной кривой и ее параметров.

В качестве переходной кривой чаще всего используется клотоида, хотя в местах сопряжения с пересекающимися дорогами могут применяться и другие виды переходных кривых, отвечающие определенным закономерностям движения.

Каждая соединительная кривая рассчитывается самостоятельно. Различают простые и сложные соединительные кривые. К простым соединительным кривым относится последовательность элементов: переходная кривая (ПК 1) — круговая кривая (КК) — переходная кривая (ПК 2). Эти элементы образуют выпуклое или вогнутое очертание между пересекающимися прямолинейными участками дорог или касательными к криволинейным участкам; они характерны наличием одного центра постоянной кривизны. Сложные соединительные кривые характерны наличием двух и более центров постоянной кривизны.

Для замкнутого аналитического описания всей соединительной кривой каждый ее элемент представляется в локальной системе координат, а прямые и круговые кривые также и в общей системе координат.

Уравнения элементов показаны на рис. X.22. При этом круговая кривая может быть задана и определена следующим образом: координатами центра и радиусом; координатами центра и координатами точки на круговой кривой; координатами центра и касательной к круговой кривой; радиусом и координатами двух точек на круговой кривой; радиусом и двумя касательными к круговой кривой; двумя касательными к круговой кривой и координатами точки на круговой кривой; координатами трех точек на круговой кривой.

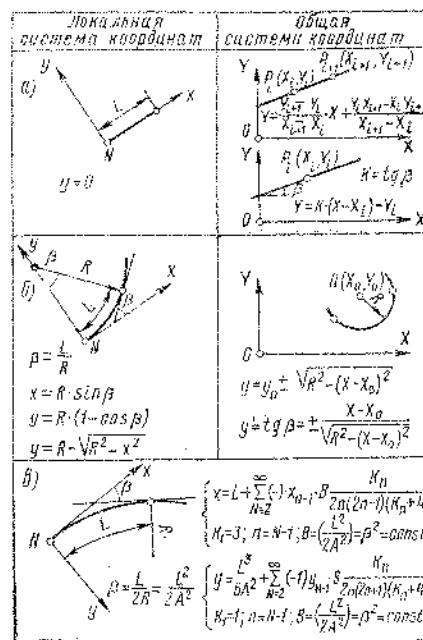


Рис. X.22. Аналитическое выражение основных элементов соединительной кривой:

а — прямая; б — круговая кривая; в — клотоида

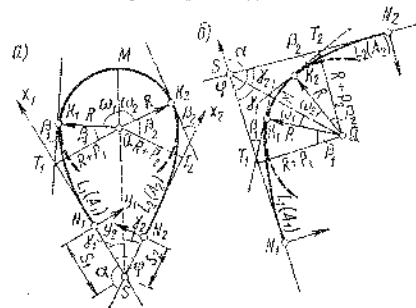


Рис. X.23. Простая соединительная кривая:

а — выпуклая; б — вогнутая

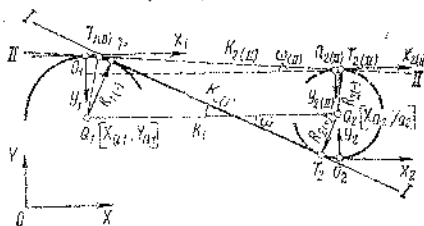


Рис. X.24. Сопряжение двух круговых кривых прямой

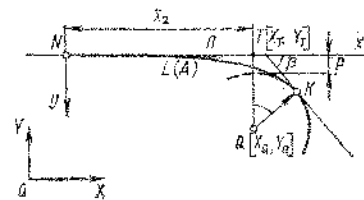


Рис. X.25. Сопряжение круговой кривой с прямой посредством клотоиды

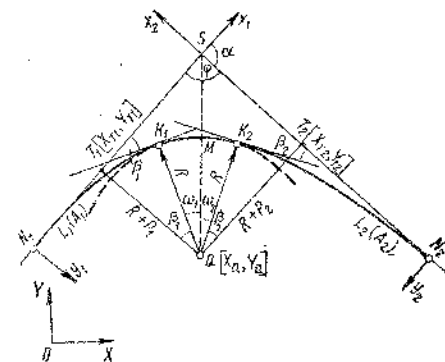


Рис. X.26. Сопряжение круговой кривой с двумя прямыми посредством клотоиды

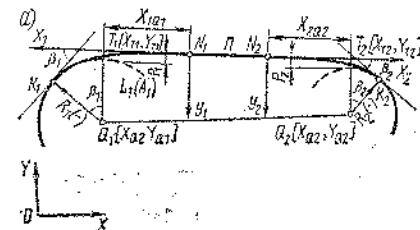


Рис. X.27. Сопряжение круговых кривых с клотоидами:

а — односторонние кривые; б — opposite кривые

Для расчета на ЭВМ уравнение клотоиды относительно координат  $X$  и  $Y$  удобнее представить в виде рекуррентных соотношений, когда каждый последующий член ряда получается из предыдущего и суммирование их производится до тех пор, пока величина последующего не превысит заданной точности, например  $\epsilon = 10^{-4}$ .

Положение элементов определяется соответствующим правилом знаков, заимствованным из проектирования вертикальных кривых в виде парабол (см. рис. IX. 21).

**Расчет простых соединительных кривых.** Размещение соединительной кривой выпуклого или вогнутого очертания между прямолинейными участками пересекающихся дорог или касательными к осям криволинейных участков (рис. X. 23) определяется следующими параметрами:

$\varphi$  — внутренний угол пересечения автомобильных дорог или касательных к их соответствующим осям, в котором размещается соединительная кривая;

$R$  — радиус круговой кривой;

$\Delta R$  — шаг изменения радиуса. Начальный радиус претерпевает изменения, если в процессе расчета происходит несоблюдение определенных условий размещения соединительной кривой в данный угол;

$B_1, B_2$  — ширина полос, с которых происходит ответвление и примыкание соединительной кривой;

$i_{B_1}, i_{B_2}$  — поперечные уклоны на соответствующих полосах;

$B_2$  — ширина проезжей части рампы;

$i_{B_2}$  — поперечный уклон на кривой постоянного радиуса;

$\varphi_2$  — коэффициент поперечного сцепления;

$J$  — изменение центробежного ускорения;

$i$  — увеличение продольного уклона;

$L_{1T}(A_{1T}), L_{2T}(A_{2T})$  — длины или параметры переходных кривых в виде клотоид, требуемые из определенных условий на основе первоначальной графической проработки. В случае отсутствия определенных требований  $L_{1T}(A_{1T}) = 0$  или  $L_{2T}(A_{2T}) = 0$ . При этом длины и параметры  $L(A)$  рассчитываются по условию обеспечения разделения кромок проезжих частей и возможности отгона выража;  $S_1$  и  $S_2$  — расстояния от конечных точек  $N_1, N_2$  соединительной кривой до точки пересечения.

Расчетом определяются:

$L_1(A_1), L_2(A_2)$  — оптимальные длины и параметры клотоид;

$\gamma_1$  и  $\gamma_2$  — углы положения центра круговой кривой  $Q$  относительно прямолинейных участков и точки их пересечения  $S$ ;

$\left. \begin{matrix} x_{1Q}, y_{1Q} \\ x_{2Q}, y_{2Q} \end{matrix} \right\}$  — координаты центра круговой кривой в системе координат каждой из клотоид;

$SN_1, SN_2$  — расстояния от точки пересечения прямых до точек ответвления и примыкания соединительной кривой;

$\left. \begin{matrix} x_{1K_1}, y_{1K_1} \\ x_{2K_2}, y_{2K_2} \end{matrix} \right\}$  — координаты точек  $K_1$  и  $K_2$  соответственно в каждой системе координат;

$SQ$  — расстояние от точки пересечения прямых  $S$  до центра круговой кривой  $Q$ ;

$\omega_1, \omega_2$  — углы, стягивающие круговые части соединительной кривой со стороны каждой клотоиды.

Одновременно определяются все необходимые для построения рампы параметры.

Все расчеты запрограммированы Союздорпроектom и выполняются на ЭВМ ЕС-1020.

**Расчет сложных соединительных кривых.** Сложные соединительные кривые представляют последовательность взаимосвязанных составных частей. В качестве переходных кривых, входящих в сложную соединительную кривую, обыч-

но применяется (вследствие небольших и постоянных скоростей движения) клотоида; оптимальная длина которой определяется по формуле

$$L = \frac{[Rg(\varphi_2 + i_b)]^{\frac{3}{2}}}{IR}, \quad (X.3)$$

где  $R$  — радиус сопрягающейся круговой кривой, м;  $\varphi_2$  — расчетный коэффициент поперечного сцепления;  $i_b$  — поперечный уклон;  $I$  — изменение центробежного ускорения, м/с<sup>2</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Составные части рассчитываются путем решения отдельных задач сопряжения элементов. Принцип их решения при неизвестных параметрах клотоид сводится к составлению уравнения всего лишь с одной переменной, в качестве которой принимается параметр одной из клотоид  $A_i$ . Вследствие сложности этих уравнений их решение всегда выполняется на ЭВМ. Математические выражения некоторых параметров кривых, представленные в виде функциональных зависимостей и оформленные в виде отдельных операторов (процедур), приведены в табл. X.4.

Они используются при составлении и решении более сложных уравнений сопряжений различных элементов между собой.

Программой расчета соединительных кривых на ЭВМ предусмотрена возможность решения следующих частных задач:

1. Сопряжение двух круговых кривых прямой линией. Комбинация элементов:  $KK_1-P-KK_2$  (рис. X.24). В этой задаче должны быть заданы координаты центров круговых кривых в общей системе координат  $Q_1[X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$  и  $Q_2[X_{Q_2}, Y_{Q_2}]$ , радиусы  $R_1$  и  $R_2$  (с учетом правила знаков) в локальной системе координат. Знаки определяют направление связи (положение касательной  $I-I$  или  $II-II$ ). В результате расчета становится известным уравнение касательной к обеим круговым кривым в общей системе координат.

2. Сопряжение круговой кривой с прямой посредством клотоиды. Комбинация элементов  $KK-KL-P$  (рис. X.25). Перед расчетом задаются координаты центра круговой кривой  $Q$  в общей системе координат  $X_Q, Y_Q$ , радиус круговой кривой (со знаком), уравнение прямой с координатами двух точек или координатами одной точки и углом наклона.

В результате расчета устанавливается длина или параметр сопрягающей клотоиды  $L(A)$ .

3. Сопряжение круговой кривой с двумя прямыми посредством клотоид. Комбинация элементов  $P_1-KL_1-KK-KL_2-P_2$  (рис. X. 26).

Задаются уравнения прямых  $P_1$  и  $P_2$ , каждая координатами двух точек или соответственно координатами одной точки и углом наклона; в некоторых случаях достаточно задать угол  $\varphi$  между двумя пересекающимися прямыми. Остальные задаваемые параметры перечислены в задаче по расчету простой соединительной кривой вогнутого очертания.

Определяемые параметры и ход решения аналогичны изложенному в предыдущем случае.

4. Сопряжение двух круговых кривых с клотоидами, переходящими в общую прямую. Комбинация элементов:  $KK_1-KL_1-P-KL_2-KK_2$  (рис. X.27). Для решения этой задачи задают координаты центров круговых кривых  $Q_1[X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$  и  $Q_2[X_{Q_2}, Y_{Q_2}]$  и их радиусы  $R_1$  и  $R_2$  (с учетом знаков), а также длины переходных кривых или их параметры  $L_1(A_1), l = 1, 2$  и их соотношение  $m$ ; величину сдвижек  $P_i$ .

Расчетом устанавливается уравнение сопрягающей прямой  $P$ .

5. Сопряжение двух круговых кривых третьей круговой кривой. Комбинация элементов:  $KK_1-KK_3-KK_2$  (рис. X.28). Задают координаты центров круговых кривых  $Q_1$  и  $Q_2[X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$  и  $[X_{Q_2}, Y_{Q_2}]$  и их радиусы  $R_1$  и  $R_2$ . Определяют координаты центра  $Q_3[X_{Q_3}, Y_{Q_3}]$  сопрягающей кривой, величину радиуса  $R_3$ , координаты точек сопряжения  $B_1[X_{B_1}, Y_{B_1}]$  и  $B_2[X_{B_2}, Y_{B_2}]$ .

Основные геометрические параметры клятоиды и их определение

Искомый параметр	Условие	Математическое выражение	Исходная параметр	Функциональная зависимость для оформления процедуры
Абсцисса любой точки	$x$	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{4n-3}}{2^{2n-2} (4n-3) (2n-2)! A^{4n-4}}$	$l, A$	$x = f1(l, A)$
		$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{2n-1}}{2^{2n-2} (4n-3) (2n-2)! R^{2n-2}}$	$l, R$	$x = f2(l, R)$
Ордината любой точки	$y$	$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{4n-1}}{2^{2n-1} (4n-1) (2n-1)! A^{4n-2}}$	$l, A$	$y = f3(l, A)$
		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{2n}}{2^{2n-1} (4n-1) (2n-1)! R^{2n-1}}$	$l, R$	$y = f4(l, R)$
Абсцисса центра круговой кривой	$x_0$	$x_0 = x_L - R \sin\left(\frac{L}{2R}\right)$	$L, R$	$x_0 = f5(L, R) = f2\left(L, R\right) - R \sin\left(\frac{L}{2R}\right)$
Ордината центра круговой кривой	$y_0$	$y_0 = y_L + R \cos\left(\frac{L}{2R}\right)$	$L, R$	$y_0 = f6(L, R) = f4\left(L, R\right) + R \cos\left(\frac{L}{2R}\right)$
Сдвигка	$p$	$p = y_0 - R$	$L, R$	$p = f7(L, R) = f6(L, R) - R$
Параметр клятоиды	$A$	$y_0 - R - p = 0$	$R, p$	$A = f8(R, p) = f7(L, R) - p$
Длина от начала до любой точки	$L$	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{4n-3}}{2^{2n-2} (4n-3) (2n-2)! A^{4n-4}} = 0$	$x, A$	$L = f9(x, A) = x - f1(l, A)$
		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{4n-1}}{2^{2n-1} (4n-1) (2n-1)! A^{4n-2}} = 0$	$y, A$	$L = f10(y, A) = y - f3(l, A)$
Длина от начала до точки с заданным в ней радиусом кривизны	$L$	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{2n-1}}{2^{2n-2} (4n-3) (2n-2)! R^{2n-2}} = 0$	$x, R$	$L = f11(x, R) = x - f2(l, R)$
		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{l^{2n}}{2^{2n-1} (4n-1) (2n-1)! R^{2n-1}} = 0$	$y, R$	$L = f12(y, R) = y - f4(l, R)$

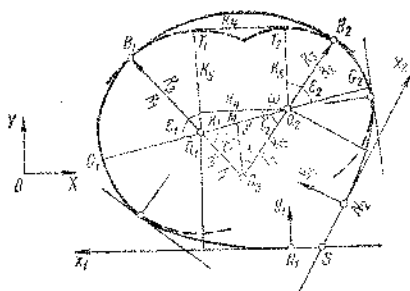


Рис. X.28. Сопряжение двух круговых кривых третьей

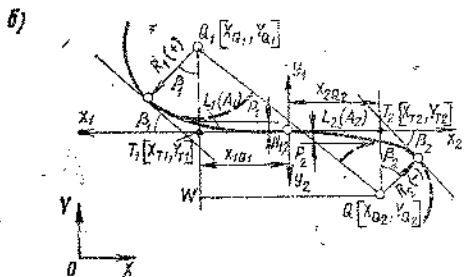
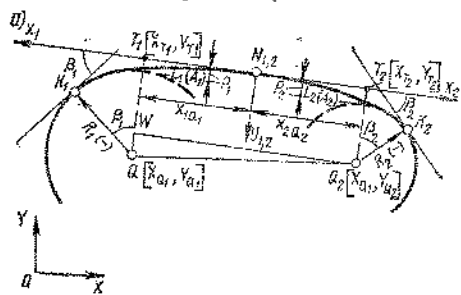


Рис. X.29. Сопряжение двух круговых кривых соединяющимися кlothоидами

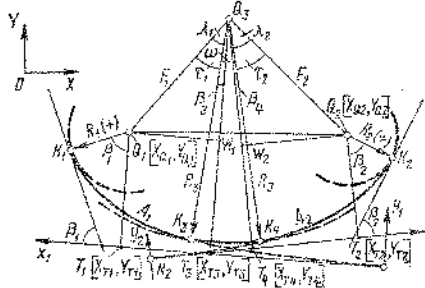


Рис. X.30. Сопряжение двух круговых кривых внешними кlothоидами с круговой вставкой между ними

6. Сопряжение двух круговых кривых внешними соединяющимися кlothоидами. Комбинация элементов:  $KK_1 - KL_1 - KL_2 - KK_2$  (рис. X.29). Задают координаты центров круговых кривых  $Q_1 [X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$  и радиусы  $R_1$  и  $R_2$  (с учетом правила знаков), соотношение параметров  $m = \frac{A_1}{A_2}$ . Определяют параметры кlothоид  $A_1, L_1, A_2, L_2$ , положение локальной системы координат, координаты главных точек ( $N_{1,2}, K_1, K_2, T_1, T_2$ ).

7. Сопряжение двух круговых кривых внешними кlothоидами с промежуточной круговой вставкой между ними. Комбинация элементов:  $KK_1 - KL_1 - KK_3 - KL_2 - KK_2$  (рис. X.30)

Задают координаты центров двух круговых кривых  $Q_1 [X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$  и  $Q_2 [X_{Q_2}, Y_{Q_2}]$ , радиусы  $R_1$  и  $R_2$  (с учетом знаков), соотношение параметров  $m$ ; может быть задан также и радиус  $R_3$  сопрягающей круговой кривой.

Определяют параметры кlothоид  $A_1$  и  $A_2$ , искомый радиус сопрягающей с ним круговой кривой  $R_3$ , если при задании он был положен равным нулю; координаты главных точек ( $Q_3, K_1, K_2, K_3, K_4, N_1, N_2$ ); положение локальной системы координат.

8. Сопряжение двух круговых кривых внутренней кlothоидой. Комбинация элементов:  $KK_1 - KL - KK_2$  (рис. X.31). Задают координаты центров круговых кривых  $Q_1 [X_{Q_1}, Y_{Q_1}]$ ,  $Q_2 [X_{Q_2}, Y_{Q_2}]$ , радиусы  $R_1$  и  $R_2$  (с учетом знаков). Определяют параметр кlothоиды  $A$ , сопрягающей с обеими круговыми кривыми, положение локальной системы координат и координаты главных точек.

Расчет проектной линии продольного профиля элементов пересечений. Многообразие видов соединительных рам, их различная конфигурация в плане, наличие высотных ограничений из-за устройства водопропускных сооружений, путепроводов и соблюдение условий сопряжений с вертикальными элементами пересекающихся дорог обуславливают

определенные трудности в создании единых методов расчета проектной линии продольного профиля для каждого элемента. Решение данной задачи является составной частью комплексного расчета отдельных соединительных рам в пространственном положении с одновременным выполнением расчетов по вертикальной планировке, включая наиболее сложные участки ответвлений и примыканий.

В соответствии с видом соединительных рам можно дифференцировать и методы расчета их продольных профилей. В настоящее время в Союздорпроект разработаны алгоритмы и созданы программы для автоматизированного расчета простых соединительных рам выпуклого очертания, которые пригодны и для простых соединительных рам вогнутого очертания при небольшой их длине и большом перепаде высот между начальной и конечной точками. Для расчета продольного профиля рам большой длины могут применяться также известные программы расчета проектной линии автомобильных дорог.

Возможные случаи сопряжения вертикальных кривых радиусов  $R_1$  с элементами продольных профилей пересекающихся дорог представлены на рис. X.32. Большое количество возможных комбинаций говорит об эффективности использования ЭВМ в расчетах по определению элементов проектной линии продольного профиля рам и их сопряжению между собой.

Для удобства построения и наглядности все характерные и пикетажные точки продольного профиля определяются в системе координат, где абсцисса  $x$  — пикетажное положение точки в направлении пикетажа слева направо и ордината  $y$  — абсолютная отметка точки, взятая в системе высотных отметок продольных профилей пересекающихся дорог.

После определения окружных значений радиусов  $R_1$  находят положение вершины вертикальных кривых, а также координаты и уклон в точках  $p_1$ .

В зависимости от знака уклона  $i_p$  в точке  $p_2$  различают две принципиально отличных по технике расчета схемы сопряжения вогнутой кривой  $R_2$  с вертикальными кривыми  $R_1$  (рис. X.33).

При отсутствии возможности решения задачи размещения и сопряжения вертикальных кривых по схемам, приведенным на рис. X.33, необходимо изме-

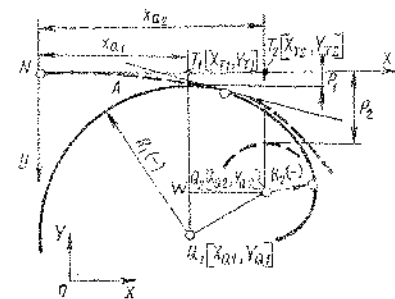


Рис. X.31. Сопряжение двух круговых кривых внутренней кlothоидой

1		$R_{01} < 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} < 0$		$R_{01} > 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} > 0$
2		$R_{01} < 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} > 0$		$R_{01} > 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} < 0$
3		$R_{01} < 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} < 0$		$R_{01} > 0$	$R_1 > 0$	$i_{p1} > 0$
4		$R_{01} > 0$	$R_1 < 0$	$i_{p1} > 0$		$R_{01} > 0$	$R_1 > 0$	$i_{p1} < 0$

Рис. X.32. Варианты сопряжения осей съезда и дороги в вертикальной плоскости

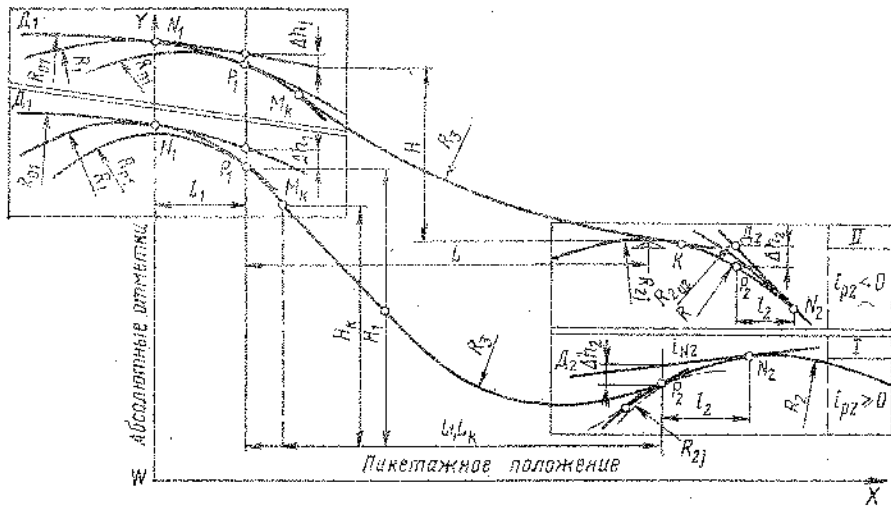


Рис. X.33. Схема построения проектной линии продольного профиля на съездах с двумя типами сопряжения вертикальных кривых

нить геометрическое решение соединительной рампы в плане, т. е. увеличить ее длину. Таким образом обеспечивается взаимоувязка проектной линии продольного профиля с планом элемента пересечения.

## Глава XI

### ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ И ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

#### § XI.1. ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Безопасность движения по дорогам может быть достигнута только при условии одновременного проведения широкого комплекса мероприятий: совершенствования конструкции автомобилей и других транспортных средств; содержания транспортных средств в надлежащем техническом состоянии; строгого соблюдения водителями и пешеходами правил дорожного движения; обеспечения планом и профилем дорог возможности движения автомобилей с высокими скоростями; поддержания дорожно-эксплуатационной службой транспортных качеств дорог путем обеспечения необходимой прочности, ровности, коэффициента сцепления покрытий, необходимых расстояний видимости и т. д.; надлежащей информации водителей о дорожных условиях и режиме движения путем установки дорожных знаков, использования сети местного радиовещания и телевидения, издания маршрутных дорожных схем и карт.

Официальная статистика относит к числу дорожно-транспортных происшествий, вызванных дорожными условиями, сравнительно небольшой процент, полагая, что подавляющее большинство происшествий возникает в результате ошибок или неправильных действий водителей. Однако более глубокий анализ обстоятельств возникновения дорожных происшествий показывает, что во многих из них проявлялось сопутствующее влияние дороги, осложнившей управление или вызвавшей ошибку водителей.

Дорожно-транспортные происшествия чаще всего возникают в местах, где водители сталкиваются с внезапным осложнением дорожных условий, вызываю-

щим необходимость резкого снижения скорости. В этих местах в связи с неблагоприятными сочетаниями элементов плана и профиля, ухудшенном ровности и скользкости дорожного покрытия, возможностью внезапного появления пешеходов и т. п., допустима только ограниченная скорость. В то же время на предшествующих участках причины для ограничения скорости отсутствуют. Поэтому водители усталые, имеющие повышенную продолжительность реакции, ослабившие внимание, неопытные или недисциплинированные водители, которые едут с высокой скоростью, не считаясь с особенностями расположенных впереди участков дороги, неожиданно сталкиваются с необходимостью резкого снижения скорости, могут попасть в аварийную ситуацию.

Таким образом, основным показателем безопасности движения является отсутствие на дороге мест, на которых происходит резкое изменение скорости движения транспортного потока на коротком участке пути, а также малая величина перепадов скорости на таких участках.

Исследования психо-физиологических процессов, возникающих в организме водителей, показали, что проезд трудных участков дороги всегда сопровождается резким повышением их эмоциональной напряженности. Поэтому устранение опасных и неудобных для движения участков дороги обеспечивает одновременно и существенное улучшение условий труда водителей.

Хотя на опасных участках в аварии попадают только единичные автомобили, на этих участках весь транспортный поток снижает скорость движения, что снижает эффективность использования автомобильного транспорта.

Мероприятия по повышению безопасности движения обеспечивают одновременно снижение стоимости автомобильных перевозок, улучшение условий труда водителей и повышение комфортабельности пассажирских сообщений.

Наиболее опасными на дорогах являются участки резкого уменьшения на коротком протяжении дороги допускаемых скоростей, обеспечиваемых элементами плана и профиля, преимущественно в связи с фактической видимостью и устойчивостью на кривых; резкого несоответствия одного из элементов дороги скоростям движения, обеспечиваемым другими ее элементами (скользкое покрытие на кривой большого радиуса, узкий мост на длинном горизонтальном прямом участке, кривая малого радиуса среди затяжного спуска и др.); участки, где дорожные условия создают возможность значительного возрастания скоростей, которые могут превысить безопасные при данной ровности и шероховатости покрытия (затяжные спуски на прямых участках); участки, где у водителей возникает неправильное представление о дальнейшем направлении дороги, что особенно опасно для водителей, впервые едущих по данной дороге; места слияния или пересечения потоков движения на перекрестках, съездах и примыканиях, переходных-скоростных полосах; места, где имеется возможность неожиданного появления на дороге пешеходов и выезда транспортных средств с придорожной полосы; участки, где однообразие придорожного ландшафта, плана и профиля дороги способствует потере водителями легковых автомобилей контроля за скоростью или же где такое однообразие приводит к утомлению и сонливости водителей грузовых автомобилей.

Для выявления участков дороги, характеризующихся неудачными сочетаниями элементов, которые создают опасность дорожно-транспортных происшествий, а также для оценки относительной опасности маршрута можно применять разработанные проф. В. Ф. Бабковым методы «коэффициентов аварийности» и «коэффициентов безопасности».

#### § XI.2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ВЫЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ МЕСТ

**Метод «коэффициентов аварийности».** Метод основан на обобщении данных статистики дорожно-транспортных происшествий. Он особенно удобен для анализа участков дорог, находящихся в эксплуатации и подлежащих реконструкции.

Степень опасности участков дороги характеризуют «итоговым коэффициентом аварийности», который представляет собой произведение част-



ных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля:

$$K_{\text{авар}} = K_1 K_2 K_3 \dots K_{14} \quad (XI.1)$$

где коэффициенты  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_{14}$  — отношение количества происшествий при той или иной величине элемента плана и профиля по сравнению с эталонным горизонтальным прямым участком дороги, имеющим проезжую часть шириной 7—7,5 м и укрепленные широкие обочины. Частные коэффициенты аварийности имеют следующие значения:

Интенсивность движения, авт./сут	500	1000	3000	5000	7000	9000
$K_1$	0,40	0,50	0,75	1,00	1,30	1,90
Ширина проезжей части, м	4,5	5,5	6,0	7,5	8,5	
$K_2$ при укрепленных обочинах	2,2	1,5	1,35	1,0	0,8	
$K_2$ при неукрепленных обочинах	4,0	2,75	2,5	1,5	1,0	
Ширина обочин, м	0,5	1,5	2,0	≥3,0		
$K_3$	2,2	1,4	1,2	1,0		
Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80	
$K_4$	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0	
Радиус кривых в плане, м	50	100	150	200—300	400—600	1000—2000
$K_5$	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25
Видимость, м	50	100	150	200	250	350
$K_6$ в плане	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45
$K_6$ в продольном профиле	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0
Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги	меньше на 1 м	равна	шире на 1 м	шире на 2 м		
$K_7$	6,0		3,0	1,5	1,0	
Длина прямых участков, км			3	5	10	15
$K_8$			1,0	1,1	1,4	1,6
Тип пересечения с примыкающей дорогой		в разных уровнях	в одном уровне, при интенсивности движения на пересеченной дороге, % от суммарной на двух дорогах	10	10—20	20
$K_9$		0,35	1,5	3,0	4,0	
Пересечение в одном уровне при интенсивности движения по основной дороге, авт./сут	менее					
$K_{10}$	1600	1600—3500	3500—5000	5000 и более		
	1,5	2,0	3,0	4,0		
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м	менее 20	30—20	40—30	60—40	более 60	
$K_{11}$	5,0	2,5	1,65	1,1	1,0	

Число полос движения на проезжей части	без разделительной полосы				с разделительной полосой	
	2	3	4	4	4	4
$K_{12}$	1,0	1,5	0,8	0,8	0,65	0,65

Расстояние от застройки до проезжей части, м и ее характеристика	имеются местные дорожные движения		имеются тротуары		отсутствуют	
	15—20	6—10	5	5	5	5
$K_{13}$	2,5	5,0	7,5	10,0		

Величина коэффициентов сцепления и состояние покрытия	скользкое		чистое сухое		шероховатое	
	0,2—0,3	0,4	0,6	0,7	0,75	очень шероховатое
$K_{14}$	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75	

Приведенные значения частных коэффициентов аварийности получены путем обобщения литературных данных и материалов статистики дорожно-транспортных происшествий в СССР и за рубежом. По мере накопления новых опытных данных значения коэффициентов должны периодически подвергаться уточнению. В характерных природно-географических районах может потребоваться введение дополнительных коэффициентов, учитывающих, например, наличие проложенных параллельно дороге каналов ирригационной сети, расположенных на земляном полотне аллейных насаждений и др.

В проектах новых дорог не следует допускать участков, для которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15—20. В проектах капитального ремонта или реконструкции дорог в условиях пересеченного рельефа местности необходимо предусматривать перестройку участков с коэффициентами аварийности более 25—40 в зависимости от местных условий. Организациям дорожно-эксплуатационной службы рекомендуется: наносить разметку проезжей части, запрещающую обгон с выездом на полосу встречного движения, при коэффициенте аварийности более 10—20; запрещать обгон и ограничивать скорости движения при коэффициентах аварийности, превышающих 20—40.

Поскольку влияние уклона проезжей части на кривых и наличие виражей на величину коэффициента аварийности специально не учитывается, при оценке степени безопасности движения следует исходить из эквивалентных радиусов кривых, имеющих то же покрытие, что и рассматриваемые кривые, но уклон виража должен быть равен уклону проезжей части на прямых участках. Величину эквивалентных радиусов определяют из выражения

$$R_{\text{эkv}} = \frac{(\varphi_{\text{кр}} + i_{\text{кр}})}{(\varphi_{\text{кр}} + i_{\text{пр}})} R \quad (XI.2)$$

где  $R$  — радиус кривой, м;  $\varphi$  — коэффициент поперечной силы при расчетах на устойчивость, который принимают равным коэффициенту поперечного сцепления;  $i$  — поперечный уклон. Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» к характеристике проезжей части на прилегающем участке.

Итоговые коэффициенты аварийности устанавливают на основании плана и профиля проектируемой дороги или линейного графика эксплуатируемого участка дороги.

При построении графика итоговых коэффициентов аварийности строят сжатые план и продольный профиль дороги с выделением на них всех элементов,

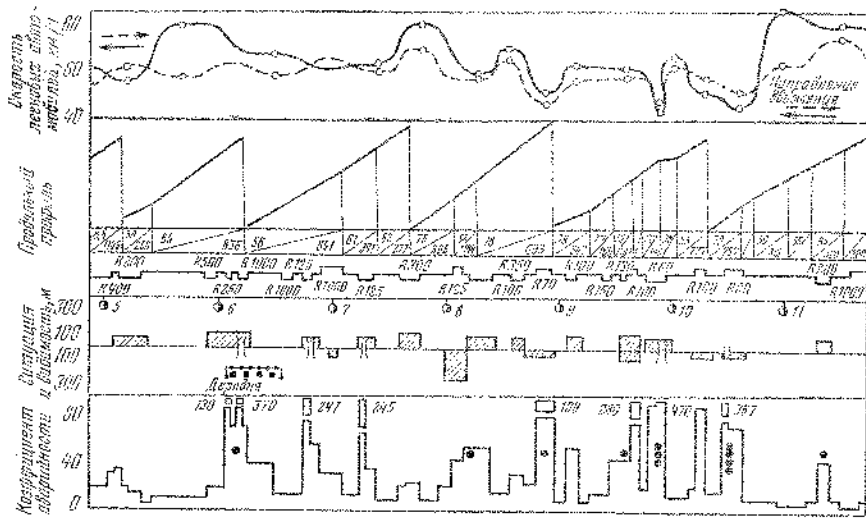


Рис. XI.1. Пример графика коэффициентов аварийности

для которых должны быть определены частные коэффициенты аварийности (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающие дороги и пешеходные тропы). В специальной графе отмечают места с недостаточной видимостью и ее фактические величины. Масштаб плана и профиля принимают в зависимости от сложности ситуации.

Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей. В отдельной графе выписывают интенсивности движения на разных участках. Значения интенсивностей берут из проектов новых дорог или по данным учетов, проводимых дорожными организациями или специальной исследовательской партией, выполняющей обследования дороги для составления проекта реконструкции.

План и профиль дороги анализируют по каждому из показателей, выделяя однородные участки, для каждого из которых назначают коэффициент аварийности. Значения коэффициентов записывают в выделенные для каждого из них графы. Значения коэффициентов не интерполируют, а принимают ближайшие (см. стр. 336, 337). Границы каждого из выделенных участков сносят в специальную графу итоговых коэффициентов аварийности, выделяя таким образом, границы участков, однородных по степени обеспеченности безопасностью.

Итоговый коэффициент аварийности определяют последовательно, перемножая частные коэффициенты. Для наглядности в специальной графе линейного графика строят эпюру итоговых коэффициентов, пик которой характеризуют участки, наиболее опасные в отношении возможности дорожных происшествий (рис. XI.1). На графике отмечают по материалам учета органами ГАИ места дорожно-транспортных происшествий за несколько лет.

При равных значениях итоговых коэффициентов аварийности работы по обеспечению безопасности движения следует проводить в первую очередь в местах сосредоточения дорожно-транспортных происшествий.

При ограниченных возможностях одновременного устранения всех опасных мест, мало различившихся по величинам итоговых коэффициентов аварийности, учитывают тяжесть происшествий на отдельных участках, выполняя в первую очередь работы на тех участках, где потери от происшествий наиболее велики. Методика таких расчетов изложена во «Временных условиях по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании и реконструкции автомобильных дорог (ВСН 3-69, Минавтодор РСФСР)»,

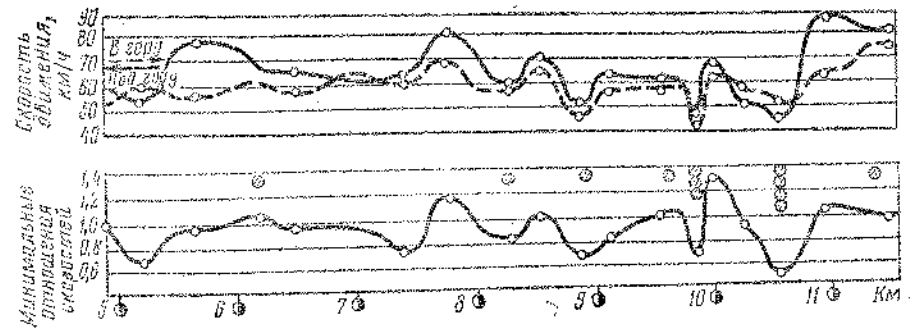


Рис. XI.2. Пример графика коэффициентов безопасности

Метод «коэффициентов безопасности». Коэффициентом безопасности называют отношение скорости движения, обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к максимальной скорости, которая может быть развита на предстоящем ему участке. Чем меньше величина коэффициента безопасности, тем более вероятны дорожные происшествия.

Скорости, обеспечиваемые тем или иным участком дороги в продольном профиле, определяют для легкового автомобиля, принятого за расчетный (обычно ГАЗ М-24), по методам А. Е. Бельского или К. А. Хавкина, по формулам неравномерного движения автомобиля. Расчет ведут на ЭВМ по специальным программам или с использованием вспомогательных таблиц. Скорости на кривых в плане и продольном профиле рассчитывают по обычным формулам для определения радиусов. В методику расчета скоростей вводят изменения, учитывающие влияние возможной недисциплинированности и недостаточной опытности отдельных водителей.

Для каждого участка дороги строят графики для обоих направлений движения. Если условия движения по дороге в разных направлениях резко различны, график можно строить только для того направления, на котором может быть развита наибольшая скорость.

На спусках скорость рассчитывают по динамической характеристике из условия движения автомобиля под уклон с работающим двигателем. Место, на котором развивается конструктивная скорость — предельная допустимая по условиям управляемости автомобиля на дороге с данным типом покрытия, — принимается как участок перепада скорости. Условно считают, что здесь скорость должна быть снижена до средней скорости транспортных потоков (60 км/ч).

При расчетах скорости не принимают во внимание местных ее ограничений, накладываемых требованиями правил движения по дорогам (ограничения скорости в населенных пунктах, на переездах железных дорог, на пересечениях с другими дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.). Не учитывают участки торможения для плавного изменения скорости при въезде на кривые малых радиусов, узкие мосты и т. д. В конце каждого участка определяют максимальную скорость, которая на нем может быть развита, без учета возможности движения с ней на последующих участках.

На основе полученных данных строят график изменения по длине дороги величин коэффициентов безопасности (рис. XI.2).

По степени опасности участка дороги оценивают исходя из значения коэффициентов безопасности:

Коэффициент безопасности	$\leq 0,4$	0,4—0,6	0,6—0,8	$\geq 0,8$
Характеристика условий движения на участке	очень опасные	опасные	малоопасные	практически безопасные

Таблица XI.1

## Необходимое количество замеров скоростей движения

Интенсивность движения, авт/ч	Количество замеров	Интенсивность движения, авт/ч	Количество замеров
50	150	300	60
100	100	500	50
200	80	600	30—40

В проектах новых дорог недопустимы участки со значениями коэффициента безопасности менее 0,8.

При реконструкции и капитальном ремонте существующих участков автомобильных дорог следует перепроектировать участки со значениями коэффициентов безопасности менее 0,6.

При разработке проектов реконструкции отдельных участков дороги график скоростей движения может быть построен по данным непосредственных наблюдений за скоростями движения. Возможны два метода сбора необходимых данных.

При первом методе скорости движения измеряют на характерных участках, выделенных путем анализа дорожных условий.

Скорости определяют радиолокационными измерителями, выпускаемыми промышленностью по заказу ГАИ. При отсутствии аппаратуры можно измерять секундомерами продолжительность проезда автомобилями створа известной длины.

Необходимое число замеров скоростей зависит от интенсивности движения и не должно быть менее указанного в табл. XI.1.

За характерную для участка принимают скорость, соответствующую 85% обеспеченности (скорость автомобиля, медленнее которого едет 85% общего количества автомобилей). Эту скорость определяют с использованием кумулятивной кривой (рис. XI.3).

При втором методе организуют контрольные проезды по маршруту испытательного автомобиля, записывая скорости движения режимометрами или регулярно записывая показания спидометра, соответствующие четным десяткам километра и моменту проезда через характерные участки — мосты, километровые знаки и т. д.

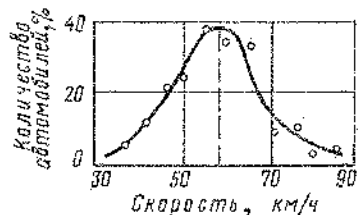
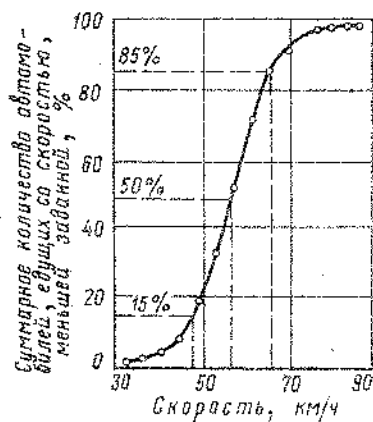


Рис. XI.3. Графики для определения по данным наблюдений скорости, соответствующей 85% обеспеченности

При проезде маршрута одним водителем получается сравнительная характеристика разных участков дороги, которая в известной степени зависит от опыта и индивидуальных особенностей водителя. Для большей объективности в отдельных случаях следует организовывать последовательные проезды на испытательном автомобиле нескольких водителей и определять коэффициенты безопасности с учетом средних скоростей.

## § XI.3. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ В ОДНОМ И РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Степень безопасности движения на пересечении дорог в одном уровне зависит от направления перекрещивающихся потоков движения, от относительной интенсивности, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков, а также от расстояний между этими точками.

В каждой из указанных точек, называемых «конфликтными», возможны ошибки водителей, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям (рис. XI.4). Чем большее количество автомобилей проходит через ту или иную точку, тем больше вероятность возникновения происшествий.

По методике, предложенной канд. техн. наук Е. М. Лобановым, опасность дорожных происшествий в каждой конфликтной точке определяется по формуле

$$y_i = K_i M_i N_i K_r^{-25} 10^{-7}, \quad (XI.3)$$

где  $M_i$  и  $N_i$  — интенсивности движения транспортных потоков, пересекающихся в данной конфликтной точке, авт./сут;  $K_i$  — коэффициент относительной (сравнительной) аварийности конфликтной точки<sup>1</sup>;  $K_r$  — коэффициент годовой неравномерности движения, принимаемый равным:

месяцы года	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_r$	0,025	0,03	0,045	0,07	0,10	0,15	0,165	0,14	0,12	0,10	0,035	0,02

При реконструкции дороги коэффициент  $K_i$  выбирают соответственно времени, когда была измерена интенсивность движения. Для вновь проектируемых дорог для заданной среднегодовой среднесуточной интенсивности движения величина  $K_i$  постоянна и равна 0,0834.

Опасность всего варианта оценивается по формуле:

$$G = \sum_{i=1}^{1000} \xi_i, \quad (XI.4)$$

где  $G$  — возможное количество дорожно-транспортных происшествий на пересечении за один год;  $n$  — количество конфликтных точек.

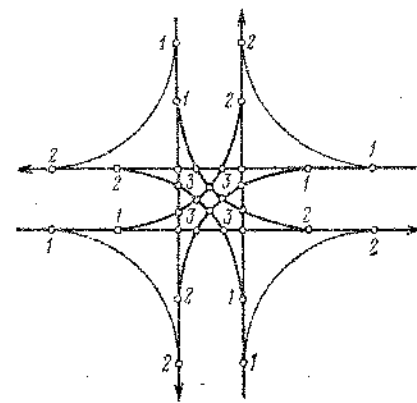


Рис. XI.4. Схема расположения конфликтных точек на пересечении в одном уровне:

1 — точки разветвления; 2 — точки слияния

<sup>1</sup> См. «Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог». М., «Транспорт», 1972, 231 с. Авт.: Е. М. Лобанов, В. М. Визгалов, А. П. Шевяков и др.

Степень обеспеченности безопасности движения оценивают коэффициентом относительной аварийности  $K_a$ :

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7 K_r}{(M + N) 25} \quad (XI.5)$$

где  $G$  — количество происшествий на пересечении за один год;  $M$  — суммарная интенсивность движения на главной дороге, авт./сут;  $N$  — то же, для второстепенной дороги, авт./сут;  $K_r$  — коэффициент годовой неравномерности движения.

По величине  $K_a$  можно судить о степени опасности пересечения:

$K_a$ . . . . .	< 3	3—8	8—12	> 12
Опасность пересечения . . . . .	неопасное	малоопасное	опасное	очень опасное

Для каждого из вариантов пересечений определяют величину  $K_a$ . Чем она меньше, тем удачнее схема пересечения. Для вновь проектируемых пересечений в одном уровне коэффициент аварийности не должен превышать 8.

При  $K_a < 8$  предусматривают обеспечение видимости примыкающих дорог с пересечением; устанавливают дорожные знаки и указатели. При  $K_a = 8—12$  выполняют те же мероприятия, что и в предыдущем случае, а также наносят разметку проезжей части. При  $K_a = 12—16$  устраивают островки на второстепенной дороге, наносят разметку проезжей части. При  $K_a > 16$  строят полностью канализированное пересечение или заменяют крестообразное пересечение кольцевым. Степень опасности каждого варианта планировки пересечения в одном уровне оценивают по формуле

$$G = \frac{1}{10} \sum \beta N, \quad (XI.6)$$

где  $N$  — интенсивность движения по той или иной полосе пересечения;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий условия взаимодействия потока автомобилей, принимаемый согласно табл. XI.2.

Для промежуточных значений углов  $\alpha$  значения  $\beta$  определяют по интерполяции с точностью до 0,5. Близким считают расположение конфликтных точек при отсутствии островков регулирования или при расположении ближе 15 м друг от друга. Для каждого из вариантов пересечений определяют величину показателя  $G$ . Чем она меньше, тем удачнее схема пересечения.

На существующих дорогах при реконструкции пересечений для повышения безопасности движения должны разрабатываться схемы, предусматривающие

Таблица XI.2

Коэффициент, учитывающий условия взаимодействия потока автомобилей

Опасные точки	Величина коэффициента $\beta$ при расположении опасных точек		Опасные точки	Величина коэффициента $\beta$ при расположении опасных точек	
	близком	распределочечном		близком	распределочечном
Разделения	2	1	90	12	6
Слияния	4	2	120	14	7
Пересечения потоков под углом $\alpha$ , град:			150	18	9
			180	20	10
			(возможность движения встречного автомобиля)		
30	6	3			
60	8	4			

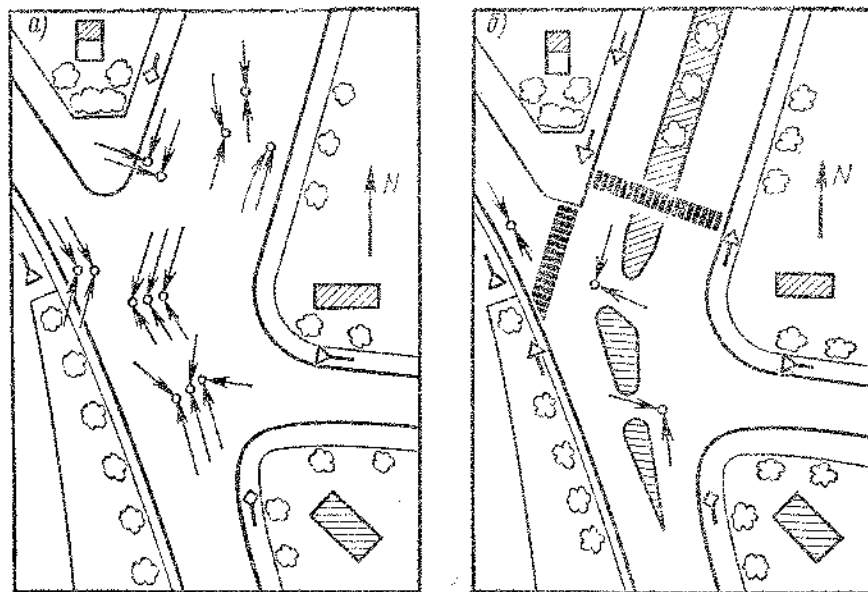


Рис. XI.5. Пример использования плана дорожно-транспортных происшествий для реконструкции перекрестка:

а — перекресток до реконструкции; б — после реконструкции

пассивное регулирование движения, путем устройства направляющих островков, выделения специальных полос для движения в разных направлениях («канализирование движения»).

При реконструкции дорог рациональному размещению направляющих островков и разработке улучшенной схемы движения на пересечениях в одном уровне может помочь анализ дорожно-транспортных происшествий.

Нанося на план пересечения места дорожных происшествий в масштабе 1:100 — 1:250 условными обозначениями пути следования столкнувшихся автомобилей (рис. XI. 5), можно установить наиболее опасные «конфликтные точки», выявить влияние дорожных условий, вызывающих систематические ошибки водителей. На план нужно нанести все элементы ситуации, которые могли влиять на условия движения пешеходов и автомобилей (границы проезжей части, разграничительные линии на покрытии, контуры зданий, опоры мостов, мачты уличного освещения и электропередач, велосипедные и пешеходные дорожки, рекламные плакаты и т. д.). Места сосредоточения дорожных происшествий характеризуют «опасные точки» пересечения. Это позволяет установить ошибочные действия водителей, возможность повторения которых должна быть устранена устройством и выделением четких полос.

При составлении плана дорожно-транспортных происшествий следует пользоваться установленной системой условных обозначений (рис. XI. 6).

При сравнении степени обеспеченности безопасности движения на пересечениях в разных уровнях с неполной развязкой, когда допускается пересечение транспортных потоков на второстепенных направлениях, исходят из предположения, что вероятность дорожных происшествий пропорциональна суммарной интенсивности пересекающихся потоков.

В начале анализа для разных вариантов расположения съездов или путей поворота строят векторную диаграмму направлений движения, на которой стрелками указывают направления, а их толщиной и надписанными около них цифрами — интенсивность движения. Количество точек, в которых перекрещи-

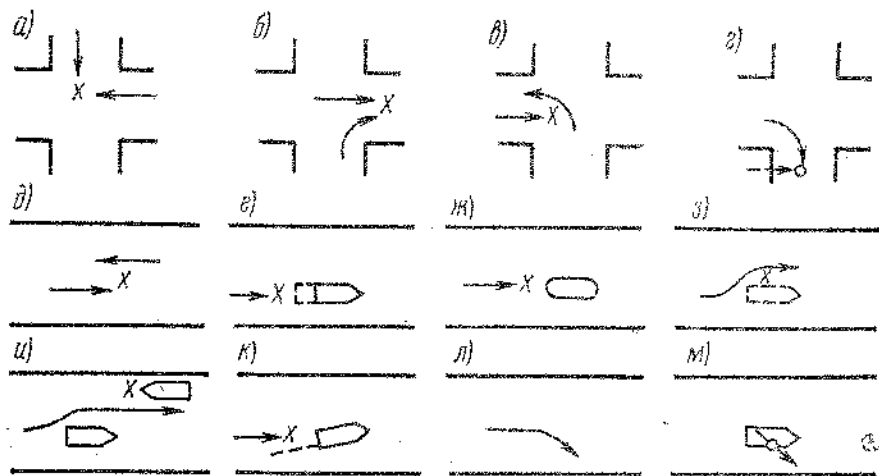


Рис. XI.6. Условные обозначения на планах дорожно-транспортных происшествий:

а — столкновение на пересечении дорог транспортных средств, ехавших прямо; б, в — столкновение ехавших прямо и поворачивавших транспортных средств; г — въезд на пешеходов; д — столкновение транспортных средств, двигавшихся навстречу друг другу; е — то же, при движении в одном направлении; ж — наезд на стоящее транспортное средство; з, и — наезды при обгоне; к — столкновение с транспортным средством, выезжающим со стоянки; л — съезд с проезжей части; м — падение пассажира с движущегося транспортного средства.

ваются потоки движения, в известной степени характеризует транспортно-эксплуатационные свойства пересечений и безопасность движения.

При оценке относительной безопасности движения по пересечениям в разных уровнях неполного типа, на которых допускаются развороты на второстепенных дорогах, хорошим показателем является суммарное количество автомобилей, пересекающихся в конфликтных точках. В этом случае для каждой из сравниваемых схем пересечений должны быть составлены эпюры интенсивностей движения по каждому из направлений и съездов. Наиболее безопасной можно считать схему пересечения, для которой суммарная интенсивность пересекающихся потоков будет наименьшей. Для более точного учета наличия или отсутствия переходно-скоростных полос, относительного расположения конфликтных точек и т. д. могут вводиться коэффициенты, учитывающие условия взаимодействия потока автомобиля (см. табл. XI. 2).

## Глава XII ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

### § XII. 1. ТРЕБОВАНИЯ К ЗЕМЛЯНОМУ ПОЛОТНУ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ВЫБОР И РАСПОЛОЖЕНИЕ ГРУНТОВ В ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ

Земляное полотно относится к числу основных элементов дороги. Конструкция полотна, подбор грунтов и расположение их слоев, методы возведения должны обеспечивать прочность и устойчивость земляного полотна при многократных проходах нагрузок и воздействии природных факторов и длительное сохранение его проектной геометрической формы независимо от погодных условий и времени года.

Конструкцию земляного полотна принимают исходя из продольного профиля, рельефа местности, почвенно-грунтовых, геологических, гидрогеологических и климатических условий района строительства дороги, учитывая при этом опыт эксплуатации дорог, ранее построенных в данном районе.

Прочность и устойчивость земляного полотна обеспечиваются: соблюдением проектных размеров полотна; отводом поверхностных вод, а также влаги изной проезжей части; необходимым повышением бровки над уровнем поверхностных и грунтовых вод; возведением полотна из устойчивых грунтов с тщательным их постоянным уплотнением; укреплением откосов насыпей и выемок для предохранения их от сползания, размыва и раздувания ветром.

Геометрическая форма и конструкция земляного полотна должны способствовать повышению безопасности движения, улучшению архитектурных качеств дороги и незаносимости дороги снегом и песком.

Принятие наиболее рационального решения должно быть обосновано технико-экономическими расчетами на основе соответствующих обследований трассы проектируемой или реконструируемой дороги по отдельным участкам. Во всех случаях следует стремиться к минимальному изъятию земель, пригодных для сельского хозяйства.

Для характерных природных районов Советского Союза разработаны типовые конструкции земляного полотна (см. § XII.5).

Индивидуальные проекты земляного полотна с проверкой на устойчивость и осадку разрабатывают:

для земляного полотна, устраиваемого в местах со сложными инженерно-геологическими условиями (на косогорах круче 1:3, участках с наличием или развитием оползней, оврагов, карста, осыпей, селей, снежных лавин, наледей, в районах шахт и подземных выработок, сейсмических районах и др.);

для насыпей высотой и выемок глубиной более 12 м при благоприятных инженерно-геологических условиях и скальных грунтах;

для выемок, устраиваемых в глинистых переувлажненных грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5 или прорезающих водоносные горизонты, а также для выемок, если их глубина превышает 6 м в глинистых пылеватых грунтах в районах с избыточным увлажнением, или в глинистых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием климатических факторов;

для выемок в скальных породах глубиной более 16 м, а при наклоне пластов в сторону дороги и при меньших глубинах;

для насыпей, возводимых из сильно набухающих глинистых грунтов, пересекающих постоянные водоемы или места длительного подтопления, болота с поперечным уклоном дна глубиной более 4 м и в случаях, когда не предусматривается выторфовывание;

для земляного полотна, возводимого с применением гидромеханизации или массовых взрывных работ.

По условиям использования в земляном полотне грунты могут быть разделены на группы.

Каменистые и щебенчатые грунты — обломки устойчивых скальных горных пород как естественного происхождения, так и полученные в результате разработки монолитной скалы — являются хорошим материалом для возведения насыпей, поскольку они устойчивы против воздействия текучей воды и не поглощают влагу. Проникание воды в промежутки между обломками разрушенной скальной породы не влияет существенно на прочность и устойчивость земляного полотна.

Гравийные и песчаные грунты водопроницаемы и не склонны к накоплению влаги при промерзании. Насыщение водой мало влияет на устойчивость этих грунтов в земляном полотне. Песчаные грунты являются наилучшим материалом для насыпей в неблагоприятных гидрогеологических условиях — на заболоченных участках и на поймах. В связи с малой высотой капиллярного поднятия и хорошей водопроницаемостью эти грунты не переувлажняются в основании дорожных одежд и быстро просыхают в пойменных насыпях при спаде высоких вод. Однако при течении воды вдоль насыпи песчаные грунты из-за малой сопротивляемости размыву неприменимы без специального

укрепления откосов. Откосы песчаных насыпей и выемок необходимо также укреплять от размыва дождевой водой и развевания ветром.

Супесчаные грунты содержат небольшое количество глинистых частиц, достаточное для прилипания им связности в сухом состоянии, обладают удельно-высокой водопроницаемостью. При увлажнении супесчаные грунты сохраняют сопротивление нагрузкам, достаточное для устойчивости земляного полотна.

Насыпи из супесчаных грунтов можно устраивать как в сухих, так и в переувлажненных местах.

Мелкозернистые супесчаные грунты, содержащие более 50% частиц диаметром меньше 0,25 мм, менее устойчивы в переувлажненном состоянии. При промерзании они склонны к накоплению влаги и пучению. Особенно сильно процесс пучения развивается в пылеватых грунтах. В откосах земляного полотна эти грунты легко размываются. При насыщении водой пылеватые грунты приходят в текучее состояние.

Суглинистые грунты являются хорошим материалом для земляного полотна. Они хорошо сопротивляются размыву и устойчивы в откосах. При большом содержании пылеватых частиц суглинистые грунты опасны в отношении пучения.

В пойменных суглинистых насыпях при спаде высоких вод обратное движение воды, фильтрующейся из насыпи, может вызвать гидродинамическое давление, приводящее к обрушению откосов. Поэтому надо расчетом проверять устойчивость откосов.

Глинистые грунты обладают значительной связностью и очень малой водопроницаемостью, в связи с чем они медленно насыщаются водой и столь же медленно просыхают. Эти грунты — хороший материал для отсыпки насыпей в сухих местах и в местах, увлажняемых на короткое время. В переувлажненном состоянии глинистые грунты переходят в мягкопластичное и текучее состояние, они липки, не поддаются уплотнению.

Лёссовые грунты по составу относятся к группе пылеватых суглинистых грунтов. В связи с особенностями их происхождения они имеют вертикальные макропоры. В условиях естественной ненарушенной структуры лёссовые грунты держат вертикальные откосы. При увлажнении они размокают, теряют природное сложение. В насыпях лёссовые грунты с нарушенной структурой ведут себя аналогично пылеватым грунтам. Высокие насыпи на лёссах и лёссовидных грунтах могут иметь просадки при насыщении грунтов основания водой, сканивающейся в резервах и понижениях местности. Чем значительнее давление на грунт от насыпи, тем интенсивнее могут развиваться просадки насыпи.

Возведение насыпей предусматривается из грунтов выемок (продольная возка грунта), из боковых и сосредоточенных резервов и из специально закладываемых грунтовых карьеров. Решение принимается на основе технико-экономического расчета.

Допускаются для отсыпки насыпей без ограничения камень, щебенчатые и гравелистые грунты, пылеватые пески, водостойчивые местные материалы и отходы промышленности. Глинистые грунты (супеси, суглинки, глины) можно применять для возведения насыпей при влажности, не превышающей более чем на 10% оптимальной для этих грунтов.

В местах примыкания к устоям и консолям мостов и путепроводов насыпи возводятся из дренирующих грунтов.

На дорогах IV и V категории разрешается применять меловые и тальковые грунты и трепел для отсыпки средней части незатопляемых насыпей высотой 5 м, располагаемых на сухом основании, с обязательным прикрытием их слоем недренирующих грунтов толщиной не менее 1,5 м. Торф в размельченном виде разрешается применять для насыпей высотой до 3 м с обязательным прикрытием его слоем других грунтов толщиной не менее 1 м. Пылеватые суглинки и пылеватые грунты могут быть использованы на дорогах капитального типа только в нижней части насыпей; верхнюю часть насыпей высотой 0,6—0,8 м рекомендуется отсыпать из непывеватых, преимущественно песчаных и супесчаных грунтов.

Грунты, не допускаемые к применению в насыпь, при устройстве земляного полотна в нулевых отметках и выемках должны быть заменены доброкачественными грунтами на глубину не менее 0,8 м.

Для возведения насыпей не допускаются: илстые грунты — ил, мелкий песок с примесью торфа или ила, жирные глины с примесью ила; недренирующие грунты, содержащие водорастворимые соли в количестве более 8% при хлоридном и более 5% при сульфатном засолении (процент засоления принимается средний в верхней метровой толще грунта); торф; жирные глины, меловые и тальковые грунты и трепелы при наличии грунтовых вод на глубине менее 1 м и на поймах рек.

При возведении насыпей из разнородных грунтов должны соблюдаться следующие требования:

насыпи отсыпают горизонтальными слоями; не должно быть наклонных пластов, по которым может происходить сползание грунта. При отсыпке дренирующего грунта на слой менее дренирующего поверхности последнего должен быть придан выпуклый профиль с уклонами 40‰.

откосы слоев грунта с большей дренирующей способностью не должны покрываться грунтами с меньшими дренирующими свойствами;

не допускается отсыпка попеременно разнородных по водопроницаемости грунтов;

должны быть созданы условия свободного просачивания из насыпи проникающей в нее дождевой и поверхностной воды;

не следует допускать «линз», «мешков» и «карманов», в которых может застаиваться вода;

осадка различных участков насыпи должна быть равномерной;

грунты, резко снижающие свою устойчивость при увлажнении, необходимо изолировать от влаги водопроницаемыми грунтами.

При выпуклом использовании для насыпей неблагоприятных грунтов (тяжелых глин, известковых и сланцевых глин, сильно пылеватых грунтов в неблагоприятных условиях увлажнения) следует проектировать досыпку откосов и верхней части земляного полотна из непывеватых грунтов (песков, супесей, легких суглинков) на толщину  $\frac{1}{2}$  глубины промерзания в данном районе.

## § XII.2. ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ МЕСТНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Водно-тепловым режимом местности называются закономерные изменения в течение времени влажности и температуры в приземном слое воздуха и верхнем слое грунта. Земляное полотно, расположенное в насыпи или выемке, с дорожной одеждой той или иной конструкции имеет водно-тепловой режим, в известной степени отличающийся от режима местности, но подчиняющийся общим закономерностям изменения влажности и температуры, свойственным данной местности. Важнейшее влияние на водно-тепловой режим оказывает климат, условия которого подчинены зональной закономерности. Это дает возможность районировать водно-тепловые условия проектирования, строительства и эксплуатации дорог.

В настоящее время для целей проектирования дорог используется дорожно-климатическое районирование (табл. XII.1 и рис. XII.1).

Каждая зона характеризуется своим водно-тепловым режимом, глубиной залегания грунтовых вод, глубиной промерзания грунтов и количеством атмосферных осадков. При общем типовом водно-тепловом режиме в пределах каждой зоны на отдельных участках трассы имеются особенности, зависящие от природных условий (рельеф, грунты), которые выявляются в процессе изысканий.

Схема источников увлажнения земляного полотна показана на рис. XII.2. В зависимости от относительной мощности того или иного источника создается характерный водный режим на данном участке полотна и степень его увлаж-

Таблица XII.1

## Дорожно-климатическое районирование территории СССР

Зона	Характеристика зоны	Примерные географические границы зоны
I	Распространение вечной мерзлоты	Включает зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны. Расположена севернее линии Мончегорск—Поной—Несь—Ошкурья — Сухая Тунгуска — Калск—Госграница и Биробиджан—Де-Кастри
II	Избыточное увлажнение	Включает зону лесов. Расположена к югу от границы зоны I до линии: Львов—Житомир—Тула—Горький — Ижевск — Кыштым — Томск—Канск; Биробиджан — Де-Кастри — граница с КНР
III	Значительное увлажнение в отдельные годы	Включает лесостепную зону. Расположена к югу от зоны II до линии: Кишинев—Кировоград — Белгород — Куйбышев—Магнитогорск—Омск — Бийск — Туран; Кубань и западная часть Северного Кавказа относятся также к III зоне
IV	Недостаточное увлажнение	Включает степную зону. Расположена к югу от границы зоны III до границы зоны V
V	Засушливая	Включает пустынную и пустынно-степную зону с распространением засоленных грунтов. Расположена к югу от линии: Джульфа—Селанакерт—Буйнакск — Кизляр — Волгоград и далее южнее на 200 км линии Уральск—Актюбинск—Караганда до северного побережья о. Балхаш.

Примечание. Черноморское побережье, Прикавказские горы, за исключением Кубани и западной части Северного Кавказа, относят к IV зоне; горные области выше 1000 м, а также малоизученные районы относят к той или иной зоне в зависимости от местных природных условий, учитываемых в каждом конкретном случае.

В горных районах надлежит учитывать природные условия местности, обуславливаемые горным рельефом и возвышением над уровнем моря, а в районах морского побережья — специфические особенности этих районов.

нения. В соответствии с характером и степенью увлажнения устанавливается для целей проектирования дорог тип местности по увлажнению (табл. XII.2).

В направлении с северо-запада на юго-восток европейской территории СССР роль поверхностной воды в увлажнении грунтов уменьшается, возрастает интенсивность испарения влаги, глубина залегания грунтовых вод увеличивается.

Для целей проектирования, строительства и эксплуатации дорог должна быть установлена схема типового (расчетного) для каждого природного района водно-теплового режима на основе учета источников увлажнения и их мощности, годового изменения температур и водного режима полотна в условиях расчетного по увлажнению года. Должна быть установлена длительность расчетного состояния переувлажнения в данном районе. Для определения расчетной влажности грунтов оснований в данном районе используют наблюдения ближайших гидрометеорологических станций за длительное время с обработкой их по методу теории вероятностей, как это применяется в гидрологических расчетах.

Знание водно-теплового режима земляного полотна позволяет проектировать мероприятия по повышению прочности грунтов путем регулирования их водно-

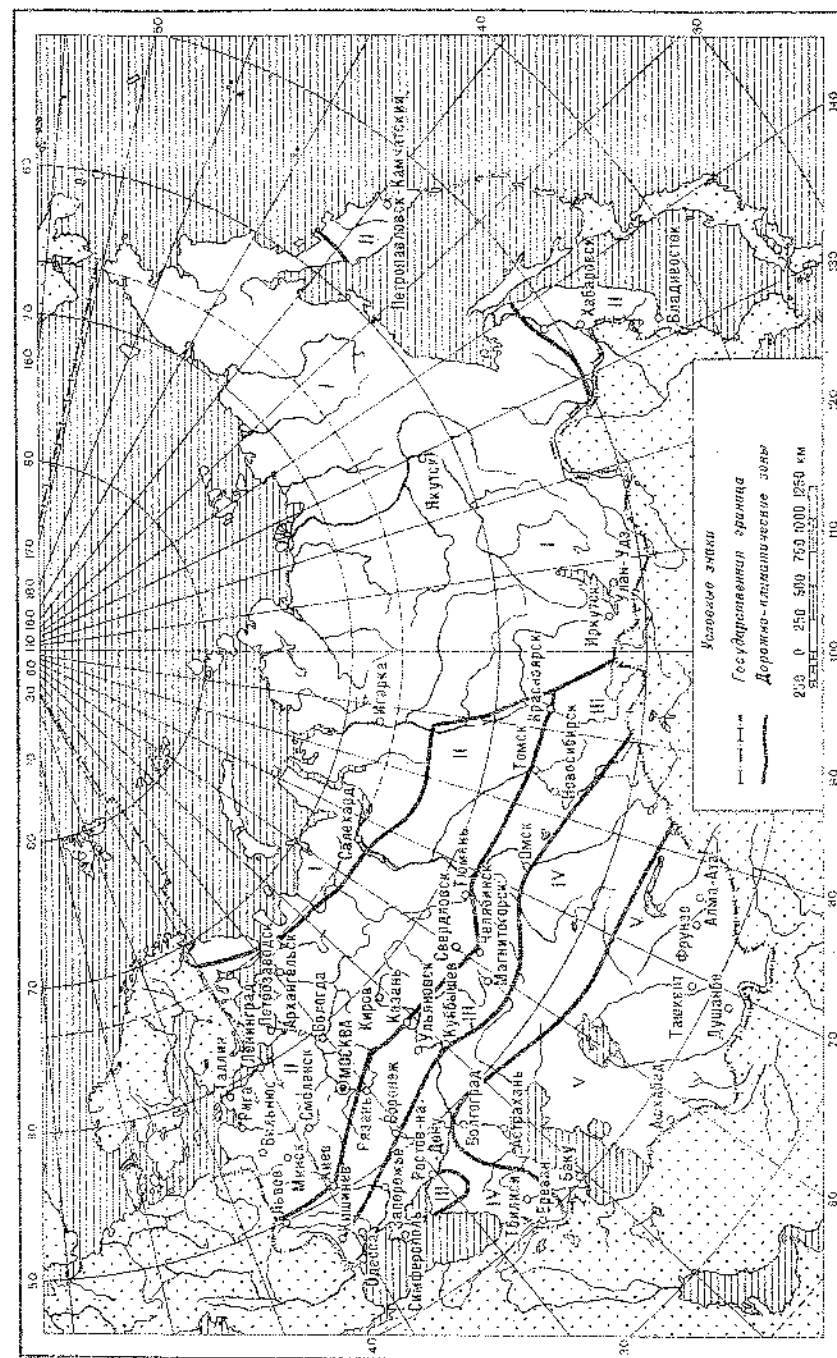


Рис. XII.1. Схема дорожно-климатического районирования СССР

Значение наименьшего коэффициента уплотнения грунтов в насыпях

Части насыпи	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Усовершенствованные капитальные покрытия		Усовершенствованные облегченные и переходные покрытия	
		Коэффициент уплотнения в дорожно-климатических зонах			
		II и III	IV и V	II и III	IV и V
Верхняя	До 1,5	1,0—0,98*	0,98—0,95*	0,98—0,95**	0,95
Нижняя неподтапливаемая	1,5—6,0	0,95	0,95	0,95	0,95—0,90**
	Более 6,0	0,98			
Нижняя подтапливаемая	1,5—6,0	0,98—0,95	0,95	0,95	0,95
	Более 6,0	0,98	0,98		

\* Большие значения коэффициентов уплотнения относятся к цементобетонным покрытиям.  
\*\* То же, к усовершенствованным облегченным покрытиям.

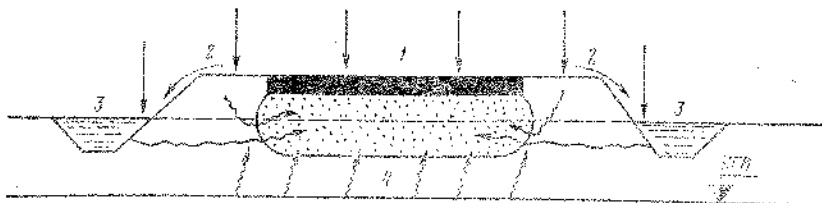


Рис. XII.2. Схема источников увлажнения земляного полотна:

1 — атмосферные осадки на проезжей части; 2 — то же, на обочинах; 3 — застой воды в коветах и резервах; 4 — грунтовые воды

теплового режима. Эти мероприятия заключаются прежде всего в ограничении доступа влаги к верхней части полотна от источников увлажнения. Для этого устраивают поверхностный водоотвод и назначают возвышение бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод. Устройство поверхностного водоотвода — первое и обязательное мероприятие. Должен быть обеспечен также выход воды из грунтового основания для скорейшего его осушения. Эти мероприятия на участках с постоянным или временным притоком воды как бы приводят грунт в гидрологические условия сухих мест с меньшей расчетной влажностью и большей прочностью.

Уплотнение грунтов при возведении земляного полотна, особенно в верхней его части и на обочинах, обязательно. Оно ускоряет процесс осадки насыпей, уменьшает их влагонасыщение и повышает устойчивость. Расчетную плотность верхнего слоя (грунтового основания) рекомендуется принимать равной стандартной (объемной массе сухого грунта). Степень уплотнения грунтов в насыпях длительно сохраняется в южных районах и в сухих местах. В условиях же избыточного увлажнения уплотненный грунт разуплотняется в зоне промерзания, если он тщательно не изолирован от притока влаги.

Наименьший допустимый коэффициент уплотнения грунтов в насыпях назначают в зависимости от местоположения слоя грунта по высоте насыпи, типа одежды, дорожно-климатической зоны и условий увлажнения. Степень уплот-

Таблица XII.2

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Тип местности	Характеристика	Признаки увлажнения
1	Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года	Поверхностный сток не обеспечен, грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы с признаками поверхностного заболачивания. Весной и осенью появляется застой воды на поверхности
3	Мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	Грунтовые воды или длительно стоящие (более 20 сут) поверхностные воды влияют на увлажнение толщи грунтов; почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания, а также солончаки и постоянно орошаемые территории засушливой зоны

нения грунтов земляного полотна (определяемая методом стандартного уплотнения) при проектировании должна приниматься не ниже норм табл. XII.3. Указанная в табл. XII.3. степень уплотнения рекомендуется и для грунтов, применяемых для засыпки котлованов и траншей, вырытых в пределах земляного полотна для размещения искусственных сооружений и подземных устройств. В IV и V климатических зонах для повышения устойчивости земляного полотна и прочности дорожной одежды плотность грунтов в верхних слоях насыпи на глубину до 1,2 м рекомендуется обеспечить до 95—98% от стандартной, а в самом верхнем слое (30—50 см) — до 0,98—1,00. В последнем случае для верхнего слоя принимают при расчете дорожной одежды более высокий показатель прочности.

Для насыпей, работающих как плотины придорожных водоемов, требуемая степень плотности грунта устанавливается расчетом на фильтрацию, исходя из местных условий.

Стандартную (оптимальную) плотность  $\delta_0$  грунта определяют при оптимальной влажности  $W_0$  лабораторным испытанием по методу стандартного уплотнения.

Таблица XII.4

Характеристика грунтов

Грунты	Плотность скелета грунта $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Оптимальная влажность $W_0$ , %	Остаточный воздух $V_0$ , л. е.
Почвенного покрова	Для черноземов—2,60; для прочих связных грунтов—2,65	$W_0 \approx 0,6 F$ (точнее, $W_0 = 2 + 0,54F$ )	0,05
Материнских пород	2,75	$W_0 = 2 + 0,48F$	0,03



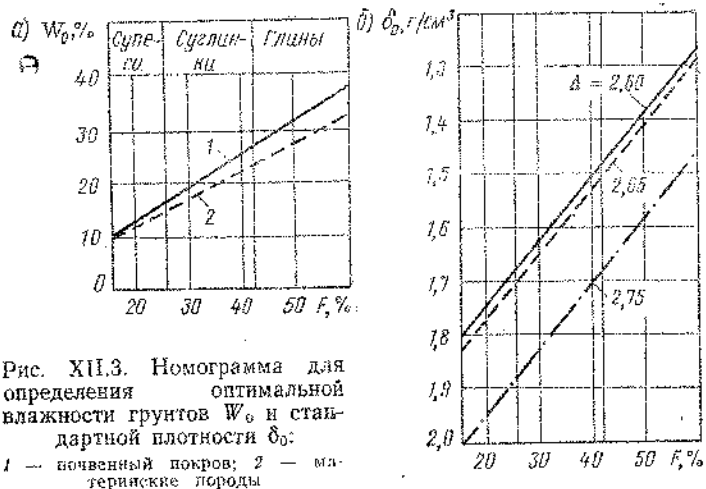


Рис. XII.3. Номограмма для определения оптимальной влажности грунтов  $W_0$  и стандартной плотности  $\delta_0$ :  
1 — почвенный покров; 2 — магнетитовые породы

Стандартная плотность может быть получена также по формуле (расчетный метод В. И. Бирюля)

$$\delta_0 = \frac{\Delta(1 - V_0)}{1 + 0,01W_0 \Delta} \quad (\text{XII.1})$$

где  $\Delta$ ,  $W_0$  и  $V_0$  могут быть в среднем приняты по табл. XII.4 после предварительного определения верхнего предела пластичности (нижней границы текущей)  $F$  как в лабораторных (ГОСТ 5184—64), так и в полевых условиях. Значения  $W_0$  и  $\delta_0$ , соответствующие незасоленным грунтам лесной и лесостепной зон, можно определить по номограмме (рис. XII.3). Для других районов СССР переходный коэффициент (отношение оптимальной влажности  $W_0$  к границе текучести  $F$ ) необходимо устанавливать в лабораториях путем сравнительных испытаний основных характерных грунтов.

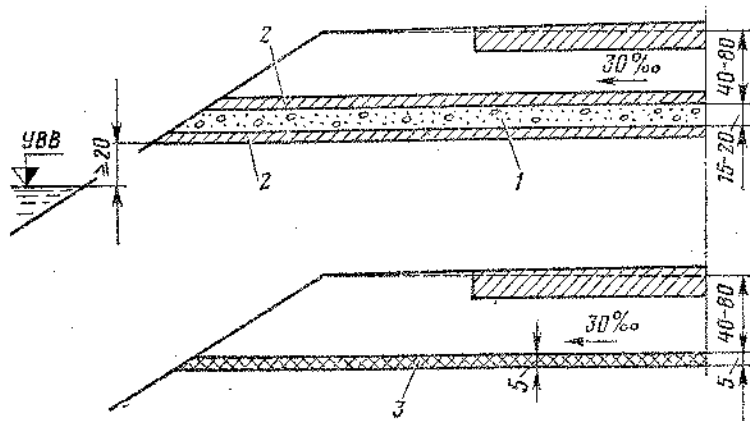


Рис. XII.4. Изолирующие прослойки:  
1 — гравий; 2 — торф, мох; 3 — грунт, обработанный вяжущим

При возведении земляного полотна магистральных дорог грунты рекомендуются уплотнить при влажности, близкой к оптимальной, с доведением плотности не менее чем до 0,95 от стандартной.

Земляное полотно в задел на будущий год устраивают без корыта с двускатным профилем, а также с обязательным уплотнением, как указано выше.

Изолирующие прослойки в земляном полотне устраивают, чтобы полностью предохранить грунт в основании одежды от источников увлажнения или не допустить увлажнения грунтового основания капиллярной водой (капиллярный прерыватель).

Водонепроницаемые (изолирующие) прослойки делают из грунта, обработанного битумом и дегтем, и укладывают на всю ширину полотна с двускатным поперечным уклоном около 30% (рис. XII.4) или на ширину проезжей части с боковой изоляцией. Боковую изолирующую прослойку в I—III зонах располагают на глубине 0,7—0,8 м, а в IV и V — на глубине 0,5—0,7 м от поверхности дороги. Таким образом, слой основания из уплотненного грунта защищают от проникания воды снизу и с боков водонепроницаемой прослойкой из обработанного битумом грунта толщиной около 5 см. На этом принципе основаны схемы простейших грунтовых одежд для районов с благоприятными гидрологическими условиями (рис. XII.5). Прослойки располагают на 20—30 см выше максимального возможного уровня воды в кюветах или горизонта подтопления насыпи.

Глубину  $z_0$  расположения прослойки от низа дорожной одежды назначают в зависимости от давления колеса расчетного автомобиля и интенсивности движения в предположении, что ниже прослойки влажность грунта близка к верхнему пределу пластичности. Для автомобиля ЗИЛ-130  $z_0 = 40—65$  см. Для покрытий капитальных типов величина  $z_0 + h$  рекомендуется равной глубине промерзания ( $h$  — толщина одежды).

Прослойки из дренирующих материалов (гравия, песка) также играют роль прерывателей капиллярного поднятия влаги. Верх прерывающей прослойки располагают на высоте от уровня грунтовых вод, превышающей капиллярное поднятие влаги в материале прослойки. Выше прослойки грунт находится в условиях, соответствующих временно увлажненным местам.

Мероприятия по регулированию водного режима следует проводить в соответствии с особенностями водного режима местности и конструкций полотна и одежды, не допуская недооценки источников увлажнения на отдельных участках трассы и в то же время не допуская проектирования излишних дорожных мероприятий. Эти мероприятия предусматривают главным образом в зонах избыточного увлажнения (лесной и части лесостепной) и местах возможного пучинообразования, а также в отдельных местах с избыточным увлажнением в других зонах. В степной же и пустынной зонах, несмотря на наличие пылеватых лёссовых грунтов, зимнего влагонакопления не происходит, так как отсутствуют достаточно мощные источники увлажнения. Глубокое залегание грунтовых вод и кратковременность застоя поверхностной воды в типовых слу-

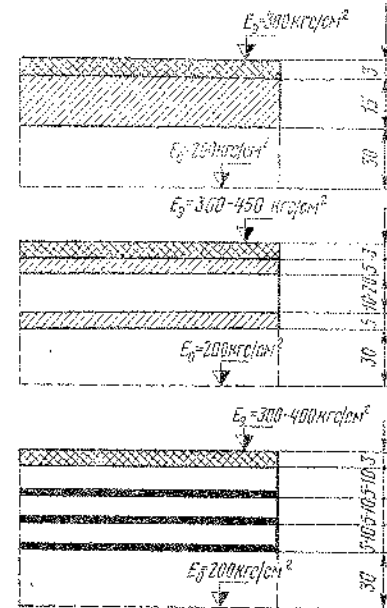


Рис. XII.5. Простейшие конструкции проезжей части с изоляцией несущего грунтового слоя водонепроницаемыми прослойками

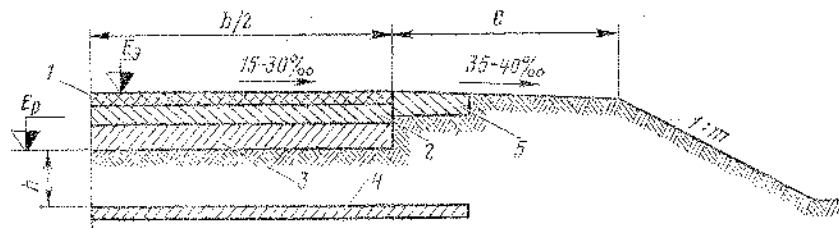


Рис. XII.6. Пароизоляция в земляном полотне при одеждах облегченных конструкций в IV и V дорожно-климатических зонах:

1 — поверхностная обработка; 2 — цементогрунт или укрепленный грунтощебень; 3 — цементно- или битумогрунт; 4 — пароизоляция из цементно- или битумогрунта; 5 — укрепленная часть обочины

чаях этих зон позволяет возводить полотно в невысокой насыпи. Повышенное увлажнение грунтов полотна поверхностной водой и конденсацией водяных паров может быть предотвращено обязательным уплотнением грунтов в земляном полотне и устройством оснований из укрепленных битумом, цементом и известью грунтов (рис. XII.6).

### § XII.3. ПРОТИВОПУЧИНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Для образования пучин необходимо наличие следующих условий:

пучинистые грунты; к таким грунтам относятся главным образом пылеватые грунты, содержащие в значительном количестве фракцию мелкой пыли (мелкозернистый песок-пльвун, пылеватые суглинки, нежирные глины); промерзание грунта на недостаточную глубину; пучинообразованию способствуют дождливая и холодная затяжная осень, мягкая зима с медленным промерзанием грунта и оттепелями, чередующимися с сильными морозами, затяжная весна с возвратом зимнего режима;

достаточно мощные источники увлажнения; пучинообразованию способствуют высокий уровень грунтовых вод (ближе 2 м от уровня земли) в осенний период, выклинивание грунтовых вод на косогорах, застой воды осенью в кюветах и у полотна.

Пучинообразование развито в I и II дорожно-климатических зонах, в увлажняемых предгорьях и горных местностях, проявляется в меньшей мере в III зоне (лесостепь), а в других зонах встречается как редкое явление в местах с постоянным избыточным увлажнением. Неблагоприятными условиями в отношении пучинообразования отличаются области бывшего обледенения, сложенные пылеватыми ледниковыми суглинками с водоносными прослойками мелких песков и с высоким уровнем грунтовых вод.

По источникам питания влагой пучины разделяются на поверхностные, коренные и смешанные. Поверхностные пучины питаются атмосферными осадками, проникающими в полотно с боков и с обочины. Коренные пучины питаются снизу при промерзании грунта вследствие передвижения влаги в жидкой (капиллярной и пленочной) и парообразной форме от уровня грунтовых вод под действием разности температур.

Пучины, как правило, не образуются при устранении одной из вышеуказанных причин. Наиболее распространенным и в большинстве случаев дешевым противопучинным мероприятием является недопущение к грунтовому основанию влаги. Предотвращение грунтового основания от влаги достигается: тщательным поверхностным водоотводом и недопущением застоя воды на поверхности земли у полотна; повышением бровки над уровнем грунтовых вод и длительного стояния поверхностной воды; понижением уровня грунтовых вод путем дренажа; устройством водонепроницаемых изолирующих прослоек и капиллярных прерывателей под грунтовым основанием.

### Коэффициент фильтрации

Дорожно-климатическая зона и тип местности по характеру увлажнения	Ширина проезжей части, м	Минимальные значения коэффициента фильтрации, м/сут
III зона, 2-й тип	6	3
	7	4
	12	5
IV зона, 3-й тип	6	3
	7	4
	12	6
II зона, 3-й тип	6	4
	7	6
	12	10

Примечания. 1. Значения коэффициента фильтрации приведены для двускатного профиля полотна. Для односкатного профиля значения коэффициента удваиваются.

2. Коэффициенты фильтрации песка соответствуют наибольшей плотности (стандартная влажность).

В отдельных случаях при невозможности применения указанных мероприятий и наличии вблизи трассы карьеров непучинистых грунтов эффективной оказывается замена склонового к пучению грунта верхней части земляного полотна песчаным или супесчаным непучинистым грунтом на глубину грунтового основания (0,6—0,8 м от поверхности одежды).

Если на местности с избыточным увлажнением применение перечисленных мероприятий затруднено, то устраивают дренажные слои, отводящие воду из оттаивающего весной грунта земляного полотна. Для дренажирующих слоев применяют крупнозернистый песок и подобные материалы, способные поглощать и отводить воду.

Дренажирующий слой может быть предназначен для аккумуляции всей влаги, поступающей в него снизу, и тогда его толщина должна быть рассчитана на размещение в его порах указанного объема воды. Такой толстый песчаный слой, кроме того, может предохранить вышележащую одежду от неравномерного подпитания пучинами. Дренажирующий слой может быть предназначен и для отвода скапливающейся в нем воды, что осуществляется дренажными выводными трубами (см. § XIV.1).

Дренажирующий песчаный слой рекомендуется устраивать в зонах с сезонным промерзанием и оттаиванием (лесная и лесостепная зоны) при пылеватых грунтах с избыточным увлажнением и в местах других зон с постоянным избыточным увлажнением.

Для дренажирующего слоя используют гравий, песок, отгрохоченный шлак, ракушку и другие крупнозернистые местные материалы. Основное требование к этим материалам — неразмокаемость. Материал и конструкцию слоя выбирают на основе технико-экономических расчетов.

Минимальные необходимые значения коэффициента фильтрации материалов (гравия, песка, шлака, ракушки) для дренажирующего слоя назначаются по табл. XII.5.

Расчет песчаных дренажных слоев может быть сделан следующим образом. При весеннем таянии пучин вода, насыщающая грунт, выдавливается под действием веса одежды вверх в песчаный слой из слоя грунта  $h_{кр}$ . Если весенняя влажность оттаивающего грунта  $W_{вес}$ , а влажность, допускаемая по условиям необходимой прочности основания  $0,6F$ , то общее количество влаги, подлежащей удалению с  $1 \text{ м}^2$  основания,

$$Q = 10h_{кр}(W_{вес} - 0,6F). \quad (\text{XII.2})$$

Таблица XII.6

## Расчетные данные для пылеватых суглинков

Дорожно-климатические зоны	Осенняя влажность	Влажность, накопленная за зиму	Весенняя влажность	Влага, подлежащая промерзанию	Глубина промерзания, см	Толщина песчаного слоя, см
II	0,35—0,50	0,35—0,50	1,0	0,4	165	20—30
III	0,35—0,50	0,20—0,50	0,8	0,2	130	15—18
IV	0,25—0,30	0,30	0,55	—	90	0

Если скорость оттаивания грунта  $v_{от}$  (в см/сут), а  $\eta$  — доля избытка влаги, поступающая в дренаж, то расход дренируемой воды

$$g = 10v_{от} (W_{вес} - 0,6F) \eta. \quad (XII.3)$$

Примерные расчетные данные для пылеватых суглинков ( $F=40-45\%$ ) приводятся в табл. XII.6.

Отвод воды из дренажных песчаных слоев рекомендуется (А. Я. Тулаев) осуществлять при помощи гончарных или асбоцементных труб диаметром 80—100 мм.

Толщина противолучинного морозозащитного слоя дорожной конструкции  $H_m$ , м (рис. XII.7) может быть определена по методу В. М. Сиденко с использованием основной формулы

$$H_m = \frac{\lambda H_{гр}}{\lambda_m (t_r - t_v)} \times \left[ t_r - t_v - \frac{\lambda_w R_1}{H} (t_r - t_v) \right], \quad (XII.4)$$

где  $t_m$  — температура льдообразования в грунтах, °С (табл. XII.7);  $t_v$  — средняя температура воздуха для самого холодного месяца, °С;  $t_r$  — средняя температура грунта полотна для этого же месяца на некоторой глубине  $H_{гр}$  — рекомендуется 3,0—3,5 м (расчетные значения температур  $t_r$  и  $t_v$  принимаются из климатологического справочника или по данным метеостанции района пролегания трассы);  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности противолучинного слоя, ккал/(м·ч·град); принимается в зависимости от плотности материала (табл. XII.8);  $\lambda_m$  — среднее значение коэффициента теплопроводности мерзлого грунта полотна, ккал/(м·ч·град) в зависимости от его влажности  $W_0$  и плотности  $\delta$  (табл. XII.9);  $R_1$  — тепловое сопротивление;

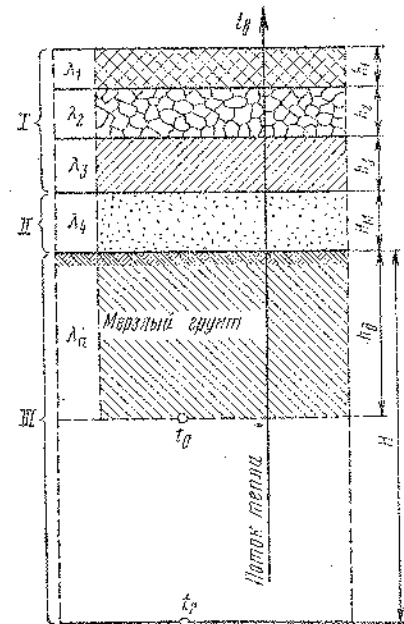


Рис. XII.7. Расчетная схема для определения толщины противолучинного слоя теплотехническим расчетом:

I — слой одежды; II — противолучинный слой; III — грунт земляного полотна

Таблица XII.7

## Температура льдообразования

Грунты	$t_m$ , °С	Грунты	$t_m$ , °С
Среднезернистые пески	0,4—0,6	Тяжелые пылеватые суглинки	0,9—1,4
Легкие супеси	0,2—0,6		
Легкие пылеватые супеси	0,3—0,5	Пылеватые глины, тяжелые пылеватые супеси	1,2—2,0

Таблица XII.8

## Коэффициент теплопроводности противолучинного слоя

Материал слоя	Плотность, кг/м³	$\lambda$	Материал слоя	Плотность, кг/м³	$\lambda$
Щебень из известняка	1300	1,40	Торф	1000	0,50—0,60
Шлак топочный	1000	0,50	Пенополистирол	200	0,03
То же	700	0,35	ПС-1		
			Пенополивинилхлорид ПХВ-1	1000	0,05

Таблица XII.9

## Коэффициент теплопроводности мерзлого грунта

Глинистые грунты			Песчаные грунты		
$W_0$ , %	$\delta$	$\lambda_m$	$W_0$ , %	$\delta$	$\lambda_m$
18	1,6	1,88	8	1,6	1,62
18	1,5	1,65	15	1,6	2,21
27	1,6	2,40	15	1,5	1,92
27	1,5	2,13	20	1,6	2,72
27	1,4	1,89	20	1,5	2,37
27	1,3	1,55	20	1,4	2,05
40	1,3	2,03	25	1,3	1,90

$$R_1 = R_n + R_0 + \frac{h_2}{\lambda_m}; \quad (XII.5)$$

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3}; \quad (XII.6)$$

$R_n$  — тепловое сопротивление, характеризующее теплообмен покрытия с воздухом;  $R_0$  — тепловое сопротивление слоев дорожной одежды;  $h_1, h_2, h_3$  — толщины слоев, м, с коэффициентами теплопроводности  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  (табл. XII.10);  $h_n$  — допустимая глубина промерзания полотна, при которой не происходит пучения,  $h_n \leq 0,5$  м.

Коэффициент теплопроводности слоев дорожной одежды

Материал слоев дорожной одежды	$\lambda$ , ккал/(м·ч·град)	Материал слоя дорожной одежды	$\lambda$ , ккал/(м·ч·град)
Асфальтобетон крупнозернистый	0,90	Сборный железобетон	1,35
Асфальтобетон мелкозернистый	0,65	Щебень гранитный	2,20
Битумогрунт, цементогрунт	1,80	Щебень из песчаника	1,80
Цементобетон	1,10	» » известняка	1,40
		Песчано-гравийная смесь	2,25

Значение  $R_n$  в зависимости от скорости ветра  $v$  для самого холодного периода:

$v$ , м/с	3	4	5	8—10
$R_n$ , град·м <sup>2</sup> ·ч/ккал	0,09	0,08	0,07	0,05

Этот же метод теплотехнического расчета может быть применен для решения вопросов обеспечения устойчивости грунтов полотна в районах возможного образования пучин.

§ XII.4. ВОЗВЫШЕНИЕ БРОВКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Возвышение бровки над уровнем грунтовых вод или над поверхностью земли при затрудненном водоотводе обеспечивается путем устройства земляного полотна в насыпи или путем понижения уровня грунтовых вод. Возвышение бровки повышает модуль деформации грунта полотна вследствие обеспечения более благоприятных гидрологических условий грунтового основания и ускоряет просыхание грунта в период оттаивания. В то же время возвышение бровки земляного полотна предохраняет дорогу от снежных и песчаных заносов.

Необходимое возвышение бровки полотна в местах избыточного постоянного увлажнения над уровнем грунтовых вод или длительного стояния поверхностных вод (3-й тип местности по характеру увлажнения (см. табл. XII.2 и рис. XII.8) может быть получено расчетом по методу Н. А. Пузакова:

$$H = h_{кр} + h_{зап}, \quad (XII.7)$$

где  $h_{кр}$  — глубина принимается для капитальных одежд равной глубине промерзания грунта, а для облегченных одежд — глубине практического затухания напряжений от подвижных нагрузок;  $h_{зап}$  — запас высоты, определяемый по табл. XII.11 в зависимости от климатического параметра  $\alpha = H_{пр}^2 / 2T_3$ ;  $H_{пр}$  — максимальная глубина промерзания для данной местности по данным наблюдений;  $T_3$  — длительность отрицательных температур.

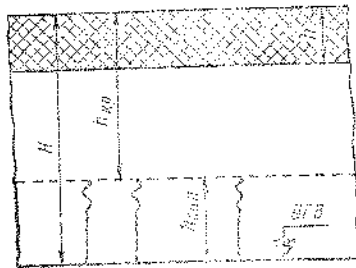


Рис. XII.8. Расчетная схема подъема бровки земляного полотна

Запас высоты

Грунты	$h_{кр}$ , см	Значения $h_{зап}$ , см, для разных $\alpha$				
		25	50	100	200	400
Пески	80—90	2,5—30	1,5—15	1—8	0,5—4	0,5—2
Супеси	80—90	30—150	15—90	8—45	4—25	2—12
Пылеватые суглинки	90—120	40—200	15—110	8—60	4—30	2—15
Суглинки	100—140	120—200	60—100	30—50	15—25	7—12
Глины	120—160	140—200	70—125	35—100	17—50	9—25

Примерное положение изолиний  $\alpha$  для европейской территории СССР:

50 — Нарва — Витебск — Харьков — Астрахань;

100 — Лодейное поле — Ярославль — Саратов;

150 — Онега — Киров — устье р. Белой — Гурьев.

Высоту бровки полотна над уровнем грунтовых вод, длительно стоящих (более 20 сут) поверхностных вод на сырых и мокрых участках, относящихся к 2-му и 3-му типам местности, по характеру и степени увлажнения, назначают по СНиП II-Д.5-72 (табл. XII.12 и XII.13).

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем воды

Грунты земляного полотна или естественные грунты	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды (в наиболее низком месте поперечного профиля) над уровнем воды, м, в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,7	0,6	0,5	0,4
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,8	0,8	0,7
Супеси пылеватые, тяжелые пылеватые; суглинки легкие, легкие пылеватые и тяжелые пылеватые	1,9	1,7	1,4	1,3
Тяжелые суглинки, глины пылеватые, песчаные и жирные	1,9	1,4	1,1	1

Примечания. 1. Для крупных песков, не теряющих устойчивости во влажном состоянии, возвышение низа дорожной одежды над уровнем воды не нормируют.  
2. В качестве расчетного уровня грунтовых вод принимают наивысший возможный уровень, определяемый по верхней линии оттаивания грунтов или поверхности торфяного слоя почв.

Таблица XII.13

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли на участках с необеспеченным поперечным стоком

Грунты земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды (в наиболее низком месте поперечного профиля), м, в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,5	0,4	0,3	0,2
Пески пылеватые, супеси тяжелые	0,6	0,5	0,4	0,3
Супеси пылеватые, тяжелые пылеватые, суглинки легкие пылеватые, тяжелые пылеватые	0,9	0,8	0,5	0,4
Тяжелые суглинки, глины пылеватые, песчаные и жирные	0,7	0,6	0,4	0,4

В случае невозможности обеспечения требований табл. XII.12 и XII.13 проектируют дренажи для понижения уровня грунтовых вод или их перехвата, замену неустойчивого грунта в выемке или верхней части насыпи устойчивым или изолирующие прослойки. Возвышения бровки, рекомендуемые в этих таблицах, обеспечивают предохранение верхней части полотна от постоянного избыточного увлажнения.

### § XII.5. ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Размеры и формы земляного полотна на разных участках дороги зависят от рельефа местности и продольного профиля дороги, грунтовых, гидрологических и гидрогеологических условий, а также проектируемых на данном полотне дорожных одежд. Длительная практика строительства и эксплуатации автомобильных дорог и теоретические соображения привели к выработке определенных форм и размеров земляного полотна в поперечном профиле для разных условий, которые и рекомендуются в качестве нормальных типовых профилей (рис. XII.9—XII.10). Эти типовые решения облегчают подбор рациональных поперечных профилей при проектировании, но требуют технико-экономического обоснования и проверки устойчивости земляного массива для данного участка дорог. Типовые поперечные профили непосредственно неприменимы в сложных условиях: на слабых и неустойчивых грунтах, болотах, участках, периодически затопляемых водой, участках оползней, осыпей, снежных обвалов, сложного и неустойчивого залегания слоев горных пород, распространения движущихся песков, в районах возможного цунамиобразования и вечномерзлых грунтов (см. § XI.1). Ширина земляного полотна включает ширину проезжей части, обочины и разделительной полосы.

Крутизну откосов полотна определяют из соображений их устойчивости под действием собственного веса и воздействия проходящих транспортных средств, под действием атмосферных факторов, в зависимости от соображений безопасности и удобства производства земляных работ. Ниже приводятся рекомендуемые СНиП II-Д.5-72 величины крутизны откосов, выработанные опытом и обоснованные расчетом для наиболее часто встречающихся случаев.

Откосы насыпей, возводимых из боковых резервов, при высоте насыпей на дорогах I—III категорий до 2 м принимают 1:4; на дорогах IV и V категорий при высоте насыпи до 1 м — не круче 1:3. Крутизну откосов более высоких насыпей и насыпей, возводимых из привозных грунтов, а также откосов конусов

железобетонных рамных, свайно-эстакадных и деревянных мостов принимают для насыпей из камня слабоветривающихся скальных пород при высоте до 6 м — 1:1 — 1:1,3, а при высоте до 12 м — 1:1,3 — 1:1,5.

Для насыпей из крупнозернистого и среднезернистого песка, гравия, гальки, щебенчатых и дресвяных грунтов слабоветривающихся пород при высоте насыпи до 12 м крутизну откосов назначают 1:1,5. Для насыпей из прочных грунтов при высоте их до 6 м — 1:1,5, при высоте до 12 м в верхней части высотой до 6 м — 1:1,5, в нижней части — 1:1,75.

При проектировании дорог I—III категорий в пригородной зеленой зоне или на живописных участках местности в целях лучшей увязки дорог с окружающей местностью откосы насыпей высотой до 1,5 м, устраиваемых из привозных грунтов, допускается проектировать такой же крутизны, как и при насыпях, возводимых из боковых резервов или же устраивать отбегаемые поперечные профили (см. § IX.4). Такую же крутизну откосов допускается принимать и в других местах в случае чередования небольших по протяжению участков насыпей, возводимых на привозного грунта, с участками, возводимыми из боковых резервов. Крутизну откосов насыпей высотой более 12 м, а также насыпей, сооружаемых с применением гидромеханизации земляных работ, назначают по индивидуальным проектам.

Крутизну откосов выемок глубиной до 12 м принимают: в глинах, суглинках, супесях и песках однородного напластования 1:1,5, в лёссах в условиях засушливого климата от 1:0,1 до 1:0,5, в лёссах в условиях незасушливого климата, а также в лёссовидных грунтах в зависимости от свойств грунтов и глубины выемок от 1:0,5 до 1:1,5, в крупнообломочных (щебенчатых, гравелистых) грунтах в зависимости от характера их напластования, свойств грунтов и глубины выемок от 1:1 до 1:1,5, в слабоветривающихся скальных породах при отсутствии трещиноватости и наклона пластов в сторону полотна 1:0,2, в прочих скальных породах в зависимости от свойств грунтов, характера напластования их и глубины выемок от 1:0,2 до 1:1,5.

При расположении выемок глубиной более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных пылеватых суглинках, легковетривающихся сильно трещиноватых скальных породах, а также в вечномерзлых грунтах, переходящих в мягкопластичное состояние при оттаивании, следует предусматривать закованные полки (бермы) шириной 0,5—2,0 м (в зависимости от особенностей грунтов, крутизны и высоты откосов выемки). В отдельных случаях при соответствующем обосновании вместо устройства закованных полок допускается принимать более пологие откосы. Крутизну откосов выемок глубиной более 12 м, а также выемок, разрабатываемых с применением массовых взрывов на выбор, и выемок, устраиваемых в неблагоприятных гидрогеологических условиях, назначают по индивидуальным проектам.

На устойчивых горных склонах крутизной более 1:3 земляное полотно, как правило, проектируют в виде полки, врезанной в косогор. В случаях когда не могут быть устроены откосы необходимой крутизны, предусматривают устройство подпорных или одевающих стенок. На горных склонах с отвесными стенками из прочных массивных горных пород или при благоприятных напластованиях земляное полотно располагают в полутонаелях и на балконах.

В выемках, устраиваемых на склонах крутизной более 1:3, между подошвой нагорного откоса и канавой в уровне бровки земляного полотна предусматривают полки шириной 0,5—1,0 м.

Крутизну наружных откосов боковых канав и резервов назначают в зависимости от вида грунта 1:1,5 и менее, а в скальных грунтах от 1:0,1 до 1:1.

Откосы насыпей и выемок должны быть укреплены. Тип укрепления назначают с учетом высоты насыпей и глубины выемок, а также природных и других местных условий. Укрепление затопляемой части откоса устраивают на высоту, превышающую на 0,25 м линию подтопления, с учетом волны и набега ее на откос. Дно и откосы боковых, нагорных и других водоотводных канав при значительных расходах воды должны быть укреплены с учетом скорости течения и степени размываемости грунтов.

Дно и откосы канав можно не укреплять при небольших (не более 0,1 м<sup>3</sup>/с) расходах воды и продольных уклонах до 10‰ в легко размываемых грунтах

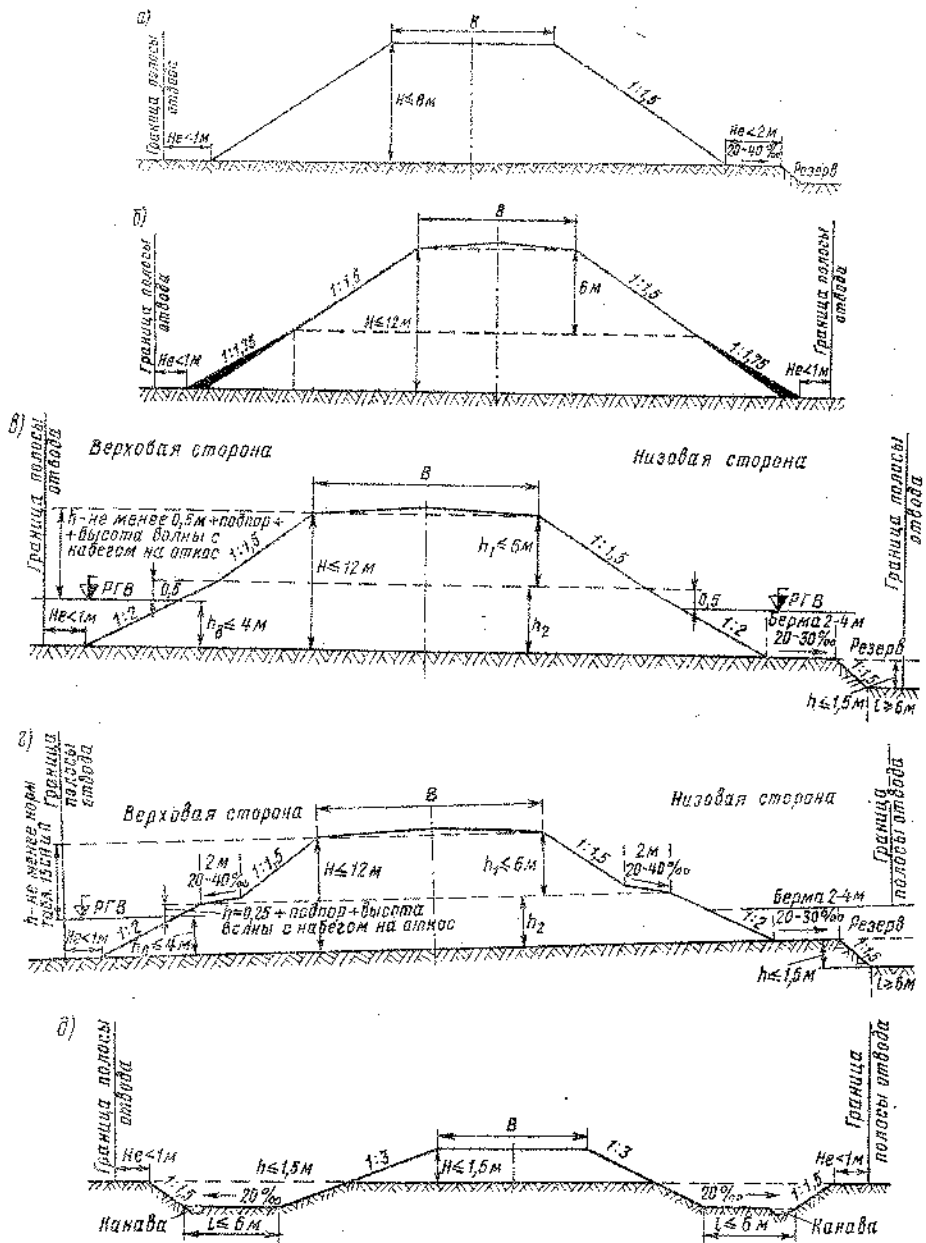
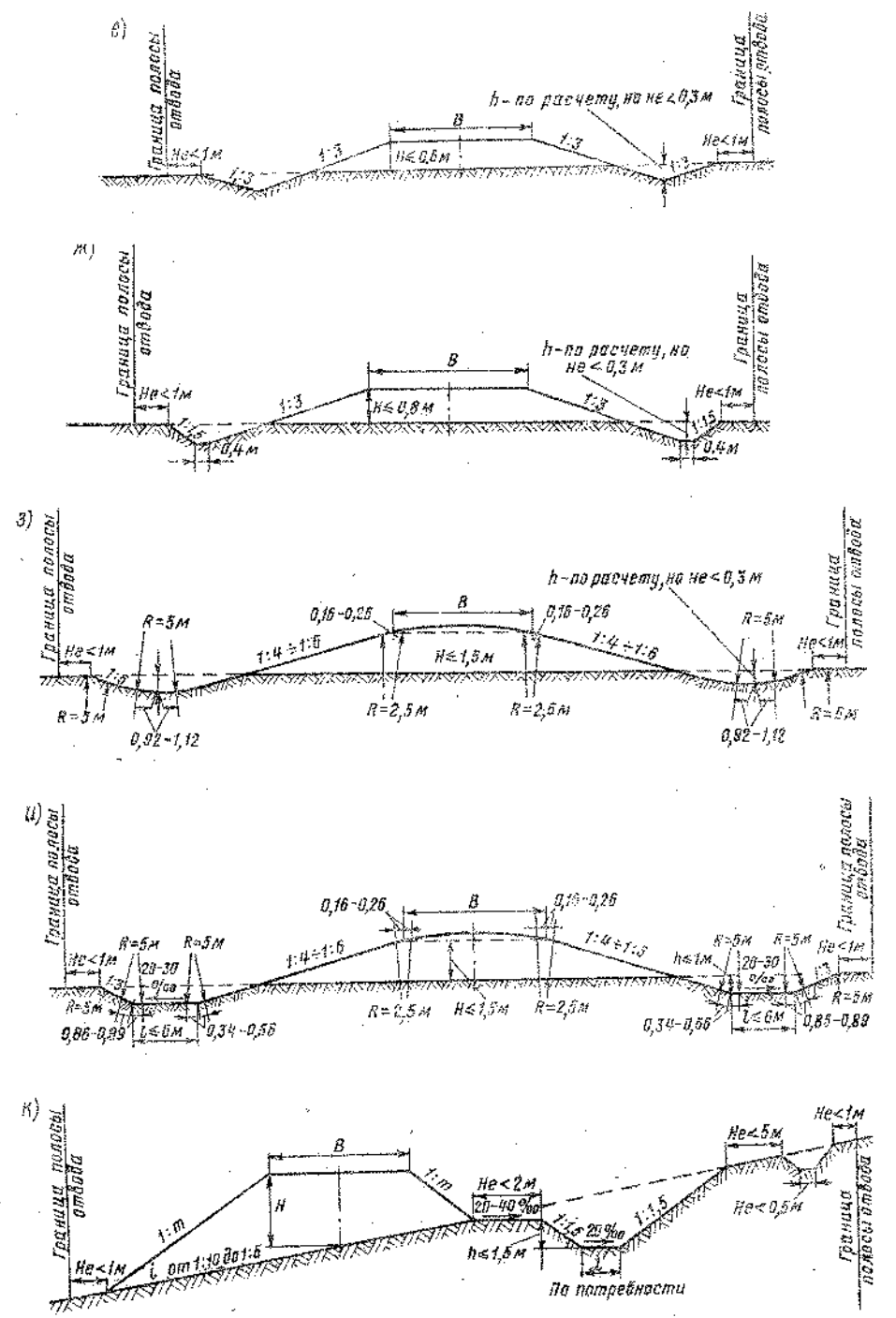


Рис. XII.9. Типовые поперечные профили земляного полотна в насыпях (примеры):

а — насыпь с откосами 1:1,5; б — насыпь с откосами 1:1,5 и 1:1,75; в — насыпь на поймах рек с продолжительностью подтопления откосов водой менее 20 сут.; г — то же, более 20 сут.; д — насыпь с откосами 1:3; е — насыпь необитаемого поперечного профиля с треугольными кюветами; ж — то же, с трапециевидными кюветами; з — насыпь обтекаемого поперечного профиля с лотками; и — то же, с резервами; к — насыпь на косогоре с уклоном от 1:10 до 1:5;



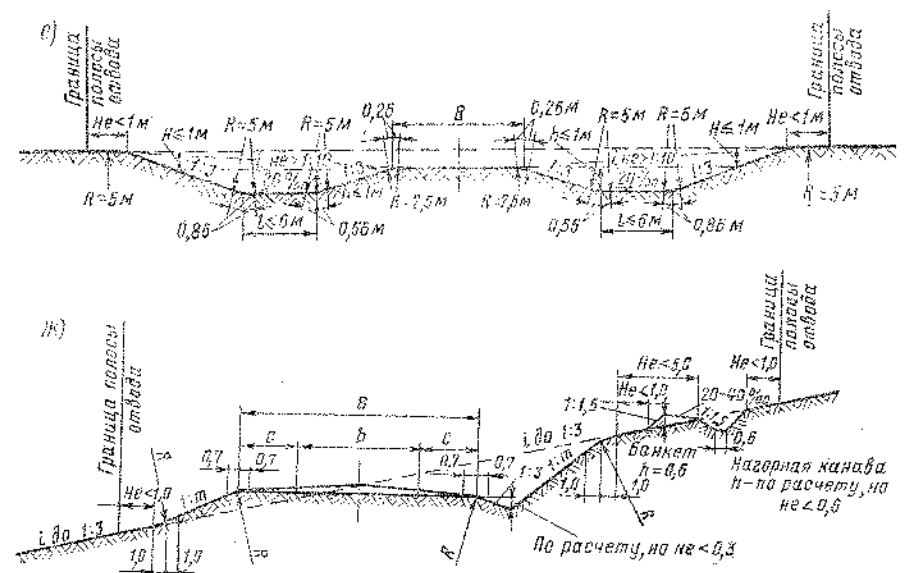
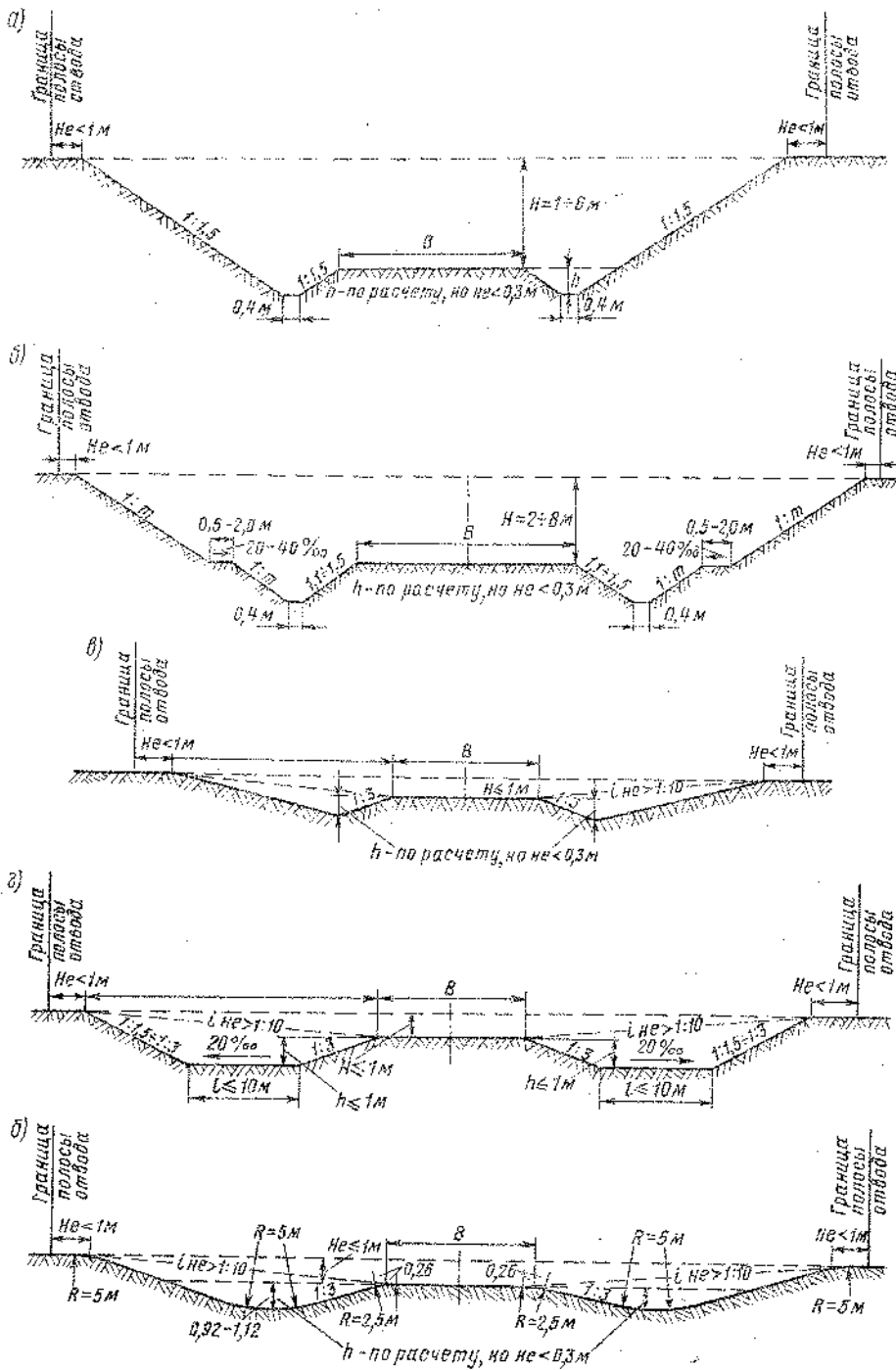


Рис. XII.10. Типовые поперечные профили земляного полотна в выемках (примеры):

а — выемка с откосами 1:1,5; б — выемка с зацветными полками; в — выемка несоборного поперечного профиля, раскрытая; г — то же, разделанная под насыпь; д — выемка оборванного поперечного профиля, раскрытая; е — то же, разделанная под насыпь; ж — выемка на косогоре с уклоном от 1:10 до 1:3

(легких супесей, лессах) и до 25% в более связных грунтах (легких пылеватых суглинках и тяжелых супесях). Откосы канав укрепляют на высоту, превышающую на 0,1 м расчетный уровень воды в канаве.

Возведение насыпей предусматривают из грунтов выемок и сосредоточенных резервов. Глубина боковых резервов не должна превышать 1,5 м. При уклоне местности круче 1:10 резервы закладывают с нагорной стороны.

Боковые резервы проектируют по необходимому объему грунта для отсыпки насыпи с учетом плотности (объемной массы скелета) грунта в резерве и

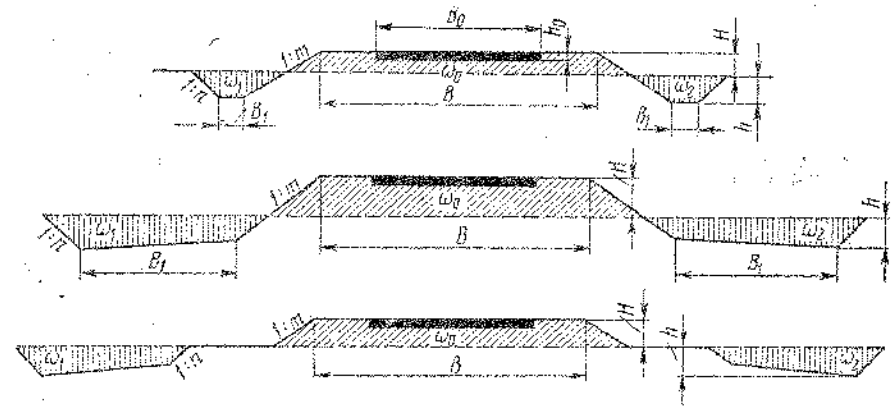


Рис. XII.11. Поперечное уравнивание объемов грунта полотна, отсыпаемого из грунтов юветов и боковых резервов

## Классификация торфяных болот

Тип болота	Характеристика болот
I	Болота, сплошь заполненные торфом устойчивой консистенции, подстилаемые достаточно плотными минеральными грунтами
II	Болота, заполненные торфом неустойчивой консистенции, подстилаемые органическими или полуорганическими илами (сапропелями)
III	Болота, заполненные жидкими торфами с плавающей торфяной коркой (сплавинные болота)

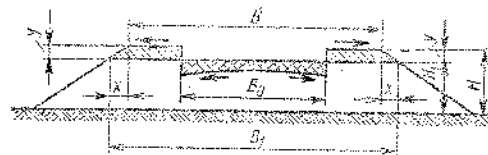


Рис. XII.12. Поперечный профиль полотна в насыпи с корытом

проектной плотности грунта в полотне. Местоположение и размеры резервов должны удовлетворять требованиям инструкции о порядке отвода и использования земель полосы отвода. Расстояние от внешней бровки резерва до границы полосы отвода должно быть не менее 1 м.

Резервы проектируют правильной геометрической формы с откосами от 1:1,5 до 1:3. Должен быть обеспечен правильный водоотвод. Дну резерва придают поперечный уклон от дороги 20‰, а при ширине резерва более 6 м дно может быть спроектировано двускатным. Продольный уклон дна резерва должен быть достаточный для стока из него воды.

На косогорных участках резерв располагают с нагорной стороны, а на поймах рек — преимущественно с низовой стороны. Закладка резервов в населенных пунктах не разрешается, кроме случаев вертикальной планировки.

При возвышении бровки земляного полотна над дном резерва более 4 м и на участках возможного подмыва полотна поверхностными водами между насыпью и резервом проектируют бермы шириной 2 м и более в зависимости от способа производства работ и местных условий. Берме придают поперечный уклон в сторону резерва не менее 20‰.

При возведении насыпи из боковых резервов, кюветов или кювет-резервов необходимо уравнивать объем насыпи с учетом плотности грунта в ней  $\delta_1$  и объем резервов с учетом плотности грунта в них  $\delta_2$ . Это условие (рис. XII.11) выражается уравнением

$$(BH + mH^2 - B_0 h_0) \delta_1 = 2 \left( B_1 h + \frac{m+n}{2} h^2 \right) \delta_2. \quad (\text{XII.8})$$

Из этого уравнения определяется необходимая ширина резервов при заданной их глубине. При таком расчете следует учитывать в соответствующих случаях снятие неиспользуемого пахотного или дернового слоя, верхнего сильно засоленного слоя (солончаки), а также разную плотность грунта по глубине резерва.

Для укладки одежды устраивают корыто (рис. XII.12), ограниченное по бокам обочинами. Земляное полотно обычно возводят без корыта, а затем его устраивают: путем присыпки обочин (при устройстве цементобетонных покрытий, покрытий из укрепленных грунтов, при использовании старой одежды как основания); путем выемки части грунта из полотна и образования из него обочин (полуприсыпные обочины).

В обоих случаях земляное полотно до устройства корыта имеет ширину  $B_1 = B + 2x$  и рабочую отметку  $H_1 = H - y$ , т. е. оно шире и ниже проектного. В рабочих чертежах для возведения полотна должны задаваться  $B_1$  и  $H_1$ .

## § XII.6. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО НА БОЛОТАХ

Земляное полотно на участках дорог, пролегающих по болотам, проектируют в зависимости от технической категории дороги, типа болота (табл. XII.14) и его глубины.

При сооружении земляного полотна на болотах предусматривают: пересечение болота в наиболее узком и неглубоком месте, имеющем наименьшие поперечные уклоны минерального дна; ограничение сроков стабилизации осадки насыпи по возможности периодом ее возведения; осушение болота во всех случаях, когда это технически возможно и экономически целесообразно, причем осушение должно быть произведено до возведения насыпи.

При конструировании полотна на болотах возможны следующие решения:

Таблица XII.15

## Рекомендуемые конструкции земляного полотна

Тип болота	Глубина торфа, м	Конструкции земляного полотна при устройстве покрытия		
		усовершенствованных капитальных	усовершенствованных облегченных	переходных и низших
I	До 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	Без выторфовывания или с частичным выторфовыванием
	2—4	То же	Полное выторфовывание для подтипа I-B или дренажные прорезы (для подтипа I-A)	Массивная насыпь, отсыпаемая на поверхность залежи (для подтипа I-A) или частичное выторфовывание (для подтипа I-B)
	Более 4	Вертикальные дрены	Вертикальные дрены	—
II	До 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	Облегченная плавающая насыпь из шлака и других легких материалов или грунтовая насыпь с хворостяной (фашинной) выстилкой основания
	2—6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа (для подтипа II-A — обязательно с предварительным разрыхлением взрывным или механическим способом)	Посадка насыпи на минеральное дно болота, вертикальные дрены только для подтипа II-A	
III	До 8	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Принимается на основе технико-экономических расчетов
	Более 8	Свайная эстакада	Принимается на основе технико-экономических расчетов	



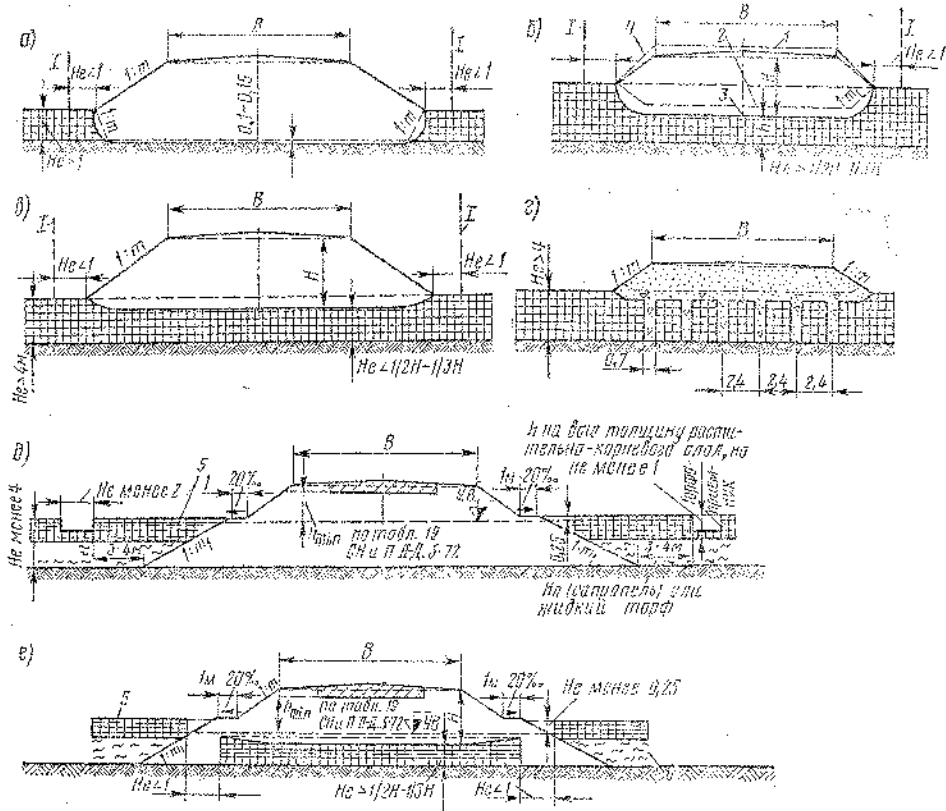


Рис. XII.13. Типовые поперечные профили земляного полотна на болотах:

а — насыпь на болотах I типа с полным выторфовыванием; б — то же, с частичным выторфовыванием; в — то же, без выторфовывания; г — то же, с песчаными продольными прорезями; д — насыпь на болотах II и III типов с погружением на минеральное дно; е — насыпь на болотах III типа с погружением на торфяной ковер  
 1 — линия отсыпки насыпи; 2 — линия выторфовывания; 3 — линия посадки насыпи;  
 4 — насыпь после осадки; 5 — торф неустойчивой консистенции или торфяной ковер-сапелля; б — ил (сапелель) или вода

насыпи, опирающиеся на минеральное дно болота — свайные эстакады; насыпи с полным удалением слабого грунта из основания с засышкой его доброкачественным грунтом;

насыпи, опирающиеся на торфяную залежь, с улучшением строительных свойств слабого основания — частичное выторфовывание; земляное полотно с вертикальными дренажами и дренажными прорезями; глубинное уплотнение слабых грунтов грунтовыми сваями; химическое укрепление слабых грунтов основания;

земляное полотно, проложенное непосредственно по поверхности — плавающие массивные насыпи; облегченные насыпи; настланы и сланы.

Типовые решения рекомендуемых конструкций полотна на болотах приведены в табл. XII.15, а рекомендуемые поперечные профили на рис. XII.13.

На дорогах с усовершенствованными капитальными покрытиями при глубине болота до 4 м, а с усовершенствованными облегченными при глубине до 2 м торф из-под насыпи рекомендуется удалить. На болотах, где торфяной

слой подстилается сапеллями, и на болотах сыпучего типа насыпи возводятся с опиранием на минеральное дно болота.

Для ускорения стабилизации осадки насыпей и повышения устойчивости торфяного слоя, оставляемого под насыпью, применяют дренажи в виде прорезей, заполненных крупнозернистым песком, и вертикальные песчаные дренажи (рис. XII.13, г). При строительстве дорог с переходными и настланными типами покрытий на болотах с устойчивыми торфами насыпи возводят без выторфовывания или с частичным выторфовыванием с расчетом, чтобы толщина оставшегося слоя торфа после его обжатия была при переходных типах покрытий не более  $\frac{1}{3}$ , а при настланных не более  $\frac{1}{2}$  толщины минеральной части насыпи.

Земляное полотно на болотах отсыпают из водоустойчивых гравелистых, песчаных и супесчаных грунтов. Возвышение бровки полотна на болоте над уровнем длительного стояния грунтовых и поверхностных вод должно быть не менее указанного в табл. XII.13.

На болотах, имеющих поперечный склон, предусматривают искусственные водопропускные сооружения. При отсутствии этих сооружений насыпь возводят из хорошо дренирующих (фильтрующих) крупнозернистых материалов (камня, гравия, гравелистого песка). При наличии поперечного уклона дна болота 1:10 и более предусматривают мероприятия по обеспечению насыпи против скольжения. Методы расчета насыпей на болотах приведены в литературе<sup>1</sup>.

#### § XII.7. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО В ОБЛАСТИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Вечная мерзлота занимает почти половину территории СССР. Южная граница распространения вечной мерзлоты примерно совпадает с южной границей I дорожно-климатической зоны (см. рис. IV.2 и XII.1).

В летний период верхний слой вечной мерзлоты от дневной поверхности оттаивает (деятельный слой) и влага, обычно содержащаяся в нем в повышенном количестве, переувлажняет грунт. С наступлением периода температур ниже нуля деятельный слой снова замерзает. Возведение земляного полотна на слоях вечной мерзлоты в той или иной мере существенно изменяет тепловые условия, а следовательно, режим мерзлоты этих слоев. Наличие сезонно оттаивающего и замерзающего слоя усложняет строительство и эксплуатацию дорог. В наибольшей степени вызывают осложнения вечномёрзлые пылеватые суглинки и пылеватые пески.

На методы проектирования земляного полотна дорог важнейшее влияние оказывают влажность грунтов в зоне вечной мерзлоты (льдистость), свойства грунтов и мощность деятельного (активного) слоя. Достижение устойчивости земляного полотна и сооружений возможно путем их устройства непосредственно на прочном слое многолетней мерзлоты или на слое, всегда остающемся талым. Таким образом, полотно можно возводить по двум принципам: с сохранением мерзлого состояния грунтов в течение всего периода постройки и службы сооружений; с частичным оттаиванием грунтов так, чтобы была обеспечена достаточная несущая способность полотна.

Чтобы создать достаточно благоприятные условия для строительства и службы дорожных сооружений при трассировании дорог в районах вечной мерзлоты следует руководствоваться следующими рекомендациями:

трассу прокладывать по возможности на сухих или легко осушаемых участках мерзлоты по хорошо дренирующим крупнозернистым грунтам, избегать участков с пылеватыми грунтами, выбирать для трассы пологие устойчивые склоны, хорошо дренируемые речные террасы, участки с каменистыми и гравелистыми грунтами;

обходить участки с неустойчивой мерзлотой (островной, малой мощности, исчезающей), заболоченные трудно осушаемые марши с наличием небольших

<sup>1</sup> Проектирование автомобильных дорог (примеры). Под редакцией В. Ф. Бабкова. М., «Транспорт», 1966, с. 206—228.  
 Евренков П. Е., Казаровский В. Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. М., «Транспорт», 1976, 272 с.

водоёмов; участки с близко залегающим от поверхности ископаемым льдом; участки, где возможно образование наледей разного происхождения;

в случае использования принципа сохранения мерзлоты отдавать предпочтение для проложения трассы склонам северной экспозиции, а также участкам местности с лесным, кустарниковым и моховым покровом. При применении принципа оттаивания трассу прокладывать по склонам южной экспозиции; избегать долины и плоских водоразделов;

обходить участки, где деятельность разных организаций может вызвать неблагоприятные для устойчивости полотна изменения гидрологического и термического режима мерзлоты. В этих районах желательно назначать широкую полосу отвода (в случае сохранения мерзлоты не менее 25 м в каждую сторону от подошвы насыпи);

полотно проектировать преимущественно в невысоких насыпях. Для насыпей использовать по возможности щебенистые, галечные, гравийные грунты и крупнозернистые пески.

Для конструирования полотна дорог в районах вечной мерзлоты важнейшими факторами являются льдистость (влажность) деятельного слоя, свойство (тип и разность) грунтов и толщина этого слоя.

Льдистость (влажность)  $W_{отн}^{WDC}$  — есть отношение средней многолетней влажности деятельного слоя к пределу текучести данного грунта. По этому показателю Омским филиалом Союздорнии предложено районировать область вечной мерзлоты и соответственно даны краткие рекомендации по конструкции полотна.

Район I. Высокая льдистость ( $W_{отн}^{WDC} > 0,9$ ). Оттаивание грунта приводит его в текучее состояние  $W > W_{тек}$ . Встречаются слои ископаемого льда. К этому району относятся тундра, лесотундра, побережье морей. Земляное полотно проектируют в насыпи из несцементированных обломочных грунтов.

Теплотехническим расчетом назначают такую высоту насыпи, при которой граница вечной мерзлоты не поднимается выше основания насыпи. Мохорастительный слой во всех случаях сохраняют. Высота бровки для несцементированных обломочных и пылеватых песчаных грунтов примерно составляет 3,0—3,2 м.

Район II. Умеренная льдистость деятельного слоя ( $0,9 > W_{отн}^{WDC} > 0,7$ ). К этому району относятся лесотундра, лесная зона области вечной мерзлоты. Полотно проектируют по теплотехническому расчету с ограничением глубины оттаивания основания. Деформации, образующиеся при оттаивании деятельного слоя в основании, учитывают при проектировании полотна. Мохорастительный слой сохраняют.

Район III. Малая льдистость ( $W < W_{отн}^{WDC} < 0,7$ ). К этому району относятся южные районы области вечной мерзлоты. Положение верхней границы мерзлоты не влияет на прочность и устойчивость дорожной конструкции в процессе эксплуатации.

Гидрогеологические условия для службы полотна благоприятные. Грунты скальные, гравийно-галечные, песчаные. Полотно проектируют по строительным нормам и правилам, как для типовых условий.

На рис. XII.14 и XII.15 приводятся рекомендуемые поперечные профили земляного полотна.

Крутизну откосов из глинистых грунтов (по рис. XII.14) следует назначать при высоте насыпи менее 1 м в пределах 1:4—1:6, при высоте 1—2 м — 1:3—1:5 и при высоте выше 2 м — в пределах 1:2—1:4. Крутизну откосов по рис. XII.15 следует назначать при высоте насыпи менее 2 м 1:3—1:5, при высоте насыпи 2—6 м на I и II стадиях — 1:2—1:4. Во всех случаях откосы насыпей выше 6 м определяют расчетом.

Для возведения земляного полотна в местах повышенной льдистости грунта отдается предпочтение несцементированным обломочным грунтам. Глинистые (связные) грунты с числом пластичности более 7 и содержанием глинистой фракции более 12% не допускаются в полотно, если количество пылеватых и глинистых частиц в них превышает 70%, а влажность более 1,2 оптимальной.

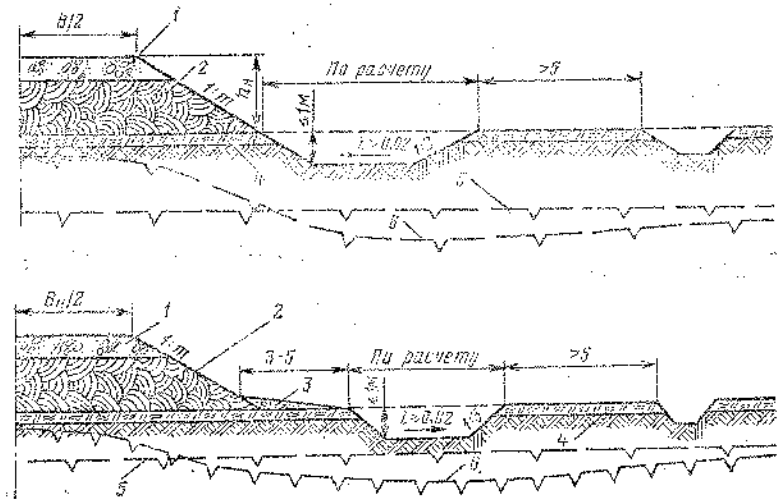


Рис. XII.14. Поперечные профили насыпи из местных глинистых грунтов: 1 — щебень или гравий по расчету на прочность (но не менее 0,5 м); 2 — глинистый грунт; 3 — земляная бровка; 4 — мохорастительный покров; 5 — верхняя граница вечной мерзлоты до постройки насыпи; 6 — ВГВМ после постройки насыпи

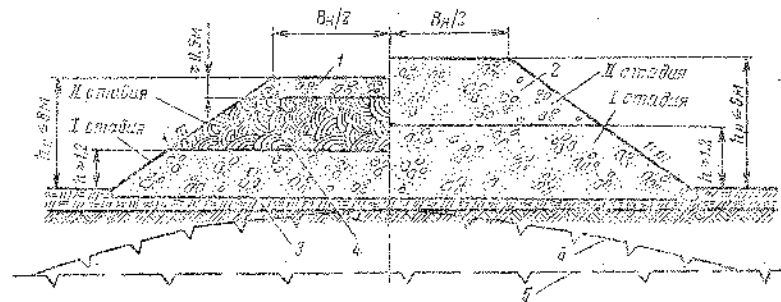


Рис. XII.15. Поперечные профили насыпи, отсыпаемой в две стадии: 1 — щебень или гравий по расчету на прочность (но не менее 0,5 м); 2 — несцементированный обломочный грунт; 3 — мохорастительный покров; 4 — глинистый грунт; 5 — ВГВМ до постройки насыпи; 6 — ВГВМ после постройки насыпи

Ввиду большого разнообразия дорожно-климатических условий в районах вечной мерзлоты необходимо при решении вопросов о конструкции земляного полотна для конкретных дорог всесторонне изучить местные условия и опыт службы построенных дорог.

## § XII.8. ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Использование типовых поперечных профилей земляного полотна гарантирует его устойчивость в обычных средних условиях работы. Расчеты устойчивости выполняют только при разработке индивидуальных проектов земляного полотна, работающего на отдельных участках в сложных условиях. Для проверки устойчивости земляного полотна и природных склонов используют расчетные схемы, основанные на анализе перемещений при наблюдавшихся в

практике случаях разрушений. При этом учитывается взаимное расположение различных слоев, отличающихся друг от друга по физико-механическим свойствам. Расчеты основывают на закономерностях механики грунтов, изучающей деформации и сопротивление грунтов внешним нагрузкам.

Работа грунта в земляном полотне происходит в условиях переменного увлажнения и меняющихся во времени температур. Поэтому сопротивление грунта нагрузкам неодинаково в различные периоды и, следовательно, в связи с переменностью погодных условий неодинаково и в разные годы. Расчеты устойчивости земляного полотна, которое служит десятки и сотни лет, должны проводиться применительно к периодам неблагоприятного состояния грунтов с использованием вероятностных методов для определения величины их расчетных параметров.

Протекание процессов деформации земляного полотна во многом зависит от однородности грунта по гранулометрическому составу и степени уплотнения, от распределения влажности в теле земляного полотна, от температуры грунта и ряда других факторов, точный учет которых при расчетах пока еще невозможен. Расчеты устойчивости земляного полотна связаны с допущением однородности грунтов по свойствам. В процессе строительства должна быть создана конструкция, которая удовлетворяла бы расчетным предпосылкам однородности, в теле насыпей не должно быть наклонных слоев, по которым возможно скольжение, карманов, линз водонепроницаемых грунтов и других неоднородностей строения.

Расчет устойчивости земляного полотна нельзя рассматривать как полную гарантию устойчивости откоса в течение всего периода последующей эксплуатации. Грунт на поверхности откосов и на прилегающей к дороге полосе местности подвергается воздействию погодно-климатических факторов. Изменение водного режима местности может вызывать дополнительные осадки земляного полотна, активизацию оползневых процессов на склонах и т. д. Поэтому дорожно-эксплуатационная служба должна проводить мероприятия, направленные на сохранение режима придорожной полосы, предусмотренного при проверке устойчивости. Результаты расчетов устойчивости при проектировании земляного полотна по возможности всегда следует сопоставлять с данными учета опыта службы полотна автомобильных и железных дорог, проходящих поблизости от строящегося объекта.

Коэффициенты запаса устойчивости земляного полотна автомобильных дорог не нормированы строительными нормами Госстроя СССР (СН 449-72 «Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог»). Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС Минтрансстроя) предложил следующую методику определения коэффициента устойчивости.

Устойчивость насыпей, откосов земляного полотна и естественных склонов оценивают сопоставлением их фактического коэффициента устойчивости  $K^{(ф)}$  с его нормативными значениями  $K^{(н)}$ , учитывающими степень изученности грунтовых условий, значение сооружений и надежность методов расчета.

Устойчивость считают обеспеченной, если  $K^{(ф)} > K^{(н)}$ . При этом  $K^{(ф)}$  определяют из основных уравнений статики

$$K^{(ф)} \sum P_{сд} - \sum P_{уд} = 0 \quad \text{или} \quad K^{(ф)} \sum M_{сд} - \sum M_{уд} = 0, \quad (XII.9)$$

где  $\sum P_{сд}$  и  $\sum P_{уд}$  — суммы проекций сдвигающих и удерживающих сил на оси координат;  $\sum M_{сд}$  и  $\sum M_{уд}$  — соответственно суммы моментов сил, вызывающих нарушение устойчивости или способствующих ее сокращению. Нормативный коэффициент устойчивости определяют из произведения

$$K^{(н)} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (XII.10)$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий надежность данных о характеристиках грунтов;  $K_1 = 1$  при большом количестве испытанных образцов грунта, наличии опыта эксплуатации сооружений с использованием данного грунта в течение не менее 10 лет;  $K_1 = 1,05$  при испытании не менее пяти образцов грунта, малой изученности грунта в условиях естественного залегания, наличии отдельных сведений о нормальном состоянии сооружений, построенных с использованием этого грунта;  $K_1 = 1,1$  при испытании не менее трех образцов грунта и отсутствии сведений о работе сооружений в аналогичных условиях;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий категорию дороги;  $K_2 = 1,03$  для дорог I и II категории;  $K_2 = 1$  для дорог III—V категории;

$K_3$  — коэффициент, учитывающий степень ущерба для народного хозяйства в случае аварии сооружения;  $K_3 = 1,2$ , если нарушение устойчивости представляет опасность для движения или вызывает перерыв движения более чем на 1 сут;  $K_3 = 1,1$ , если перерыв движения менее 1 сут;  $K_3 = 1$ , если нарушение устойчивости вызывает снижение скорости движения или нарушается нормальная работа водоотводных устройств.

$K_4$  — коэффициент, учитывающий соответствие расчетной схемы естественным инженерно-геологическим условиям;  $K_4 = 1,05$ , если расчет устойчивости ведется методом попыток;  $K_4 = 1$ , если плоскости ослабления грунтового массива явно выражены и грунт однороден;

$K_5$  — коэффициент, учитывающий вид грунта и его работу в сооружении, принимается согласно табл. XII.16;

$K_M$  — коэффициент, учитывающий особенности метода расчета. При расчете устойчивости откосов методами Терцаги—Крея и Шахунянца  $K_M = 1$ , при расчете по методу Маслова—Берера  $K_M = 0,8$ .

При использовании других методов величины  $K_M$  необходимо определять сравнительным расчетом по методу Терцаги—Крея при одних и тех же расчетных характеристиках грунта. В этом случае  $K_M = \frac{K_p}{K_p \text{ Терцаги}}$ .

Во всех случаях коэффициенты запаса устойчивости определяют для самых невыгодных в нормальных условиях строительства и эксплуатации величин и комбинаций сил и нагрузок, действующих на сооружение и его основание.

Таблица XII.16

Коэффициент устойчивости  $K_5$

	Грунт		Значения $K_5$
	в основании	в насыпи	
Песок	Дренажный	Дренажный	1,0
»	Глинистый	»	1,03
Глинистый	Песок	»	1,03
»	Глинистый	Глинистый	1,05

### § XII.3. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ

При расчете устойчивости откосов необходимо исходить из возможных схем обрушения откоса, устанавливаемых на основе данных о геологических напластованиях. Возможны два случая.

1. Грунт земляного сооружения или естественного массива практически однороден и отдельные его слои мало различаются по прочности. Смещение сползающего массива происходит по образующейся в грунте криволинейной поверхности скольжения.

2. В грунте имеются неоднородные напластования, резко различающиеся по свойствам, и сдвиг происходит по фиксированной поверхности раздела между слоями.

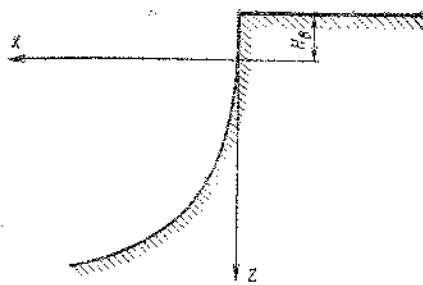


Рис. XII.16. Схема к построению устойчивого откоса по методу В. А. Бурмейстера

метод расчета откосов по В. В. Соколовскому. При построении профиля устойчивого откоса по этому методу (рис. XII.16) верхнюю часть откоса принимают вертикальной на высоту

$$H_B = \frac{2c \cos \varphi}{\delta (1 - \sin \varphi)}, \quad (\text{XII.11})$$

где  $\delta$  — плотность грунта, г/см<sup>3</sup>;  $c$  — сцепление грунта, кгс/см<sup>2</sup>;  $\varphi$  — угол внутреннего трения, град. Начиная с нижней точки вертикального участка откоса, его очертание принимают по уравнению

$$z = A \arccos e^{-\frac{x}{a}} - x \operatorname{tg} \varphi, \quad (\text{XII.12})$$

где  $z$  — вертикальная координата;  $x$  — горизонтальная координата;  $A$  — коэффициент, вычисляемый по формуле

$$A = \frac{2c}{\delta} \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right).$$

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения имеет наибольшее распространение в практике расчетов устойчивости склонов при проектировании автомобильных дорог. Метод исходит из допущения, что поверхность скольжения в однородных грунтах близка по очертанию круговому цилиндру.

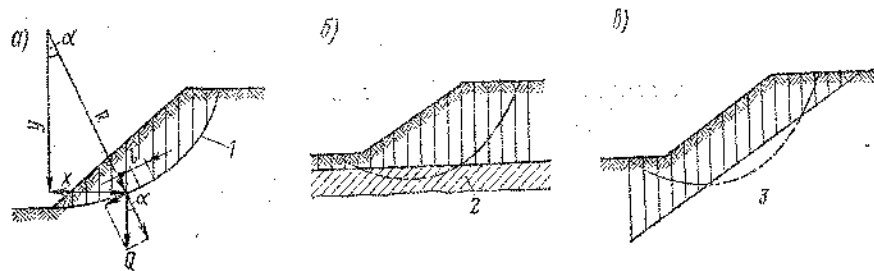


Рис. XII.17. Круглоцилиндрическая поверхность скольжения:

$a$  — разбивка сползающего объема грунта на отсеки;  $б$  и  $в$  — изменение поверхности скольжения в слабых грунтах;  $1$  — кривая скольжения;  $2$  — слабый грунт;  $3$  — плотный грунт

Оползая в однородных грунтах. Случай оползая в однородных грунтах характерен для деформации откосов насыпей, выемок и котлованов, а также склонов холмов и оврагов, сложенных однородными или малоотличающимися по свойствам грунтами.

Очертание откоса после обрушения, соответствующее очертанию откоса, находящегося в состоянии предельного равновесия (коэффициент устойчивости  $K=1$ ), может быть найдено методом проф. В. В. Соколовского, основанным на положениях теории пластичности.

Академией наук СССР изданы вспомогательные таблицы для расчета откосов. Для однородных грунтов В. А. Бурмейстер предложил упрощенный

Коэффициент устойчивости сползающего массива определяют как отношение моментов удерживающих  $M_{уд}$  и моментов сдвигающих  $M_{сдв}$  сил относительно оси вращения. Оползающий массив разбивают на отдельные отсеки (рис. XII.17) шириной 3—5 м. Достаточно выделить 8—10 отсеков. При наличии неоднородных слоев вертикальные границы отсеков должны проходить через точки пересечения кривых скольжения с границами слоев. На каждый отсек действуют:

удерживающие силы  $Q_i f \cos \alpha_i + c l_i$   
и сдвигающие силы  $Q_i \sin \alpha_i$ ,

где  $Q_i$  — вес призмы;  $\alpha_i$  — угол наклона поверхности скольжения в пределах выделенной призмы;  $f = \operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент трения грунта;  $l_i$  — длина участка дуги скольжения в пределах выделенного отсека.

Коэффициент устойчивости

$$K = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{сдв}} = \frac{\sum_{i=1}^{l=n} (Q_i f \cos \alpha_i + c l_i) R}{\sum_{i=1}^{l=n} R Q_i \sin \alpha_i} = \frac{\sum_{i=1}^{l=n} Q_i y_i \operatorname{tg} \varphi + R c L}{\sum_{i=1}^{l=n} Q_i x_i}, \quad (\text{XII.13})$$

где  $L$  — длина дуги скольжения от подошвы откоса до низа трещины, образующейся перед моментом оползания;  $R$  — радиус круговой кривой скольжения;  $x_i$  и  $y_i$  — координаты центра тяжести выделенных отсеков.

Устойчивость откоса оценивают по устойчивости, относящейся к кривой обрушения, для которой  $K$  имеет наименьшее значение. Задача решается методом последовательного приближения.

Для проверки устойчивости откосов в слоистых грунтах при сравнительно малой разности в свойствах грунтов и небольшой толщине слоев расчет ведут по тем же формулам, что и для однородного грунта, но пользуются средневзвешенными значениями величин и коэффициента внутреннего трения:

$$\left. \begin{aligned} c_{ср} &= \frac{c_1 h_1 + c_2 h_2 + \dots + c_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}; \\ f_{ср} &= \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \end{aligned} \right\} \quad (\text{XII.14})$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — толщины слоев;  $c$  и  $f$  — соответствующие им сцепление и коэффициенты трения.

При сильно различающихся слоистых напластованиях в выражение для коэффициента устойчивости в пределах каждого отсека вводят значения  $c$  и  $f$ , соответствующие слоям грунта, пересекаемого поверхностью скольжения, или направленно действия срезающего усилия, если сопротивление грунта слоистой структуры неодинаково по различным направлениям.

Если какой-либо из пересекаемых слоев обладает пониженным сопротивлением сдвигу или его сопротивление сдвигу в разных направлениях неодинаково, должен быть рассмотрен вариант сокращения кривой обрушения в пределах слабого слоя (см. рис. XII.17, б и в).

Обрушение откосов обычно начинается с образования в верхней части трещины, которую следует учитывать при выделении отсеков и определении длин поверхности скольжения (рис. XII.18).

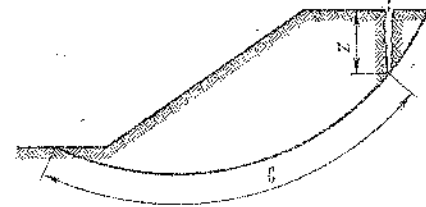


Рис. XII.18. Схема образования трещины в земляном полотне перед обрушением откосов:  $T$  — трещина;  $C$  — расчетная длина кривой скольжения

Таблица XII.17

Значения углов  $\alpha$  и  $\beta$  (по методу Феллениуса)

Коэффициент заложения откоса	Угол наклона откоса	Угол, град		Коэффициент заложения откоса	Угол наклона откоса	Угол, град	
		$\alpha$	$\beta$			$\alpha$	$\beta$
1:0,58	60°	29	40	1:3	18°26'	25	35
1:1	45°	28	37	1:4	14°03'	25	36
1:1,5	33°40'	26	35	1:5	11°19'	25	37
1:2	26°34'	25	35				

Глубина проникания трещины по Терцаги

$$z = \frac{2c \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}{\delta} \quad (\text{XII.15})$$

Иногда принимают приближенно

$$z = \frac{H}{3}$$

Для установления центра наиболее опасных кривых скольжения в литературе опубликован ряд способов, основанных на обобщении большого числа поверочных расчетов. Ни один из способов не дает точного положения центра скольжения, соответствующего минимуму коэффициента устойчивости. Он лишь позволяет установить зону, в которой этот центр расположен, чтобы найти его методом последовательных приближений после небольшого количества попыток. Степень надежности этих приемов проверена в недостаточной степени и ни одному из них нельзя отдать безусловного предпочтения.

С разработкой программ расчета устойчивости откосов на ЭВМ данный вопрос потерял свою остроту. ЭВМ имеет возможность провести контрольные расчеты для большого числа вариантов расположения центров скольжения и проходящих через них кривых скольжения и найти соответствующие наименьшему коэффициенту устойчивости.

При ручных расчетах в дорожных организациях наибольшее распространение имеет метод Феллениуса.

Предполагается, что линия центров опасных кривых расположена на прямой, проходящей через точку *Б*, получаемую построением, указанным на рис. XII.19. Углы  $\alpha$  и  $\beta$  в зависимости от заложения откоса принимают согласно таблице Феллениуса (табл. XII.17).

При ломаных откосах или при откосах с расположенными посередине бермами в расчетах исходят из спрямленного среднего откоса. Если насыпь возведена на плотном основании, кривые скольжения проводят через подошву от-

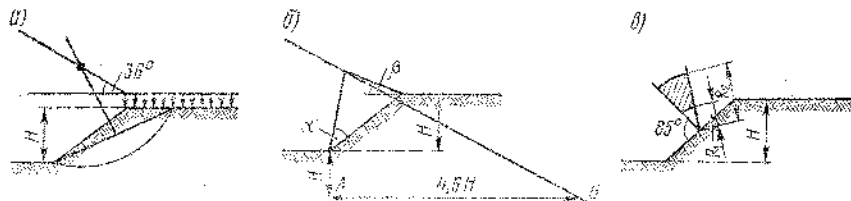


Рис. XII.19. Способы нахождения центров опасных поверхностей скольжения

коса. При насыпях на слабых грунтах кривые скольжения должны захватывать мягкий грунт (рис. XII.20).

Чтобы найти наиболее опасную кривую скольжения, вначале намечают несколько возможных ее положений. Например, может быть намечено семейство кривых, проходящих через подошву откоса и выходящих на поверхность насыпи в  $1/4$ ,  $1/2$  и  $3/4$  ее ширины. Центры кривых скольжения принимают в точках пересечения прямой Феллениуса с перпендикуляром, восстановленным из середины хорды, стягивающей концы намеченной на чертеже кривой скольжения. Для кривой, у которой коэффициент запаса имеет наименьшую величину, задаются дополнительные центры обычно через  $0,1H-0,2H$  ( $H$ —высота откоса).

Проф. М. М. Гришин рекомендует проверять также наименьшее значение коэффициента устойчивости, задаваясь несколькими центрами скольжения на прямой, перпендикулярной линии Феллениуса, проведенной через центр, соответствующий наименьшему установленному коэффициенту устойчивости.

Для быстрой проверки устойчивости откосов применяют упрощенный метод М. Н. Гольдштейна. Очень удобны разработанные проф. М. Н. Гольдштейном таблицы, составленные по давним большому числу расчетов. Коэффициент устойчивости откоса

$$K = fA + \frac{c}{\gamma H} B \quad (\text{XII.16})$$

где  $A$  и  $B$  — коэффициенты, зависящие от геометрических размеров выделенных вертикальных элементов откоса, значения которых приведены в табл. XII.18;  $f = \operatorname{tg} \varphi$  — коэффициент внутреннего трения грунта;  $H$  — высота откоса.

Для проверки устойчивости естественных склонов и конструирования откосов равной устойчивости удобно использовать метод, предложенный проф. Н. Н. Масловым (метод  $F_D$ ) и исходящий из предположек:

Таблица XII.18

Значения коэффициентов  $A$  и  $B$

Заложение откоса	Поверхность скольжения проходит через нижнюю вершину откоса		Поверхность скольжения проходит через основание и распространяется в подстилающих грунтах на глубину							
			$z=0,25H$		$z=0,5H$		$z=H$		$z=1,5H$	
	$A$	$B$	$A$	$B$	$A$	$B$	$A$	$B$	$A$	$B$
1:1	2,34	5,79	2,56	6,10	3,17	5,92	4,32	5,80	5,78	5,75
1:1 $1/4$	2,64	6,05	2,66	6,32	3,24	6,02	4,43	5,86	5,86	5,80
1:1 $1/2$	2,64	6,50	2,80	6,53	3,32	6,13	4,54	5,93	5,94	5,85
1:1 $3/4$	2,87	6,58	2,93	6,72	3,71	6,26	4,66	6,02	6,09	5,90
1:2	3,23	6,70	3,10	6,87	3,53	6,40	4,78	6,08	6,10	5,95
1:2 $1/4$	3,19	7,27	3,16	7,23	3,66	6,56	4,90	6,16	6,18	5,98
1:2 $1/2$	3,53	7,30	3,46	7,62	3,82	6,74	5,03	6,26	6,26	6,02
1:3 $1/4$	3,59	8,02	3,68	8,00	4,02	6,95	5,17	6,36	6,34	6,05
1:3	3,59	8,81	3,93	8,40	4,24	7,20	5,31	6,47	6,44	6,09

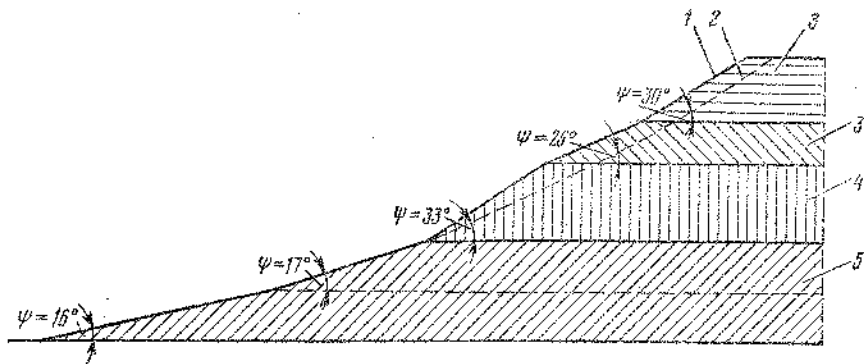


Рис. XII.21. Построение профиля устойчивого откоса методом Н. И. Маслова:

1—природный откос; 2—расчетный откос, определенный по способу  $F_p$ ; 3—покровные суглинки и супеси ( $\varphi=20^\circ$ ,  $c=2$  тс/м<sup>2</sup>;  $\gamma=1,9$  т/м<sup>3</sup>); 4—желто-серые озерные суглинки с прослойками, супеси и песка ( $\varphi=25^\circ$ ,  $c=6$  тс/м<sup>2</sup>,  $\gamma=2,1$  т/м<sup>3</sup>); 5—серые пластичные озерные глины ( $\varphi=15^\circ$ ,  $c=1,5$  тс/м<sup>2</sup>,  $\gamma=2$  т/м<sup>3</sup>)

угол устойчивого откоса для любого грунта равен углу сдвига при давлении на грунт  $p$ :

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{p}. \quad (\text{XII.17})$$

В момент обрушения в грунте действует гидростатическое распределение давления (коэффициент бокового давления  $\xi=1$ ).

Построение профиля устойчивого откоса (рис. XII.21) ведется следующим образом:

откос делится по высоте на ряд слоев в соответствии со слагающими его напластованиями;

для подошвы каждого из слоев определяют давление от собственного веса грунта:

$$P_h = \sum \delta H; \quad (\text{XII.18})$$

определяют величины расчетных углов сдвига по выражению

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1}{K} \left( \operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{p} \right), \quad (\text{XII.19})$$

где  $K$  — необходимый коэффициент запаса; при  $K=1$  получается очертание откоса в состоянии предельного равновесия;

строят очертание откоса в соответствии с найденными величинами  $\psi$ , начиная с подошвы откоса.

**Особенности расчета откосов пойменных насыпей и земляных плотин.** При оценке устойчивости откосов насыпей, возводимых на затопляемых поймах, и откосов земляных плотин надо учитывать насыщение грунта водой, которое проявляется в следующем: в пределах водонасыщенной зоны уменьшается сцепление грунта; грунт затопленной части насыпи испытывает взвешивающее действие воды; при наличии фильтрации воды из верхнего бьефа плотины к нижнему или из средней части насыпи к откосам при спаде воды на поймах возникают силы гидродинамического давления; в дождливые периоды года увеличивается вес поверхностных слоев грунта, увлажненного дождевыми осадками и водой от таяния снега.

Влияние указанных факторов проявляется по-разному в зависимости от типа грунта пойменной насыпи. Для песчаных насыпей, грунт которых обладает высоким коэффициентом фильтрации, учитывают только взвешивающее действие воды. Глинистые пойменные насыпи, обладая малой водопроницаемостью,

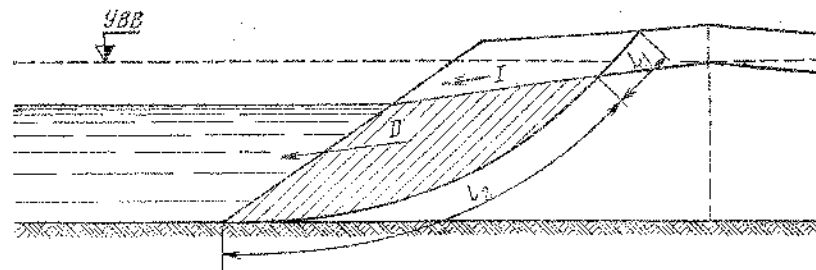


Рис. XII.22. Схема разделения сползающего объема грунта на увлажненную и сухую части при расчете устойчивости пойменных насыпей и определении критического горизонта воды

за период паводка не успевают насытиться влагой, поэтому их рассчитывают как обычные сухие насыпи. При расчете придорожных плотин насыщение подлежит учету. При расчете пойменных насыпей из суглинков, супесей и мелких пылеватых песков учитывают одновременное влияние всех указанных факторов. Для проверки откосов пойменных насыпей, по предложению проф. Н. С. Ордуянца, расчет ведут на наиболее неблагоприятный для их работы период быстрого спада воды от уровня максимального горизонта высоких вод, определяемого построением, показанным на рис. XII. 22.

Для придорожных плотин, которые должны удовлетворять требованиям строительных норм и правил «Плотины из грунтовых материалов. Нормы проектирования» (СНиП II-53-73), положение кривой депрессии зависит от конструкции плотины — наличия и расположения дренажных сооружений. Формулы для определения кривой депрессии в различных типах плотин даны в справочниках по гидротехнике.

Формула для оценки коэффициента устойчивости пойменных насыпей имеет вид (см. рис. XII. 22):

$$K = \frac{\operatorname{tg} \varphi \sum N + c_1 L_1 + c_2 L_2}{D + \sum T}, \quad (\text{XII.20})$$

где  $c_1$  и  $L_1$  — сцепление сухого грунта и длина сухой части кривой обрушения;  $c_2$  и  $L_2$  — сцепление водонасыщенного грунта и длина части кривой обрушения, расположенной в пределах водонасыщенного грунта; граница между сухим и водонасыщенным грунтом принимается по уровню полной влагоемкости грунта; капиллярно увлажненная часть насыпи считается сухой;  $\sum T$  — сумма сдвигающих сил;  $\sum N$  — сумма удерживающих сил;  $D$  — сдвигающее гидродинамическое давление, принимаемое равным произведению гидродинамического градиента на площадь насыщенную водой части оползающего грунта.

Плотность водонасыщенного грунта  $\delta_v$  может быть определена по формуле

$$\delta_v = \frac{100(\delta_c - 1) + n}{100} \quad \text{или} \quad \delta_v = (\gamma - 1) \frac{100 - n}{100},$$

где  $\delta_c$  — плотность сухого грунта;  $\gamma$  — плотность скелета грунта;  $n$  — пористость грунта, %.

Без большой погрешности плотность водонасыщенного грунта может быть принята равной 1 т/м<sup>3</sup>.

Направление гидродинамического давления  $D$  принимают в каждом отсеке параллельным спрямленному участку кривой скольжения, пренебрегая разницей в наклоне его и кривой депрессии. Значения гидродинамического давления в разных грунтах могут быть установлены для грунта насыпи опытным путем, например по падению напора при фильтрации воды через заполненную грун-

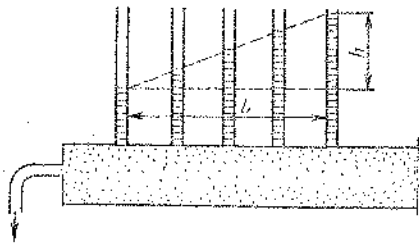


Рис. XII.23. Схема опыта для определения величины гидравлического градиента

Расчетные отсеки выделяют в соответствии с профилем поверхности скольжения. Для каждого выделенного отсека, рассматриваемого как затвердевший массив, составляют сумму проекций всех действующих сил на поверхность. Величина давления, передающегося от  $i$ -го отсека на нижерасположенный отсек,

$$F_i = F_{i-1} \cos(\alpha_{i-1} + \alpha_i) - Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi + Q_i \sin \alpha_i - cL_i, \quad (\text{XII.21})$$

где  $F_{i-1}$  — давление вышерасположенного отсека на рассматриваемый отсек. Если для вышерасположенного отсека сила  $F_{i-1}$  имеет отрицательное значение, то она в расчет не вводится. Коэффициент устойчивости каждого отсека

$$K_i = \frac{Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi + cL_i}{F_{i-1} \cos(\alpha_{i-1} + \alpha_i) + Q_i \sin \alpha_i}, \quad (\text{XII.22})$$

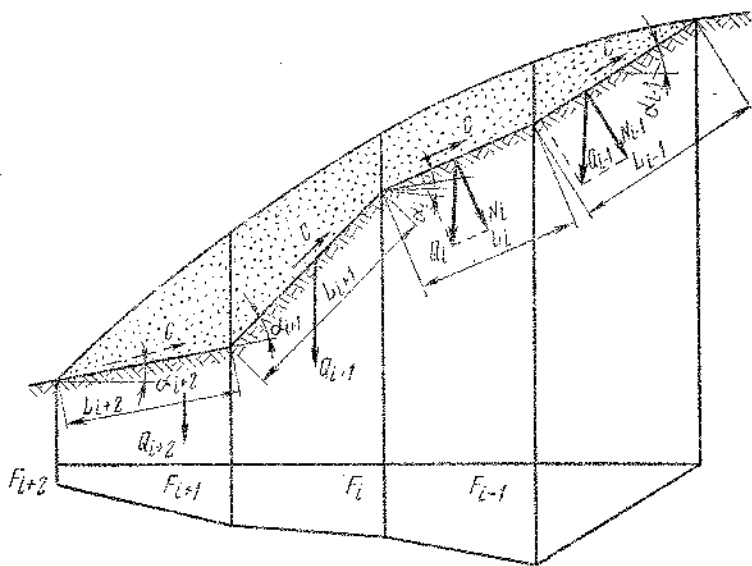


Рис. XII.24. Схема для расчета устойчивости грунта при фиксированной поверхности сдвига

том, уплотненным до той же степени, что и в насыпи, горизонтальную трубку, оборудованную пьезометрами (рис. XII.23). Средние значения гидравлических градиентов для разных грунтов, по А. Н. Костякову, приведены в § XII.14 (см. табл. XII.33).

Расчет устойчивости при сдвиге по заранее фиксированной поверхности. При залегании под верхними слоями грунта устойчивых горных пород, по поверхности которых может происходить скольжение, проверка устойчивости сводится к оценке устойчивости каждого отсека под влиянием действующих на него давлений смежных отсеков (рис. XII.24).

Последовательно рассматривая условия устойчивости группы отсеков, можно определить места наиболее вероятного возникновения трещины разрыва у верхних границ отсеков со значениями  $K$ , меньшими 1, и места образования бугров выпирания у нижних границ тех же отсеков.

**Влияние сезонных изменений устойчивости грунтов.** Устойчивость грунтовых откосов не остается постоянной в течение года в связи с изменениями водного режима грунтового массива. В дождливые периоды и в периоды снеготаяния коэффициент устойчивости откосов снижается по следующим причинам: увеличивается вес оползающего массива в связи с намоканием грунта; снижаются величина сцепления в грунте при возрастании его влажности.

При сдвиге по фиксированной поверхности наиболее опасными являются периоды, когда просачивающаяся в грунт вода от дождей или таяния снега, достигая водопроницаемой поверхности скольжения, создает водонасыщенную прослойку с пониженным сопротивлением сдвигу.

Изменение коэффициента устойчивости откоса или склона в течение года может быть оценено по методу Л. П. Ясюнас. Для расчетов необходимо располагать материалами многолетних метеорологических наблюдений за количеством выпадающих осадков и испарением в разные периоды года и подробными данными о грунтах оползлевого участка.

## § XII.10. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК

Давление оползающей части грунта на подпорную стенку определяют по упрощенному методу, основанному на теории Кулона.

Метод исходит из следующих предпосылок и допущений:

наибольшее давление на стенку возникает от смещения удерживаемого ею клина грунта по некоторой плоскости, проходящей через нижнее заднее ребро стенки и наклоненной к горизонтالي под углом  $\Theta$ , при котором активное давление в начале смещения стенки является наибольшим (рис. XII. 25). В частном случае вертикальной задней грани стенки и горизонтальной поверхности засыпки  $\Theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ ;

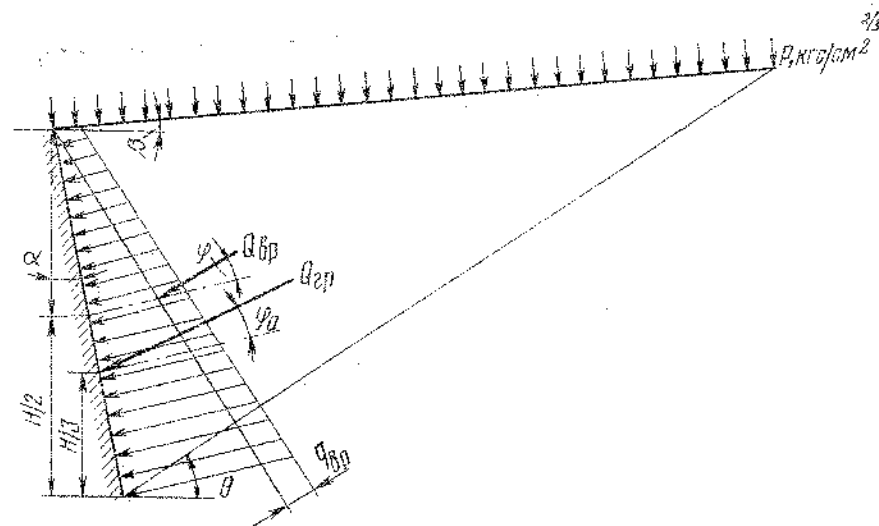


Рис. XII.25. Силы, действующие на подпорную стенку

наличие в грунте сил сцепления не учитывают, что идет в запас прочности запроектированного сооружения;

сползающую призму грунта рассматривают как твердое «окаменевшее» тело, что даст возможность учитывать только равнодействующие всех сил, приложенных к сползающему объему грунта;

при составлении уравнений равновесия оползающей призмы грунта рассматривается период, непосредственно предшествующий началу сдвига стенки и оползания грунта («предельное равновесие»). В этот момент времени реактивные силы, действующие на оползающий грунт со стороны плоскости скольжения и задней грани стенки, отклоняются от нормали к соответствующим плоскостям на углы  $\varphi_0$  и  $\varphi$ , равные углам трения грунта по указанным плоскостям.

Величина активного давления на единицу длины стенки

$$Q_{ГР} = \frac{1}{2} \delta H^2 \lambda, \quad (XII.23)$$

где  $\delta$  — плотность грунта;  $H$  — высота подпорной стенки;  $\lambda$  — коэффициент активного давления грунта на подпорную стенку, определяемый по формуле

$$\lambda = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi_0) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \varphi_0) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2 \cos^2 \alpha \cos(\alpha + \varphi_0)}, \quad (XII.24)$$

где  $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта;  $\varphi_0$  — угол трения грунта о стенку;  $\alpha$  — угол, образуемый задней гранью подпорной стенки с вертикалью;  $\beta$  — угол, образуемый поверхностью грунта с горизонталью; угол  $\beta$  считается положительным, если откос направлен от стенки вверх.

Для углов трения  $\varphi_0$  грунтов о грани подпорных стенок принимают следующие значения: при весьма шероховатых гранях подпорных стен  $\varphi_0 = \varphi$ ; при относительно гладких гранях подпорных стен  $\frac{1}{2} \varphi \leq \varphi_0 \leq \frac{3}{4} \varphi$ ; при засыпках из мелкозернистого, насыщенного водой песка и при действиях на подпорные стены динамических нагрузок  $0 \leq \varphi_0 \leq \frac{1}{2} \varphi$ .

$$Q_x = Q_{ГР} \cos(\alpha + \varphi_0); \quad Q_z = Q_{ГР} \sin(\alpha + \varphi_0). \quad (XII.25)$$

Таблица XII.19

Коэффициенты перегрузки

Нагрузки	Коэффициенты	Значение коэффициентов
<b>Постоянные</b>		
Собственный вес подпорной стены	$n'_G$	1,1 или 0,9
Давление грунта, а также давление, передающееся на грунт от постоянных нагрузок, находящихся на ее поверхности	$n_Q$	1,2 или 0,9
<b>Временные</b>		
Давление, передающееся через грунт от автомобилей	$n'_Q$	1,4
То же, от гусеничных нагрузок	$n''_Q$	1,1

Силы  $Q_x$  и  $Q_z$  приложены в центре тяжести эпюры давления грунта на стенку, которая при плоской поверхности засыпки имеет вид треугольника с наибольшей ординатой  $q = \delta H \lambda \cos \alpha$  на уровне подошвы стенки. Горизонтальные и вертикальные силы давления от временной нагрузки  $Q_{вр, x}$  и  $Q_{вр, y}$  приложены в середине высоты стенки.

При расчетах подпорных стен принимают коэффициенты перегрузки (табл. XII.19) согласно «Техническим условиям проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб» (СН 200-62), а также (СНиП II-Б.3-62).

Из коэффициентов перегрузки от постоянных нагрузок при расчетах принимают значения, ухудшающие условия работы сооружений.

Влияние нагрузки от автомобилей учитывают заменой их эквивалентной нагрузкой  $p$ , кгс/см<sup>2</sup>, равномерно распределенной по ширине дороги, как это показано на рис. XII.26.

Дополнительное горизонтальное давление от внешней нагрузки на грань подпорной стенки, остающееся постоянным по глубине,

$$Q_{вр} = \frac{\lambda p}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}. \quad (XII.26)$$

Расчет устойчивости подпорных стенок ведут на два случая: устойчивость против сдвига стенки по основанию; устойчивость против опрокидывания при повороте вокруг внешнего ребра подошвы стенки.

Устойчивость против сдвига выражается зависимостью

$$T \leq m_c T_{пр}, \quad (XII.27)$$

где  $T$  — расчетная сдвигающая сила, равная алгебраической сумме проекций всех расчетных сил на плоскость скольжения;  $T_{пр}$  — предельная сила сопротивления сдвигу;  $m_c$  — коэффициент условий работы, равной 0,8, согласно СН 200-62 для подпорных стен, входящих в состав мостов.

При расшировке входящих значений формула устойчивости против сдвига принимает вид:

$$T \leq \frac{n_Q Q_x^{(H)} + n'_Q Q_x^{(H,вр)}}{f(n_G Q^{(H)} + n'_Q Q_z^{(H,вр)} + n_Q Q_z^{(H)})} m_c, \quad (XII.28)$$

где  $Q_x^{(H)}$  — горизонтальное давление грунта;  $n_Q$  — коэффициент перегрузки, учитывающий горизонтальное давление грунта;  $Q_x^{(H,вр)}$  — горизонтальное давление от временной перегрузки;  $n'_Q$  — коэффициент перегрузки, учитывающий горизонтальное давление от временной нагрузки;  $Q_z^{(H)}$  — вертикальное давление грунта;  $Q_z^{(H,вр)}$  — вертикальное давление от временной нагрузки;  $Q^{(H)}$  — вертикальное давление подпорной стенки;  $n_G$  — нормативный коэффициент перегрузки;  $f$  — коэффициент трения подпорной стенки об основание (при грунтовом основании  $f = \operatorname{tg} \varphi$ ).

Значения  $n_G$  и  $n_Q$  принимаются больше единицы, если  $\operatorname{tg} \delta > f$ , где  $\delta$  — угол между направлением равнодействующей усилия от данной нагрузки и нормалью к подошве стенки. При  $\operatorname{tg} \delta < f$  берут значения меньше единицы.

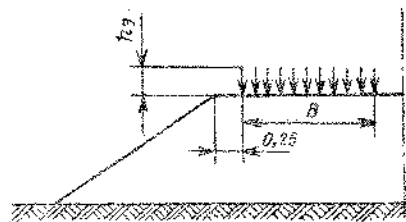


Рис. XII.26. Схема замены нагрузки от автомобилей или гусеничных машин эквивалентным слоем грунта



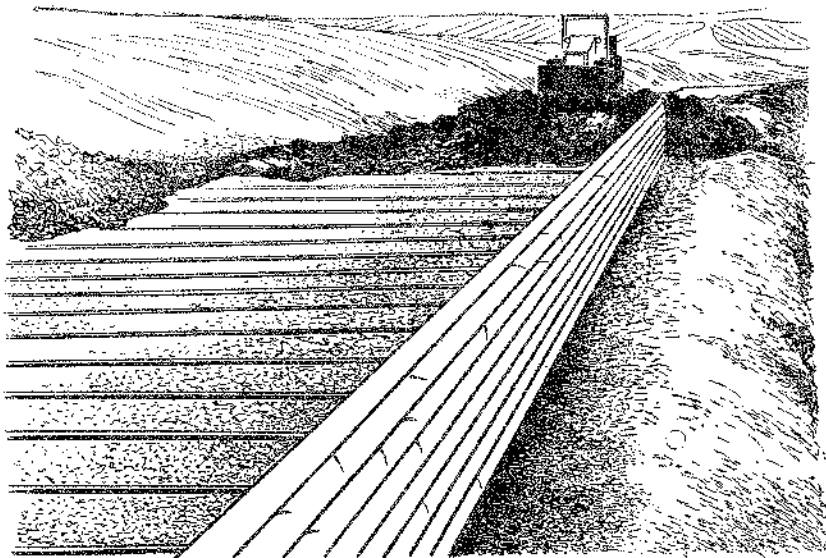


Рис. XII.27. Подпорные стенки из армированного грунта (в процессе строительства)

При расчете на опрокидывание

$$\frac{M}{M_{пр}} \leq m_0, \quad (\text{XII.29})$$

где  $M$  — расчетный опрокидывающий момент — алгебраическая сумма моментов опрокидывающих сил относительно центра тяжести подошвы ее фундамента;  $M_{пр}$  — расчетный удерживающий момент;  $m_0$  — коэффициент условия работы, равный 0,8 при скальном основании, 0,7 при нескальном основании.

При слабых основаниях должна быть проведена устойчивость стенки на сдвиг или опрокидывание с одновременным выпиранием грунта основания по круглоцилиндрическим поверхностям. При строительстве дорог такие случаи могут встретиться весьма редко. Методика их расчетов изложена в специальной литературе.

**Подпорные стенки из армированного грунта.** В 1966 г. во Франции были предложены подпорные стенки из «армированного грунта», которые с успехом применены на ряде автомобильных магистралей в южной части страны.

Подпорная стенка собирается из шпунтовых металлических полос или железобетонных элементов, от которых в тело грунтовой засыпки при послойном ее возведении закладывают тонкие оцинкованные стальные или дюралюминиевые полосы толщиной 3 мм, шириной 60, 80, 100 или 120 мм, длиной до 25 м (рис. XII.27). Для засыпки применяют крупнозернистые, хорошо фильтрующие материалы, через которые вода, не застаясь, должна просачиваться. Во Франции считают, что они не должны содержать более 15% частиц размером менее 0,075 мм.

Боковое давление грунта на облицовку стенки воспринимается сопротивлением трения полос о грунт. Количество, длина и сечение полос должны быть достаточны для того, чтобы их суммарное сопротивление разрыву и выдергиванию из грунта превышало боковое давление грунта на облицовку. Кроме того, армированная часть грунта должна быть проверена на сдвиг и опрокидывание, при этом она рассматривается как обычная подпорная стенка гравита-

ционного типа. По опыту принимают конструктивно длину полос не менее 0,8 от высоты стенки.

Растягивающее усилие, возникающее в полосах арматуры, заложенных в одном сечении, на единицу длины стенки из армированного грунта определяется из выражения

$$T = \frac{K_a \delta H h}{1 - \frac{1}{3} K_a \left(\frac{H}{L}\right)^2}, \quad (\text{XII.30})$$

где  $K_a$  — коэффициент активного давления грунта,  $H$  — расстояние от верха стенки до рассматриваемого уровня;  $h$  — толщина слоя грунта (расстояние между армирующими полосами по вертикали);  $\delta$  — объемная масса грунта;  $L$  — длина полосы арматуры.

Коэффициент  $K_a$  вычисляют по формуле Кулона:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}, \quad (\text{XII.31})$$

где  $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта.

Расчетная длина участвующих в сопротивлении выдергиванию из грунта полос арматуры

$$l_{расч} = \frac{H^2}{3L} K_a + \frac{1}{1 - \frac{1}{3} K_a \left(\frac{H}{L}\right)^2} \cdot \frac{K_a h}{2bf n}, \quad (\text{XII.32})$$

где  $n$  — число полос арматуры на 1 м;  $h$  — ширина полосы;  $b$  — толщина полосы;  $f$  — коэффициент трения грунта о полосу, который для сыпучих и каменных грунтов можно принимать равным коэффициенту внутреннего трения грунта.

Значения  $f$  по данным опытов с песком и гравием и со стальной арматурой составляли 0,45—0,50, причем увлажнение повышало коэффициенты сцепления.

При гальванизации стальных полос их службу в грунте оценивают сроком не менее 50 лет.

### § XII.11. УСТОЙЧИВОСТЬ НАСЫПЕЙ

Под устойчивостью земляного полотна подразумевается сохранение им предусмотренного проектом положения в пространстве без сдвигов и просадок при деформациях грунта, ограничивающихся незначительным по величине дополнительным уплотнением к приданному при строительстве.

Нарушения устойчивости насыпей возникают при возведении их на слабых обычно водонасыщенных основаниях, обладающих повышенной сжимаемостью и малым по сравнению с давлением от насыпи сопротивлением сдвигу.

**Устойчивость насыпей против расползания.** Высокие насыпи на слабых водонасыщенных основаниях должны быть проверены на устойчивость против расползания. Для устойчивости насыпи необходимо, чтобы давление одной половины насыпи на другую было меньше, чем сопротивление смещению половины насыпи по слабому грунту (рис. XII.28).

Коэффициент устойчивости

$$K = \frac{cB}{\xi H^2 \gamma}, \quad (\text{XII.33})$$

где  $H$  — высота насыпи;  $\gamma$  — плотность грунта насыпи;  $\xi$  — коэффициент бокового давления грунта насыпи;  $B$  — ширина насыпи внизу;  $c$  — сцепление грунта.

Для повышения устойчивости против расползания насыпей могут быть применены: устройство более пологих откосов; закладка в основания насыпей на

Максимальные значения касательных напряжений

Характер приложенной нагрузки	Величина $\tau_{max}$	Глубина расположения точки с наибольшим напряжением
Бесконечная полоса шириной $B$ при равномерном распределении нагрузки $p_0$	$0,318 p_0$	$0,5 B$
Нагрузка, распределенная по равнобедренному треугольнику с шириной понизу $B$ и максимальной ординатой $p_{max}$	$0,256 p_{max}$	$0,25 B$
Нагрузка распределяется по трапеции с шириной поверху $2a$ : при заложении откоса $a=B$	$0,31 p$	$1,5 a$
» » » $a=2B$	$0,30 p$	$0,96 a$

Проверку земляного полотна на устойчивость против выжимания слабых грунтов для выемки под весом откосов выполняют по схеме, приведенной на рис. XII.31.

Вес грунта откосов выше поверхности площадки земляного полотна  $AB$  принимается за нагрузку. Напряжения в точке  $O$  от веса грунта, расположенного выше линии  $AB$ ,

$$\tau_{max} = \frac{pz}{\pi b} \sqrt{\ln^2 \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3} - (\alpha_3 - \alpha_1)^2} \quad (XII.39)$$

Устойчивость грунта в основаниях насыпей против бокового выпирания. При толстом слое слабого грунта в основании, превышающем ширину сооружения понизу, равномерно распределенная нагрузка, вызывающая образование в грунте поверхностей скольжения, валов выпирания по бокам насыпи и продавку насыпи в основание, может быть определена по формуле Прандтля

$$P_{кр} = c \operatorname{ctg} \varphi \left[ \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} - 1 \right], \quad (XII.40)$$

где  $c$  — сцепление;  $\varphi$  — угол внутреннего трения;  $e$  — основание натуральных логарифмов.

Проверка по выражению (XII.40) гарантирует большой запас устойчивости, поскольку не учитывается влияние собственного веса грунта основания.

Проф. В. Г. Березанцев предложил уточненную зависимость

$$P_{кр} = A_0 \delta b + B_0 q + C_0 c, \quad (XII.41)$$

где  $A_0, B_0, C_0$  — коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения (табл. XII.21);  $2a$  — ширина загруженной полосы (прямоугольника, высотой равного насыпи, равновеликого по площади ее поперечному сечению);  $q$  — боковая пригрузка;  $\delta$  — плотность грунта.

Отношение  $\frac{L}{2b}$  характеризует длину распространения валов выпирания грунта с боку загруженной полосы.

При тонком слое пластичного грунта с очень малой величиной угла внутреннего тре-

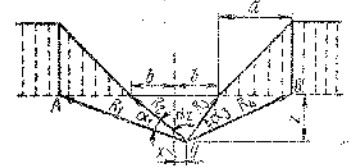


Рис. XII.31. Обозначения к формуле для расчета напряжений от давления грунта откосов в грунте под полотном выемки

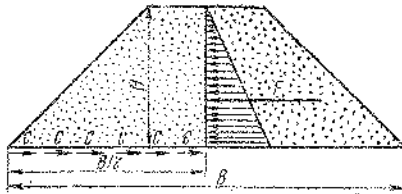


Рис. XII.28. Силы, учитываемые при расчете насыпи на устойчивость против расплывания

белотах, расположенных ниже горизонта воды, прочных водонепроницаемых рулонных пластинок, фашин или бревенчатых настилов.

Устойчивость насыпей против выпирания грунта в основании. Элементарный объем грунта в грунтовом массиве считается устойчивым, если действующие на него главные касательные напряжения меньше, чем сопротивление грунта сдвигу, т. е.

$$\tau_{max} < c + \sigma \operatorname{tg} \varphi, \quad (XII.34)$$

где параметры  $\varphi$  и  $c$  соответствуют влажности грунта в условиях естественного залегания.

У водонасыщенных глинистых и илистых грунтов, поскольку угол внутреннего трения  $\varphi$  мал, в запас прочности считают грунт устойчивым при

$$\tau_{max} < c. \quad (XII.35)$$

Наибольшие касательные напряжения в грунте, на котором возведена насыпь,

$$\tau_{max} = \frac{pz}{\pi b} \sqrt{\ln^2 \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3} - (\alpha_1 - \alpha_3)^2}. \quad (XII.36)$$

Обозначения, входящие в формулу, показаны на рис. XII.29. Величина углов  $\alpha$  выражается в радианах.

Максимальные значения напряжения  $\tau_{max}$  соответствуют точкам, расположенным по оси симметрии, для которой формула упрощается:

$$\tau_{max} = \frac{pz}{\pi b} \ln^2 \frac{R_1}{R_2}. \quad (XII.37)$$

Максимальные значения касательных напряжений в грунтовых основаниях при различных эпюрах распределения давления по ширине загруженной полосы приведены в табл. XII.20.

При неоднородных по глубине слабых основаниях для оценки коэффициентов устойчивости можно воспользоваться графиком В. Д. Казариновского (рис. XII.30)

$$K_{уст} = \frac{ch}{p\beta_0}, \quad (XII.38)$$

где  $c$  — сцепление (сопротивление сдвигу по крыльчатке на глубине  $h$ );  $p$  — давление насыпи;  $\beta_0$  — коэффициент, зависящий от глубины залегания рассматриваемого слоя  $h$  и от поперечного профиля насыпи  $u$  и  $b$ .

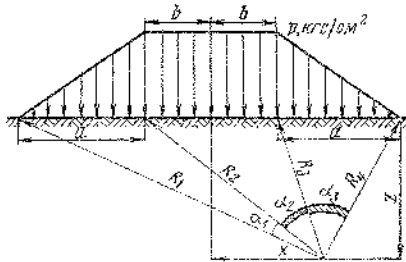


Рис. XII.29. Обозначения к формуле для расчета напряжений от веса насыпи в подстилающем грунте

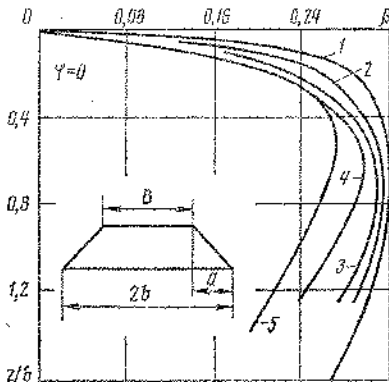


Рис. XII.30. График значений коэффициента  $\beta$  (при  $\varphi=0$ );

$$1 - \frac{a}{b} = 0,2; \quad 2 - \frac{a}{b} = 0,6; \quad 3 - \frac{a}{b} = 1; \\ 4 - \frac{a}{b} = 3; \quad 5 - \frac{a}{b} = 10$$

Таблица XII.21

Коэффициенты  $A_0, B_0, C_0$ 

$\varphi$ , град	$A_0$	$B_0$	$C_0$	$\frac{L}{2b}$	$\varphi$ , град	$A_0$	$B_0$	$C_0$	$\frac{L}{2b}$
16	1,7	4,4	11,7	1,6	30	10,2	19,8	31,5	2,6
18	2,3	5,8	13,2	1,7	32	14,3	24,7	38,0	2,8
20	3,0	6,5	15,1	1,9	34	19,8	32,6	47,0	3,1
22	3,8	8,0	17,2	2,0	36	26,2	41,5	55,7	3,3
24	4,9	9,8	19,8	2,1	38	37,4	54,8	70,0	3,5
26	6,8	12,3	23,2	2,3	40	50,1	72,0	84,7	3,9
28	8,0	15,0	25,8	2,5					

ния, меньшем половины ширины насыпи понижу, нагрузка, вызывающая выжимание грунта из-под насыпи с горизонтальным основанием (например, отсыпаемой на деревянный настил), по Л. К. Юргенсону, составляет:

$$R_{кр} = \frac{cB}{H}, \quad (XII.42)$$

где  $B$  — ширина насыпи понижу;  $H$  — толщина выжимаемого слоя слабого грунта.

Для обычных насыпей, проседающих по оси полотна больше, чем у краев, приблизительно принимают

$$R_{кр} = \frac{cB}{2H}. \quad (XII.43)$$

При давлении насыпи на основание  $R_{нас}$  больше, чем  $R_{кр}$ , происходит частичное выжимание грунта основания, пока  $H$  не уменьшается в такой степени, что  $R_{кр}$  становится равным  $R_{нас}$ . Грунт, оставшийся под насыпью, испытывает сжатие и уплотняется.

По Н. Н. Маслову, метод расчета применим только при  $H$ , не превышающем 2 м.

Расчет по формуле Л. К. Юргенсона обеспечивает завышенный запас устойчивости, поскольку формула не учитывает роль внутреннего трения в сопротивлении грунта выжиманию из-под насыпи.

Повышение устойчивости насыпей против выпирания грунтов в основании можно обеспечить применением ряда конструктивных мероприятий: уменьшением собственного веса насыпей путем отсыпки их из легких материалов (шлака или торфа), ограничения высоты насыпи с устройством в ней гидрозондационных прослоек, прерывающих капиллярное поднятие; устройством рядом с насыпью банкетов, противодействующих выжиманию подстилающего грунта; передачей веса насыпи на подстилающий грунт через свайное основание; отсыпкой насыпей на настилы или прослойки из рулонных пластичных материалов, препятствующие выпиранию грунта и распределяющие давление на большую площадь.

Целесообразность применения этих способов должна быть обоснована экономическим сопоставлением с посадкой насыпей на минеральное дно.

#### § XII.12. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Устойчивость земляного полотна и подпорных стенок на косогорных участках в сейсмических районах обеспечивается применением конструктивных решений, предусмотренных нормами проектирования в сейсмических районах (СНиП II-A.12-62):

Расчетная сейсмичность, баллов	до 7	8	9	10	11	12
Коэффициент сотрясений $\mu$	1,025	1,05	1,1	1,25	1,50	1,50
Сейсмический угол $\theta$ , град	2	3	6	14	27	27

При проверке устойчивости откосов в сейсмических районах выделяемые грунтовыми отсеки должны быть наклонены под сейсмическим углом  $\theta$  к вертикали (рис. XII.32), а в их вес  $Q$  должен быть введен коэффициент, равный  $\sqrt{1+\mu^2}$ , где  $\mu$  — коэффициент сотрясений. В остальном расчет ведется по методике, изложенной в § XII.11.

По каждому отсеку определяют составляющие  $N_i$  и  $T_i$  по формулам:

$$\left. \begin{aligned} N_i &= Q \sqrt{1+\mu^2} \cos(\beta_i + \theta); \\ T_i &= Q \sqrt{1+\mu^2} \sin(\beta_i - \theta). \end{aligned} \right\} (XII.44)$$

При расчете на сейсмическое воздействие временная нагрузка вводится с коэффициентом перегрузки 0,8.

Сейсмичность района строительства назначается на основании карт сейсмического районирования территории СССР. В районах с сейсмичностью в 7 баллов и более на основании общих инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий по согласованию с утверждающей проект инстанцией сейсмичность строительного объекта может быть уточнена на один балл в сторону увеличения или уменьшения.

Устойчивыми в сейсмическом отношении считают невыветренные скальные и полускальные породы, а также плотные крупнообломочные грунты.

Неблагоприятными в сейсмическом отношении являются насыщенные водой гравийные, песчаный и глинистые (макропористые), а также пластичные и текучие глинистые (немакропористые) грунты. Неблагоприятными в сейсмическом отношении являются сильно расчлененный рельеф местности (обрывистые берега, овраги, ущелья и др.), выветренность и сильная нарушенность пород физико-геологическими процессами (районы оползней, обвалов, осыпей, пльвунов), близкое расположение линий тектонических разрывов.

#### § XII.13. РАСЧЕТ ОСАДОК НАСЫПЕЙ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Общий случай расчета осадки.** В пределах нагрузок, обычно допускаемых на основание насыпей и искусственных сооружений, осадка происходит за счет сжатия грунта.

Выжимание грунтов в стороны из-под сооружения происходит только при водонасыщенных, малосвязных основаниях.

Расчет осадки из условия уплотнения грунта выполняют следующим образом (рис. XII.33):

строят эпюру распределения сжимающих напряжений от веса сооружения по глубине; при заглублении сооружения в грунт расчетное давление от сооружения на поверхность грунтового основания уменьшают до величины

$$p_0 = p - \delta h, \quad (XII.45)$$

где  $\delta$  — плотность грунта;  $h$  — заглубление сооружения в грунт;  $p$  — давление от собственного веса грунта на уровне подошвы сооружения;

в основании выделяют слои, обладающие одинаковой сжимаемостью для последующего определения величины их сжатия; толщина слоев не должна превышать 0,4 наименьшей стороны основания сооружения;

устанавливают мощность деформируемой толщи; при проектировании фундаментов за границу деформируемой толщи («активной зоны») принимают глубину, на которой напряжения от внешней нагрузки составляют 0,2 от собствен-

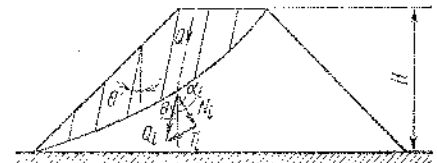
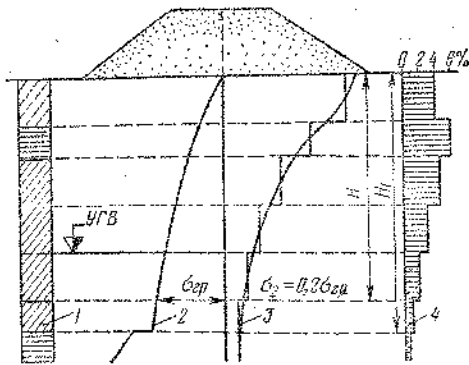


Рис. XII.32. Схема к расчету устойчивости откосов в сейсмических районах

Рис. XII.33. Расчетная схема вычисления осадки из условия уплотнения грунта:

1 — геологический профиль; 2 — кривая напряжений от грунта; 3 — кривая напряжений от веса насыпи; 4 — эпюра относительного сжатия слоев грунта;  $H$  — первая отметка сжимаемой толщи;  $H_1$  — уточненная отметка сжимаемой толщи грунта



ного веса грунта для слабосжимаемых и 0,1 для сильносжимаемых грунтов с модулем деформации  $E < 50$  кгс/см<sup>2</sup>.

Для слоев грунта, расположенных ниже уровня грунтовых вод, а также в зоне полного капиллярного водонасыщения грунтов ниже уровня менисков, при определении глубины активной зоны плотности грунта можно принимать равной 1 г/см<sup>3</sup>. При наличии прослоек водонепроницаемых грунтов, являющихся водупором, к давлению на их верхнюю поверхность прибавляют вес столба грунтовой воды; определяют вертикальное сжатие каждого из выделенных слоев по формуле

$$\lambda_i = \frac{h_i \sigma_i}{E_i}, \quad (\text{XII.46})$$

где  $h_i$  — толщина слоя, см;  $E_i$  — модуль деформации, кгс/см<sup>2</sup>;  $\sigma_i$  — среднее напряжение в пределах выделенного слоя, которая не должна превышать 0,1%, т. е. 1 мм на 1 м толщины грунта; если сжатие больше, расчет продолжают, учитывая деформацию глубже расположенных слоев грунта; определяют общую осадку сооружения суммированием деформаций отдельных слоев; проверяют насыпь на устойчивость против боковых сдвигов.

Расчитанные осадки обычно несколько превышают фактические, так как расчетный метод не учитывает влияния горизонтальных сжимающих напряжений и исходит из допущения беспрепятственной возможности бокового расширения грунта.

Для учета этого обстоятельства СНиП II-15-74 («Основания зданий и сооружений») предусматривает введение к вычисленной осадке безразмерного поправочного коэффициента, равного 0,8.

Для насыпей, возведенных на торфянистых, сильно сжимаемых основаниях, описанный метод расчета неприменим в связи с отсутствием прямой пропорциональности между нагрузкой и деформацией и зависимостью модуля деформации от действующего давления.

Расчет ведут исходя из экспериментально установленных по компрессионной кривой характеристик сжимаемости основания. В связи с этим в расчет вносят ряд изменений.

Сжатие каждого из слоев рассчитывают по формуле

$$\lambda = \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_1)}{1 + \epsilon_0} h, \quad (\text{XII.47})$$

где  $\epsilon_0$  — коэффициент пористости грунта основания до отсыпки насыпи или возведения сооружения;  $\epsilon_1$  — коэффициент пористости, соответствующий давлению от внешней нагрузки в середине слоя.

Величину  $\epsilon_1$  для различных давлений определяют по уравнению компрессионной кривой

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 - \frac{2,3}{A} \lg \frac{p}{p_0}. \quad (\text{XII.48})$$

Компрессионная кривая для грунта основания должна быть установлена экспериментально путем испытаний образцов грунта с ненарушенной структурой. Коэффициент пористости  $\epsilon_0$  и соответствующее ему бытовое давление  $p_0$  могут быть найдены по перелому прямой линии, которой изображается компрессионная кривая в полулогарифмической системе координат (рис. XII.34).

Для ориентировочных расчетов осадок насыпей на торфяных основаниях на стадии составления проектного задания можно пользоваться средними значениями параметров  $A$  и  $\epsilon_0$ , приведенными в табл. XII.22 (по данным проф. Г. М. Шахуньянца).

Определение в грунте напряжений от сооружений. При расчете осадок сооружений определяют напряжения в грунте, согласно строительным нормам и правилам, исходя из допущений: распределение напряжений в толще грунта принимают в соответствии с выводами теории однородного изотропного линейно-деформируемого тела; давление на грунт принимают равномерно распределенным на подошве сооружения без учета перераспределения напряжений на подошве в связи с жесткостью сооружений.

Напряжения от дорожных насыпей при трапецидальной эпюре давления на поверхность грунта (см. рис. XII.31).

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} [a(a_1 + a_2 + a_3) + b(a_1 + a_3) + x(a_1 - a_3)]. \quad (\text{XII.49})$$

Горизонтальное нормальное напряжение

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi b} \left( \sigma_z - 2z \ln \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3} \right). \quad (\text{XII.50})$$

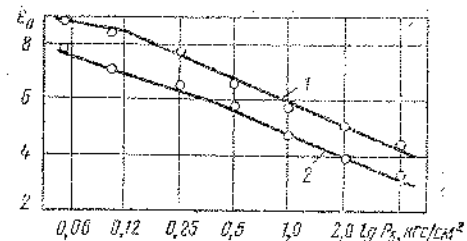


Рис. XII.34. Определение бытового давления в торфе по излому компрессионной кривой в полулогарифмических координатах:

1 — осково-древянный торф; 2 — глиняный торф

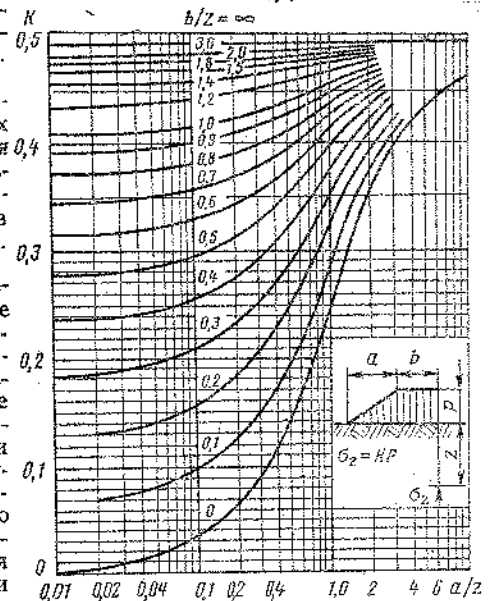


Рис. XII.35. Номограмма для определения вертикальных нормальных напряжений в основаниях насыпей

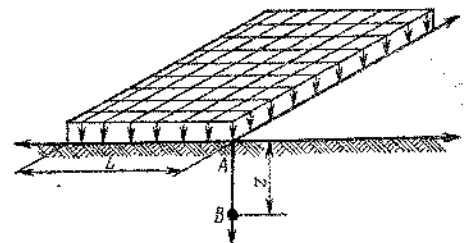


Рис. XII.36. Схема к определению напряжений от нагрузки, распределенной по прямоугольной площадке

Параметры  $\lambda$  и  $\epsilon_0$

Торф	Степень разложения, %	Зольность, %	$\epsilon_0$ при $p_{\phi=1}$	$\lambda$
Древесный	55	2,3	6,50	2,00
»	80	12,0	5,23	2,96
Медиум-торф	30	—	3,15	1,85
Пушицевый	40	2,3	5,50	2,30
» сфагновый	30	2,5	5,20	5,20
То же	55	3,3	4,50	2,50
Осоково-глинистый	25	—	4,50	0,50
Осоково-древесный	60	17	5,50	4,00
Тростниково-древесный	70	14,6	5,50	1,30

Максимальное касательное напряжение

$$\tau_{\max} = \frac{2p}{\pi a} \sqrt{\ln^2 \frac{R_1 R_4}{R_2 R_3} + (a_1 - a_3)^2} \quad (XII.51)$$

На рис. XII.35 приведен график Остерберга для определения вертикальных нормальных напряжений в основаниях насыпей

$$\sigma_z = K p, \quad (XII.52)$$

где  $p$  — давление насыпи на грунт в центральной части насыпи;  $K$  — коэффициент, определяемый по графику в зависимости от отношений  $a/z$  и  $b/z$ ;  $z$  — глубина рассматриваемой точки;  $a$  — длина треугольной части эюры нагрузки от насыпи (заложение подошвы откоса);  $b$  — длина прямоугольной части эюры нагрузки.

Коэффициент  $K$  определяют как сумму коэффициентов для правой и левой частей насыпи.

Напряжения от нагрузки, распределенной по прямоугольной площадке (рис. XII.36), вычисляются по методу «угловых точек», дающему возможность привести любую нагрузку к сочетанию напряжений от нескольких загруженных прямоугольных площадок (рис. XII.37). Так, например, напряжения в точках по вертикали, проходящей через точку  $A$ ,

$$\sigma = \sigma_{ABCD} + \sigma_{ADEF} - \sigma_{AHNG},$$

где индексы указывают на прямоугольники, под углами которых в точке  $A$  определяются напряжения.

Напряжения под углом прямоугольной площадки

$$\sigma_z = \frac{p}{2\pi} \left\{ \arctg \frac{n}{m \sqrt{1+n^2+m^2}} + \frac{mn(1+n^2+m^2)}{(1+m^2)(n^2+m^2) \sqrt{1+n^2+m^2}} \right\} = pK, \quad (XII.53)$$

где  $p$  — давление на грунт в плоскости подошвы;  $n$  — отношение большей стороны прямоугольного фундамента к меньшей;  $m = \frac{z}{L}$  — отношение глубины основания к ширине прямоугольного фундамента.

Значения коэффициента  $K$  приведены в табл. XII.23.

**Осадка торфяников при осушении.** Дополнительная осадка существующих насыпей на осушаемых болотах при устройстве осушительных каналов может быть

Коэффициент  $K = \frac{\delta_z}{p}$

Глубина $m = \frac{z}{L}$	Отношение $n$						
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	$\infty$
0,25	0,2473	0,2472	0,2483	0,2484	0,2485	0,2485	0,2485
0,50	0,2325	0,2878	0,2391	0,2397	0,2398	0,2399	0,2399
0,75	0,2060	0,2182	0,2217	0,2254	0,2239	0,2340	0,2240
1,00	0,1752	0,1936	0,1999	0,2034	0,2044	0,2046	0,2046
1,50	0,1210	0,1451	0,1561	0,1638	0,1665	0,1670	0,1670
2,00	0,0840	0,1071	0,1202	0,1316	0,1363	0,1374	0,1374
4,00	0,0447	0,0612	0,0732	0,0860	0,0959	0,0987	0,9990
3,00	0,0270	0,0383	0,0475	0,0640	0,0712	0,0758	0,0764
6,00	0,0127	0,0185	0,0238	0,0323	0,0431	0,0506	0,0521
8,00	0,0073	0,0107	0,0140	0,0195	0,0283	0,0367	0,0394
10,00	0,0048	0,0070	0,0092	0,0129	0,0198	0,0279	0,0316
12,00	0,0033	0,0049	0,0065	0,0094	0,0145	0,0219	0,0264
15,00	0,0021	0,0061	0,0082	0,0061	0,0097	0,0158	0,0211
18,00	0,0015	0,0022	0,0029	0,0043	0,0069	0,0118	0,0177
20,00	0,0012	0,0013	0,0024	0,0035	0,0057	0,0022	0,0159

рассчитана по формулам для осадки поверхности болота. Предложенный проф. Н. А. Наседкиным метод расчета исходит из предпосылки, что осадка вызывается капиллярным давлением, возникающим при опускании уровня грунтовых вод.

$$\lambda = \frac{\epsilon_0 h}{1 + \frac{\epsilon_0}{1 + \omega_0} \cdot \frac{1}{\Delta}} \ln \left[ 1 + \frac{\Delta (H_k + z)}{2p_0} \right], \quad (XII.54)$$

где  $\lambda$  — осадка при осушении;  $h$  — первоначальная толщина торфа;  $H_k$  — глубина осушительной канавы;  $\Delta = 1$  — плотность воды;  $\gamma$  — плотность скелета торфа;  $W_0$  — начальная влажность;  $z$  — максимальное возвышение кривой депрессии над уровнем воды в канаве;  $\epsilon_0$  и  $p_0$  — параметры кривой компрессии торфа, уравнение которой имеет вид:

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 - \frac{1}{A} \ln (p + p_0). \quad (XII.55)$$

Для менее точных расчетов можно принять, по Н. Н. Иванову,  $p_0 = 0$ . Значения  $z$  рассчитывают по углу депрессии или по уравнению.

$$z = \sqrt{\frac{q}{K_{\phi}} (lx - x^2) + h^2}, \quad (XII.56)$$

где  $q$  — расход воды;  $K_{\phi}$  — коэффициент фильтрации;  $l$  — расстояние между осушительными канавами;  $h$  — допускаемая глубина стояния воды в канаве.

**Скорость осадки сооружений.** Скорость осадки сооружений на водонасыщенных грунтовых основаниях определяется по формуле

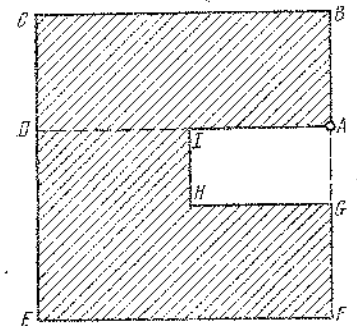


Рис. XII.37. Схема к определению напряжений методом «угловых точек» от нагрузки, приложенной к площадке сложного очертания

Степень уплотнения слоя

Фактор времени $T$				
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
0,004	0,080	0,008		0,135
0,008	0,104	0,016		0,186
0,012	0,125	0,024		0,223
0,020	0,160	0,040		0,279
0,028	0,189	0,056		0,322
0,036	0,214	0,072		0,356
0,048	0,247	0,096		0,388
0,060	0,276	0,120		0,433
0,072	0,303	0,144		0,462
0,100	0,357	0,197		0,516
0,125	0,399	0,244		0,554
0,167	0,461	0,318		0,605
0,20	0,504	0,370		0,638
0,25	0,562	0,443		0,682
0,30	0,613	0,508		0,719
0,35	0,658	0,565		0,752
0,40	0,698	0,615		0,780
0,50	0,764	0,070		0,829
0,60	0,816	0,765		0,866
0,80	0,887	0,857		0,918
1,0	0,931	0,913		0,950
2,0	0,994	0,933		0,996
	1,000	1,000		1,000

$$U_3 = U_1 \frac{l_1 - l_2}{l_1 + l_2} (U_1 - U_2)$$

теории фильтрационной консолидации грунта. Если давление от нагрузки постоянно по глубине и меньшая сторона площади передачи нагрузки в 3-4 раза превышает толщину сжимаемого слоя, то осадка через время  $t$  после приложения нагрузки, принимаемого мгновенным, выразится зависимостью:

$$\lambda_t = \lambda_{\infty} \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 K_{\Phi} t (1 + \epsilon_{cp})}{4h_p^2 a \Delta}} \right] = \lambda_{\infty} U, \quad (XII.57)$$

где  $\lambda_{\infty}$  — полная величина осадки после ее прекращения;  $K_{\Phi}$  — коэффициент фильтрации, см/с;  $h_p$  — расчетная толщина сжимаемого слоя; если удаление выжимаемой воды происходит через одну поверхность сжимаемого слоя, расчетная толщина  $h_p$  равна полной толщине сжимаемого слоя  $h$ ; если вода может выходить с двух поверхностей, расчетная толщина  $h_p = h/2$ ;  $a$  — параметр уравнения спрямленной компрессионной кривой ( $\epsilon_v = A - ap$ );  $\epsilon_{cp}$  — среднее значение коэффициента пористости сжимаемого слоя до и после приложения нагрузки;  $\Delta$  — плотность воды;  $U$  — коэффициент консолидации (степень уплотнения).

Для облегчения расчетов можно пользоваться значениями коэффициентов консолидации  $U$ , приведенными в табл. XII.24 для характерных случаев рас-

пределения давления по толщине слоя. Значения коэффициентов консолидации  $U$  для разных эюр распределения давления по глубине уплотняемого слоя выражены в долях так называемого фактора времени:

$$T = \frac{Ct}{h_p^2}; \quad (XII.58)$$

$$C = \frac{K_{\Phi} (1 + \epsilon_{cp})}{a \Delta}, \quad (XII.59)$$

где  $t$  — продолжительность действия нагрузки;  $K_{\Phi}$  — среднее значение коэффициента фильтрации в интервале изменения давления от бытового до  $p$ ;  $\epsilon_{cp}$  — среднее значение коэффициента пористости грунта в том же интервале;  $a$  — коэффициент уплотнения грунта (в уравнении спрямленной компрессионной кривой  $\epsilon_{cp} = A - ap$ );  $h_p$  — толщина сжимаемого слоя;  $\Delta$  — плотность воды, принимаемая равной единице.

Приведенные в табл. XII.24 значения коэффициентов  $U$  относятся к наиболее типичным случаям передачи нагрузки на водонасыщенный грунт:

напряжения постоянны по толщине слоя — нагрузка, приложенная к площадке, размеры которой существенно превышают толщину слоя;

давление возрастает с глубиной — треугольная эюра распределения давления с максимумом у водонепроницаемого слоя — уплотнение водонасыщенного грунта под действием собственного веса, например в насыпях, возведенных методом гидромеханизации, осадка илистых оглождений на дне водоемов;

трапециевидная эюра, ушающаяся книзу — наличие нагрузки, не затухающей по глубине, на слой уплотняющегося грунта;

треугольная эюра с основанием у водонепроницаемого слоя, схематически осредняющая распределение нагрузки от фундамента.

Влияние возрастания нагрузки в процессе строительства. В процессе строительства нагрузка на грунт возрастает постепенно, тогда как формулы теории консолидации исходят из предположения мгновенного приложения нагрузки (рис. XII. 38). Для учета осадки, происходящей во время строительства, можно использовать графический прием, предложенный Терцаги, для корректировки начального участка теоретической кривой, дающей удовлетворительную сходимость. Кривая осадки строится из предположения мгновенного приложения нагрузки в первый период строительства.

Экспериментальный метод определения скорости осадки насыпей на водонасыщенных основаниях. Скорость уплотнения водонасыщенного грунта нагрузкой, не затухающей по глубине, может быть определена на основе лабораторных испытаний образцов грунтов с ненарушенной структурой.

Согласно теории консолидации водонасыщенных грунтов степень уплотнения слоя грунта толщиной  $h_{нат}$ , равная степени уплотнения образца того же грунта с ненарушенной структурой толщиной  $h_{обp}$ , происшедшей через время  $t_{обp}$ , будет достигнута через время

$$t_{нат} = t_{обp} \left( \frac{h_{нат}}{h_{обp}} \right)^n, \quad (XII.60)$$

Для грунтов с нарушенной структурой и глинистых грунтов с мягкопластичной и более текучей консистенцией показатель степени  $n$  обычно равен 2. Для ленточных глин он равен 0,6, для структурных грунтов ввиду сопротивления скелета грунта деформированию и вязкого характера протекания его де-

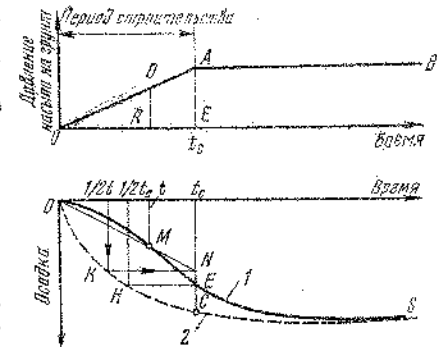


Рис. XII.38. Корректировка начального участка кривой скорости осадки сооружения:

1 — откорректированная кривая; 2 — теоретическая кривая для мгновенно приложенной нагрузки

Таблица XII.25

Произведения коэффициентов  $A \omega_0$ 

Соотношение сторон прямо-угольного основания	Значение $A \omega_0$ при коэффициенте Пуассона грунта $\mu$					
	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
<b>Жесткие сооружения (устои мостов)</b>						
1	1,13	1,20	1,26	1,37	1,58	2,02
1,5	1,37	1,45	1,53	1,55	1,91	2,44
2	1,55	1,63	1,72	1,88	2,16	2,76
3	1,81	1,90	2,01	2,18	2,51	3,21
4	1,99	2,09	2,21	2,41	2,77	3,53
5	2,13	2,24	2,37	2,58	2,96	3,79
6	2,25	2,37	2,50	2,72	3,14	4,00
7	2,35	2,47	2,61	2,84	3,26	4,18
8	2,43	2,56	2,70	2,94	3,38	4,32
9	2,518	2,64	2,79	3,04	3,49	4,46
>10	2,58	2,71	2,86	3,12	3,58	4,58
<b>Гибкие сооружения</b>						
1	0,96	1,01	1,07	1,17	1,34	1,71
1,5	1,16	1,25	1,30	1,40	1,62	2,07
2	1,31	1,39	1,47	1,60	1,83	2,34
3	1,55	1,63	1,73	1,89	2,15	2,75
4	1,72	1,81	1,92	2,09	2,39	3,06
5	1,85	1,95	2,07	2,25	2,57	3,29
6	1,87	2,09	2,21	2,41	2,77	3,53
7	2,06	2,18	2,31	2,51	2,87	3,67
8	2,14	2,26	2,40	2,61	2,98	3,82
9	2,21	2,34	2,47	2,69	3,08	3,92
>10	2,27	2,40	2,54	2,77	3,17	4,05

формации в некоторых случаях показатель степени в приведенном уравнении не равен 2. В этих случаях значения  $n$  целесообразно определять экспериментально путем испытания образцов различной высоты.

**Скорость осадки слоистых оснований.** Если водонасыщенное основание состоит из ряда слоев, хотя и обладающих различной водопроницаемостью, но близких по свойствам, например из различных видов торфа, можно приближенно определять скорость осадки, пользуясь осредненным значением коэффициента фильтрации:

$$K_{\Phi}^{(cp)} = \frac{\sum h}{\frac{h_1}{K_{\Phi}^1} + \frac{h_2}{K_{\Phi}^2} + \dots + \frac{h_n}{K_{\Phi}^n}}, \quad (XII.61)$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — толщины отдельных слоев;  $\sum h$  — общая толщина сжимаемого основания;  $K_{\Phi}^1, K_{\Phi}^2, \dots, K_{\Phi}^n$  — коэффициенты фильтрации слоев в вертикальном направлении.

При залегании в основании насыпей слоистых грунтов, состоящих из чередующихся прослоек сравнительно малой мощности слабофильтрующего ила, торфа или глины и разделяющих их хорошо водопроницаемых песчаных про-

слоек осадку сооружения за некоторый период определяют как сумму сжатия отдельных слоев, считая, что вся вода удаляется через песчаные прослойки.

**Скорость осадки зданий и искусственных сооружений.** Доступные для инженерных расчетов строгие методы определения скорости деформации водонасыщенных грунтов при нагрузке, распределенной по ограниченной площади в плане, еще не найдены. Единственным приемлемым для практических целей приемом расчета скорости осадки сооружений является метод эквивалентного слоя, предложенный чл.-корр. АН СССР Н. А. Цытовичем.

В этом методе пространственная задача осадки сооружения заменяется сжатием эквивалентного ей по величине конечной деформации водонасыщенного слоя грунта:

$$h_s = A \omega_0 b, \quad (XII.62)$$

где  $b$  — ширина фундамента сооружения;  $\omega_0$  — коэффициент, зависящий от очертания сооружения в плане;  $A$  — коэффициент, зависящий от коэффициента Пуассона грунта.

Значения произведения коэффициентов  $A \omega_0$  приведены в табл. XII.25.

При расчете скорости затухания осадок исходят из эквивалентной энергии уплотняющих давлений, которая представляет собой треугольник с основанием, равным давлению на подошву фундамента, и высотой, равной удвоенной толщине эквивалентного слоя  $h$ . Скорость осадки вычисляют с использованием коэффициентов степени уплотнения  $U$ , приведенных в табл. XII.24.

**Способы ускорения осадки насыпей на водонасыщенных основаниях.** Искусственное ускорение осадок насыпей необходимо в случаях, когда в предусмотренный планом организации работ промежуток времени между окончанием работ по возведению насыпи и укладкой покрытия не успевает произойти 90% осадки для дорог с покрытием капитального типа и 75% для дорог с покрытиями переходного и низшего типов.

Ускорение осадки может быть достигнуто рядом способов: увеличением давления на подстилающий грунт; уменьшением толщины сжимаемого слоя; сокращением пути фильтрации выжимаемой воды при помощи устройства вертикальных дренаж.

Увеличение давления на грунт достигается в результате первоначальной отсыпки грунта в более высокую, но узкую насыпь. При давлении «перегруженной» насыпи коэффициент консолидации основания за равный промежуток времени

$$U_x = A \frac{p_x}{p}, \quad (XII.63)$$

где  $A$  — необходимая степень осадки сооружения, выраженная в десятичных дробях;  $p_x, p$  — давление насыпи на грунт, перегруженной и проектной.

При достижении необходимой степени осадки высоту насыпи уменьшают до проектной (с учетом продолжения осадки за счет вторичной консолидации), используя избыток грунта для уширения насыпей.

Уменьшения толщины сжимаемого слоя (частичное вытерфовывание) позволяет сократить срок, необходимый для осадки насыпи, до величины

$$t = t_1 \left( \frac{h_1}{h_2} \right)^2, \quad (XII.64)$$

где  $t_1$  — время, необходимое для сжатия слоя торфа первоначальной толщины  $h_2$ ;  $h_1$  — оставленный под насыпью слой торфа.

Влияние увеличения давления на торф в результате замены вынудой части торфа весом насыпи на скорость осадки при расчетах не учитывают.

Устройство вертикальных дренажей, сокращающих путь фильтрации выжимаемой воды, является одним из наиболее распространенных в последние годы методов строительства насыпей на слабых илстых и торфяных основаниях (рис. XII.39). Дрены устраивают из песка, которым заполняют пробуренные в торфе скважины, или из закладываемых в прорезанные специальной машиной щели картонных или пластиковых пористых полос или трубок. Ускоряя

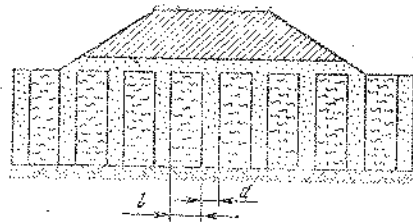


Рис. XII.39. Схема устройства вертикальных дрен под насылью

$$U = 100 - 0,01 (100 - U_h)(100 - U_r), \quad (\text{XII.65})$$

где  $U_h$  — коэффициент консолидации при выжимании воды только в вертикальном направлении;  $U_r$  — то же, только в горизонтальном направлении. Величины  $U_h$  и  $U_r$  принимают по графикам (рис. XII.40) в зависимости от отношения расстояния между дренами  $l$  к их диаметру  $d$  и от факторов времени для выжимания воды в горизонтальном и вертикальном направлениях:

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{гор}} &= \frac{K_{\Phi}^{(\text{гор})} (1 + \varepsilon_0)}{\Delta a L^2} t; \\ T_{\text{верт}} &= \frac{K_{\Phi}^{(\text{верт})} (1 + \varepsilon_0)}{\Delta a L^2} t, \end{aligned} \right\} \quad (\text{XII.66})$$

где  $T_{\text{гор}}$  и  $T_{\text{верт}}$  — факторы времени продолжительности консолидации;  $K_{\Phi}^{(\text{гор})}$  и  $K_{\Phi}^{(\text{верт})}$  — коэффициенты фильтрации грунта основания в горизонтальном и вертикальном направлениях;  $a$  — параметр уравнения спрямленной компрессионной кривой.

Влияние выжимания воды в вертикальном направлении можно не учитывать: при большой мощности торфяных отложений; значительной величине коэффициента фильтрации в горизонтальном направлении по сравнению с коэффициентом фильтрации в вертикальном направлении; при насыпях возводимых из малопроницаемых грунтов, и отсутствии под ними песчаной подушки.

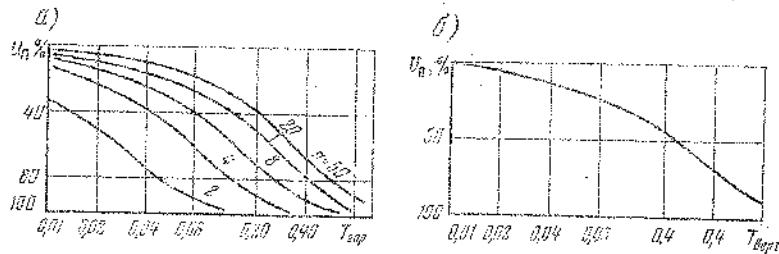


Рис. XII.40. Графики для определения расчетных коэффициентов при определении скорости сжатия водонасыщенных оснований с вертикальными дренами: а — коэффициент консолидации при фильтрации воды только в горизонтальном направлении; б — то же, только в вертикальном направлении;  $l$  — отношение расстояния между дренами к их диаметру

## § XII.14. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Расчеты устойчивости грунтов, используемых при возведении сооружений, и в основаниях сооружений требуют знания надежных значений характеристик прочности грунтов. Строительные нормы и правила (СНиП II-15-74) предусматривают, что характеристики грунтов, используемые при расчетах деформации и устойчивости оснований, должны определяться, как правило, на основе исследования грунтов с учетом природного напряженного состояния грунта, а также возможного его изменения в процессе строительства и эксплуатации. Для расчетов предварительного характера и при проектировании малоответственных сооружений разрешается использовать приведенные в СНиП II-15-74 табличные значения нормативных характеристик грунтов (сцепление  $c$ , угол внутреннего трения  $\phi$  и модуль деформации  $E$ ).

Сопротивление грунтов нагрузкам зависит от степени уплотнения грунтов и его влажности и изменяется в результате природных воздействий в период службы сооружений. Поэтому характеристики прочности грунтов при расчетах устойчивости следует принимать соответствующими наиболее неблагоприятному периоду работы сооружения.

Расчетное состояние грунта, наиболее характерное для работы его в сооружении, необходимо устанавливать в каждом отдельном случае на основе тщательного анализа назначения сооружения и местных геофизических условий. Ценные материалы могут дать наблюдения за работой аналогичных сооружений в близких климатических условиях и контрольные расчеты наблюдавшихся деформаций земляного полотна и естественных откосов.

Так как характеристики прочности грунта, например сцепление  $c$ , угол внутреннего трения  $\phi$ , модуль деформации  $E$ , плотность  $\delta$  и т. д., существенно зависят от влажности грунта и степени его уплотнения, для точного учета свойства грунта строят по материалам лабораторных испытаний графики расчетных характеристик. На эти графики наносят кривые значений при изменении влажности и уплотняющего давления (рис. XII.41).

При выборе методики испытаний грунтов следует уделять особое внимание максимальному приближению условий испытания к условиям работы грунта в сооружении. Испытания необходимо выполнять при состоянии грунта, соответствующем его работе в сооружении в наиболее опасные для его устойчивости моменты, а схемы деформирования грунта должны соответствовать условиям его работы. Так, например, водопроницаемость структурных грунтов для расчета глубоких дренажных устройств должна изучаться на образцах с ненарушенной структурой. Учет фильтрации воды через плотину, отсыпанную из того же грунта следует вести на основе испытаний образцов, уплотненных до оптимальной плотности с нарушением естественной структуры. Определяя коэффициент фильтрации торфяных оснований под насыпями, необходимо учитывать направление выжимания воды из-под насыпи, так как коэффициент фильтрации торфяв иногда бывает различен при просачивании воды в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Грунтовые основания в естественных условиях обычно неоднородны и состоят из напластований, отличающихся друг от друга. Физико-механические свойства однородных по составу напластований могут различаться на разных уровнях в связи с различием во влажности. Выделение зон удобнее всего

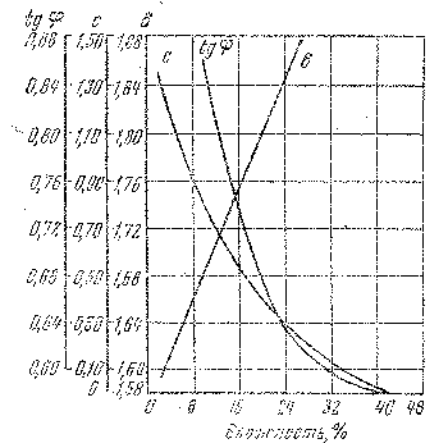


Рис. XII.41. Пример графиков расчетного состояния грунта



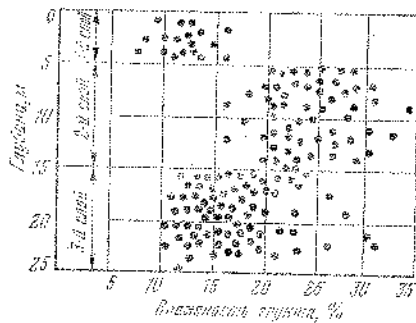


Рис. XII.42. Выделение однородных слоев по результатам испытаний

проводить графически, откладывая экспериментальные точки характеристик грунта в функции глубины взятия образцов для испытаний. Группировки точек позволяют выделить характерные напластования (рис. XII.42).

Характеристики грунтов определяют на основе испытаний достаточного большого количества образцов с тем, чтобы средние их величины являлись устойчивыми. Количество испытаний должно быть тем большим, чем ответственнее проектируемое сооружение.

Согласно СНиП II-15-74 при определении деформации и оценке устойчивости сооружений следует исходить из расчетных значений грунтов, которые определяют по выражению:

$$A = \frac{A^n}{K_r}, \quad (XII.67)$$

где  $A^n$  — средние арифметические характеристики, полученные путем испытания образцов в количестве, достаточном для статистических обобщений;  $K_r$  — коэффициент безопасности, устанавливаемый в зависимости от разброса данных испытаний, числа определений и требуемой надежности расчетов (до-

Таблица XII.26

Плотность грунта			
Грунты	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Грунты	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Глины	2,66	Супеси	2,71
Суглинки	2,70	Пески	2,74

Таблица XII.27

Нормативные характеристики песчаных грунтов (по СНиП II-15-74)					
Виды песчаных грунтов	Характеристики грунта	Значения характеристик грунтов при коэффициенте пористости			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	$c_n$	—	—	—	—
	$E_n$	43	40	33	—
	$\varphi_n$	500	400	300	—
Средней крупности	$c_n$	0,03	0,02	0,01	—
	$E_n$	40	38	35	—
	$\varphi_n$	500	400	300	—
Мелкие	$c_n$	0,06	0,04	0,02	—
	$E_n$	38	36	32	28
	$\varphi_n$	480	380	280	180
Пылеватые	$c_n$	0,08	0,06	0,04	0,02
	$E_n$	36	34	30	26
	$\varphi_n$	390	230	180	110

Таблица XII.28

Нормативные значения удельных сцеплений  $c_n$  и углов внутреннего трения  $\varphi_n$  глинистых грунтов четвертичных отложений (по СНиП II-15-74)

Виды глинистых грунтов	Предел консистенции грунтов	Характеристики грунтов	Характеристика грунтов при коэффициенте пористости						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I \leq 0,25$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	0,15 30	0,11 29	0,08 27	—	—	—	—
	$0,25 < I \leq 0,5$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	0,13 28	0,09 26	0,06 24	0,03 21	—	—	—
Суглинки	$0 \leq I \leq 0,25$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	0,47 26	0,37 25	0,31 24	0,25 23	0,22 22	0,19 20	—
	$0,25 < I \leq 0,5$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	0,39 24	0,34 23	0,28 22	0,23 21	0,18 19	0,15 17	—
	$0,5 < I \leq 0,75$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	—	—	0,25 19	0,20 18	0,16 16	0,14 14	0,12
Глины	$0 \leq I \leq 0,25$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	—	0,81 21	0,68 20	0,54 19	0,47 18	0,41 16	0,36 14
	$0,25 < I \leq 0,5$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	—	—	0,57 18	0,50 17	0,43 16	0,37 14	0,32 11
	$0,5 < I \leq 0,75$	$c_n$ , кгс/см <sup>2</sup> $\varphi_n$ , град	—	—	0,45 15	0,41 14	0,36 12	0,33 10	0,29 7

верительной вероятности). Методика определения коэффициента безопасности изложена в СНиП II-15-74.

Методические указания Союздорнии по инженерно-геологическому обследованию болот при изысканиях автомобильных и железных дорог рекомендуют определять расчетные значения характеристик болотных грунтов с использованием методов математической статистики, принимая коэффициент надежности, в зависимости от категории дороги:

Категория дороги	I	II	III	IV	V
Коэффициент надежности (доверительная вероятность)	0,95	0,90	0,80	0,7	0,7

Таблица XII.29

## Нормативные значения модулей деформации глинистых грунтов

Происхождение и возраст глинистых грунтов	Виды грунтов	Пределы консистенции грунтов	Модули деформации грунтов E при коэффициенте пористости							
			0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Аллювиальные Дельтаовальные Озерные Озерно-дельтаовальные	Супеси	$0 < I \leq 0,25$	—	320	240	160	100	70	—	—
	Суглинки	$0 < I \leq 0,25$	—	340	270	220	170	140	110	—
		$0,25 < I \leq 0,5$ $0,5 < I \leq 0,75$	—	320	250	190	140	110	80	—
Глины		$0 < I \leq 0,25$	—	—	280	240	210	180	150	120
		$0,25 < I \leq 0,5$	—	—	—	210	180	150	120	90
		$0,5 < I \leq 0,75$	—	—	—	—	150	120	90	70
Флювиогляциальные	Супеси	$0 < I \leq 0,25$	—	330	240	170	110	70	—	—
	Суглинки	$0 < I \leq 0,25$	—	400	330	270	210	—	—	—
$0,25 < I \leq 0,50$		—	350	280	230	170	140	—	—	
$0,5 < I \leq 0,75$		—	—	—	170	130	100	70	—	
Моренные	Супеси	$I \leq 0,5$	750	550	450	—	—	—	—	—
	Суглинки									

Таблица XII.30

## Углы внутреннего трения и сцепления в торфах естественной структуры

Торф	Степень разложения, %	Зольность, %	$\varphi$ , град	c, кгс/см <sup>2</sup>
Глиново-ростниковый	47	13	19	0,57
То же	77	11	10	0,43
Древесный	77	14	17,5	0,59
»	55	2	20	0,27
Древесно-осоковый	60	22	15	0,32
Осоковый	80	11	28	0,25
Осоково-древесный	85	11	25	0,29
Сфагново-пушицевый	30	3	22	0,10
Ростниковый	40	9	20,5	0,50
Травяно-древесный	70	17	14	0,78

Таблица XII.31

Коэффициенты Пуассона  $\mu$  и бокового давления  $\xi$ 

Грунты	$\mu$	$\xi$	Грунты	$\mu$	$\xi$
Крупнообломочные Пески и супеси	0,27	0,37	Суглинки Торфы	0,35	0,54
	0,30	0,43		0,42	0,72

Таблица XII.32

Параметры компрессионных кривых  $\epsilon_0$  и B

Грунты	$\epsilon_0$	B
Крупнозернистые и среднезернистые пески и супеси	0,4	До 100
Мелкозернистые пески и супеси	0,4—0,5	25—75
Пылеватые грунты	0,5—0,65	10—25
Суглинки средней плотности, глины	0,65	10—25
Супеси и суглинки с содержанием пыли более 50%; сильно сжимаемые суглинки и глины с прослойками песка	0,7—0,85	5—10
Торфы при степени разложения:		
0—10%	3,0—4,0	8,5—10
10—25%	2,5—3,0	8—9
25—40%	1,5—2,5	6—8
40% и более	0,75—1,5	5—6
Сапрпель, торфиной нл	0,25—1,5	2—4

Таблица XII.33

## Коэффициенты фильтрации грунтов

Грунты	$K_f$	Грунты	$K_f$
Глины	$10^{-7}$	Мелкие пески Гравелистые и крупные пески	$10^{-3}—10^{-2}$
Суглинки	$10^{-7}—10^{-5}$		
Супеси	$10^{-5}—10^{-4}$	Гравийные Галечные без песчаного заполнителя	$10^{-2}—10^{-1}$
Илы	$10^{-3}—10^{-2}$		
Торфы	$10^{-4}—10^{-3}$		
Пылеватые пески	$10^{-4}—10^{-3}$		$10^{-1}$

## Гидродинамические градиенты

Грунты	Гидравлический градиент	Угол депрессии
Крупнопесчаные	0,003—0,006	0,0915—0,003
Пески	0,006—0,020	0,003—0,010
Супеси	0,020—0,050	0,010—0,026
Суглинки	0,050—0,100	0,026—0,053
Глинистые грунты	0,100—0,150	0,053—0,081
Тяжелые глины	0,150—0,200	0,081—0,111
Торфы (в зависимости от вида торфа и степени его разложения)	0,020—0,120	0,010—0,064

Для ориентировочных расчетов на стадии проектного задания могут быть использованы средние значения характеристик грунтов, входящие в формулы расчетов устойчивости (табл. XII.26—XII.34). Полученные данные должны быть проверены на стадии рабочего проектирования с использованием характеристик грунтов, полученных при лабораторных испытаниях образцов грунтов с ненарушенной структурой при влажностях, характерных для наиболее неблагоприятного периода работы земляного полотна.

## Глава XIII

## ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## § XIII.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Дорожная одежда (рис. XIII.1) состоит из нескольких слоев различных материалов. Дорожная одежда должна иметь необходимую прочность, ровность, шероховатость поверхности и беспыльность, обеспечивающие безопасное движение автомобилей с нормативными скоростями.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к дорожной одежде, являются надежность и экономичность. Надежность обуславливает экономически обоснованную вероятность безотказной работы дорожной одежды. Экономичность характеризуется приведенными затратами на строительство, содержание и ремонт проезжей части, перевозку пассажиров и грузов. Очень важно, чтобы в дорожной одежде были максимально использованы местные материалы.

В дорожной одежде различают следующие конструктивные слои (см. рис. XIII.1):

покрытие — верхний слой дорожной одежды, воспринимающий непосредственно усилия от колес автомобилей и подверженный прямому воздействию атмосферных факторов. Покрытие должно хорошо сопротивляться износу и противостоять возникновению пластических деформаций как от вертикальных, так и от горизонтальных усилий. Поверхность покрытия должна быть ровной и шероховатой. В населенных пунктах и курортных районах к покрытию предъявляют повышенные требования в отношении беспыльности, легкости очистки, бесшумности при движении. Покрытие включает в себя слой износа, который периодически возобновляют в процессе эксплуатации, и основной слой;

основание — несущая часть дорожной одежды, которая передает нагрузку на грунт земляного полотна. Основание часто состоит из нескольких слоев, в которых верхние слои непосредственно подстилающие покрытие, делают из более прочных материалов, иногда обработанных вяжущими. В состав основания в ряде случаев входят дополнительные слои из песка и других местных материалов в естественном состоянии или укрепленных вяжущими. Дополнительные слои выполняют функции морозозащитных, дренажных, противозаливающих и т. д.

В отдельных случаях дорожная одежда может состоять из одного слоя. Это относится к простейшим конструкциям из гравийных и других подобных материалов. Такие одежды обычно устраивают серповидного профиля или в полукорыте.

Дорожную одежду укладывают на спланированное и уплотненное земляное полотно, соответствующее требованиям строительных норм и правил. Прочность грунта земляного полотна в значительной степени определяет условия работы дорожной одежды под действием движения автомобилей и природных факторов. В связи с этим дорожную одежду и земляное полотно, особенно в сложных грунтово-гидрологических условиях, проектируют совместно как единое целое.

Для обеспечения более благоприятных условий работы дорожной одежды и повышения безопасности движения обочины укрепляют. Слои укрепления обычно делают менее прочными, чем дорожную одежду, так как воздействие автомобилей здесь незначительно.



Рис. XIII.1. Конструктивные слои дорожной одежды: 1 — покрытие; 2 — основание; 3 — дополнительный слой основания; 4 — грунт земляного полотна

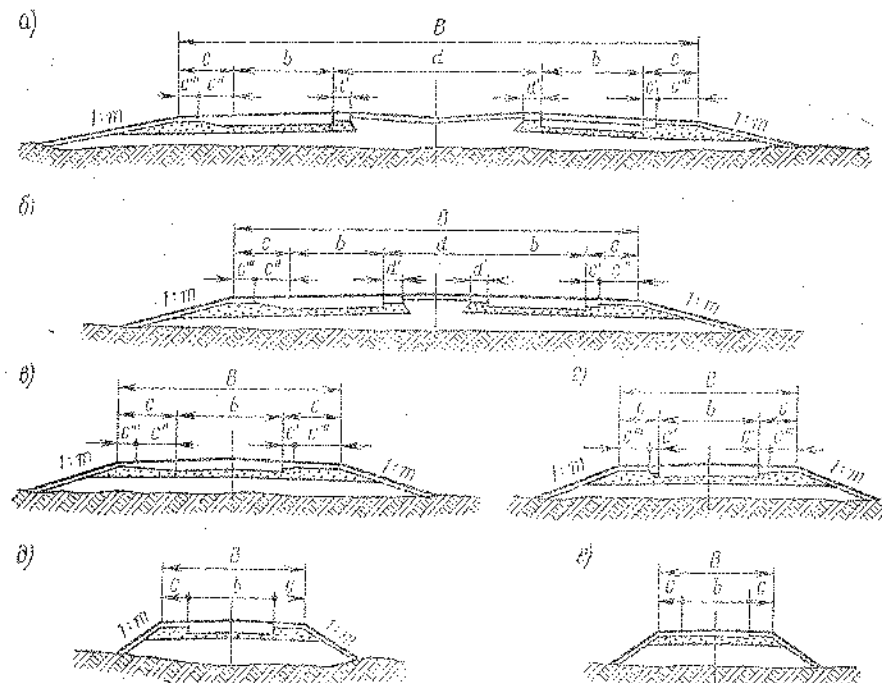


Рис. XIII.2. Схемы размещения проезжей части на земляном полотне: а, б — дороги первой категории; в, г, д, е — дороги соответственно II, III, IV, V категории

Таблица XIII.1

## Геометрические размеры элементов дороги в поперечном профиле

Категория дороги	Ширина, м							
	земляного полотна В, м	проезжей части в, м	обочины с, м	разделительной полосы д, м	полосы укрепления (краевой полосы)		твёрдого покрытия на обочине (остановочной полосы) с', м	прочие виды укрепления обочины с'', м
					на разделительной полосе д', м	на обочине с', м		
I	27,5(28,5)	3,75×4	3,75×2	5,0(6,0)	1,0	0,75	2,5	$\frac{3,0}{1,25}$
	35,0(36,0)	3,75×4	3,75×2	12,5(13,5)	1,0	0,75	2,5	$\frac{3,0}{1,25}$
	35,0(36,0)	3,75×6	3,75×2	5,0(6,0)	1,0	0,75	2,5	$\frac{3,0}{1,25}$
	42,5(43,5)	3,75×6	3,75×2	12,5(13,5)	1,0	0,75	2,5	$\frac{3,0}{1,25}$
II	15,0	3,75×2	3,75×2	—	—	0,75	2,5	$\frac{3,0}{1,25}$
III	12,0	3,5×2	2,5×2	—	—	0,5	—	2,0
IV	10,0	3,0×2	2,0×2	—	—	—	—	—
V	8,0	2,25×2	1,75×2	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — при устройстве полосы укрепления на обочине шириной 0,75 м, в знаменателе — при устройстве твёрдого покрытия на обочине шириной 2,5 м.

В соответствии со СНиП II-Д.5-72 дорожные одежды делят на следующие группы:

с усовершенствованными капитальными покрытиями — цементобетонные (монолитные и сборные); асфальтобетонные из смесей, I и II марок, укладываемые в горячем состоянии, а для районов I дорожно-климатической зоны также и в тёплом состоянии; мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном или каменном основании;

с усовершенствованными облегченными покрытиями — асфальтобетонные из смесей III, IV марок, укладываемые в горячем состоянии, асфальтобетонные из смесей, укладываемые в тёплом (кроме I дорожно-климатической зоны) и холодном состоянии; дегтебетонные, укладываемые как в горячем, так и в холодном состоянии; щебеночные или гравийные покрытия, устраиваемые методами проритки, полупроритки и смещения на дороге; из прочного щебня, не содержащего фракций мельче 5 мм, обработанного битумами или дегтями методом смещения в установке (независимо от температуры при укладке), методом проритки или полупроритки; из крупнообломочных (до 40 мм), песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементным смесением в установке (с устройством поверхностной обработки); слой износа, устраиваемые с применением прочного щебня методом поверхностной обработки на покрытиях переходного типа;

с переходными покрытиями — щебеночные, гравийные и из других прочных минеральных материалов с необходимым уплотнением их при строительстве; из грунтов и местных малопрочных каменных материалов (марка по прочности 400—600 для изверженных пород и 200—300 для осадочных),

обработанных органическими и неорганическими вяжущими, а также сочетанием различных вяжущих и добавок активных веществ; мостовые из булыжного и колотого камня;

с низшими покрытиями — из грунтов, укрепленных или улучшаемых различными местными материалами; покрытия, устраиваемые с применением дерева (лежневые, бревенчатые), силовых и колёсные.

Дорожные одежды с усовершенствованными капитальными покрытиями проектируют из условия, чтобы на них под действием движения не возникали остаточные деформации. Такие одежды должны работать в стадии обратимых (упругих) деформаций. Только при этом условии может быть гарантировано сохранение высоких эксплуатационных качеств покрытия, обеспечивающих возможность безопасного движения с большими скоростями в течение длительного периода между ремонтами.

Одежды с усовершенствованными облегченными покрытиями, эксплуатационные требования, к которым также достаточно высоки, рассчитывают на работу без накопления остаточных деформаций, но, учитывая более короткие межремонтные сроки, для таких одежд принимают меньшие запасы прочности, что позволяет несколько облегчить конструкцию.

Дорожные одежды с покрытиями переходного типа, восстановление ровности которых обычно не сопряжено со значительными затратами, проектируют допуская некоторое накопление остаточных деформаций под действием автомобильного движения. Это приводит к существенному снижению толщины одежды. Дорожные одежды размещаются на ширине земляного полотна различно в зависимости от категории дороги (рис. XIII.2). Геометрические размеры дорог (в поперечном профиле) приведены в табл. XIII.1.

По механическим свойствам дорожные одежды делят на жесткие (с цементобетонными покрытиями и основаниями) и нежесткие (все остальные одежды).

## § XIII.2. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Дорожные одежды нежесткого типа проектируют в соответствии с инструкцией ВСН 46-72. Конструирование и расчет этих одежд между собой тесно связаны.

Основным исходным параметром является перспективное движение к концу срока службы перед очередным капитальным ремонтом. Этот срок принимают для дорог с покрытием капитального типа 15 лет, с усовершенствованным облегченным 10 лет, с переходным 8 лет. Перспективное движение грузовых автомобилей должно быть приведено к расчетной нагрузке, основные показатели которой даны в табл. XIII.2.

Интенсивность движения выражают количеством автомобилей, проходящих в сутки по одной наиболее загруженной полосе. При вычислении приведенной интенсивности движения трехосных автомобилей приводят к двухосным, умножая на соответствующие коэффициенты. Автопоезд приравнивают к столько автомобилей, сколько осей в поезде.

Для однополосной проезжей части за расчетную принимают приведенную суммарную интенсивность движения в обоих направлениях; для двух- и трехполосной (без разделительной полосы) — 0,7 от суммарной в обоих направлениях. При четырехполосной проезжей части с разделительной полосой (по две полосы движения в каждом направлении) за расчетную принимают 0,35 от суммарной интенсивности в обоих направлениях, но не более пропускной способности одной полосы. При числе полос в каждом направлении более двух необходимо вести расчет на основе анализа концентрации грузового движения на двух крайних справа полосах по ходу движения. При этом каждую из полос нужно рассчитывать на движение не ниже 0,35 от суммарной приведенной интенсивности в обоих направлениях, но не более пропускной способности полосы.

Если по отдельным полосам проезжей части осуществляется строго специализированное движение (троллейбусы и др.), можно для отдельных полос использовать различные расчетные нагрузки.

Таблица XIII.2

## Основные показатели расчетных нагрузок

Дороги	Тип нагрузки	Наибольшая статическая нагрузка на одиночную ось Q, кгс	Среднее расчетное давление на покрытие p, кгс/см <sup>2</sup>	Расчетный диаметр следа колеса D, см
Общей сети	Группа А: автомобили	10 000	6	33
		11 500	6	35
	Группа Б: автомобили автобусы	6 000	5	28
		7 000	5	30
Городские	Н-30	12 000	6	36
	Н-10	9 500	5,5	33

Нагрузки от транспортных средств группы А используют при расчете одежды на автомобильных дорогах I и II категорий, а также на других дорогах, проезжая часть которых предусматривает пропуск транспортных средств этой группы.

Нагрузки группы Б принимают при расчете дорожных одежд на остальных дорогах общей сети СССР. Расчетные нагрузки для автобусов принимают при их количестве более 5% в составе движения.

Нагрузку Н-30 применяют при расчете одежды скоростных городских дорог (проезжая часть скоростного движения), магистральных улиц общегородского движения (при наличии тяжелых автобусов и троллейбусов), улиц промышленных и складских районов (при наличии нагрузок, превышающих Н-10).

Нагрузку Н-10 используют при расчете дорожных одежд проезжих частей местного движения на скоростных дорогах, магистральных улиц общегородского движения (при отсутствии тяжелых автобусов и троллейбусов), улиц жилых кварталов и улиц промышленных и складских районов (при отсутствии нагрузок, превышающих Н-10).

Суточную интенсивность движения, приведенную к расчетной нагрузке  $N_{пр}$ , вычисляют по формуле

$$N_{пр} = N_1 a_1 + N_2 a_2 + N_3 a_3 + \dots \quad (\text{XIII.1})$$

где  $N_1$ ;  $N_2$ ;  $N_3$ ; ...;  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $a_3$ ... — соответственно суточная интенсивность движения и коэффициенты приведения (табл. XIII.3) для автомобилей с различной наибольшей нагрузкой на ось.

Легковые автомобили в расчет не принимаются.

В соответствии с перспективной интенсивностью движения, приведенной к расчетному автомобилю, назначают тип покрытия на проектируемой дороге и назначают требуемый модуль упругости  $E_{тп}$  (см. § XIII.3). При этом целесообразно предусмотреть возможные варианты покрытия. Для дорожных одежд с усовершенствованными капитальными и облегченными покрытиями при неблагоприятных климатических и грунтово-гидрологических условиях назначают общую толщину дорожной одежды, необходимую по условиям морозостойкости  $H_m$  (см. § XIII.6).

Если количество воды, поступающей в основание проезжей части в отдельные периоды года, больше, чем может разместиться в порах нижних слоев одежды и подстилающем грунте без значительного снижения их сопротивляемости нагрузкам от движущихся автомобилей, необходимо предусматривать особые меры по осушению дорожной одежды. Для этой цели устраивают сплошной дренажный слой по всей ширине земляного полотна либо дренажный слой

Таблица XIII.3

## Коэффициенты приведения к расчетной нагрузке

Тип нагрузки	Значение коэффициентов $a$ при нагрузке на ось приходящего автомобиля, тс							
	4	5	7	8	9,5	10	11,5	12
Группа А: автомобили автобусы	0,02	0,10	0,36	0,43	0,63	1,0	—	—
	0,01	0,05	0,18	0,21	0,34	0,5	1,0	—
Группа Б: автомобили автобусы	0,20	1,00	—	—	—	—	—	—
	0,66	0,50	1,00	—	—	—	—	—
	0,01	0,05	0,18	0,22	0,35	0,5	0,8	1,0
	0,03	0,15	0,55	0,65	1,00	—	—	—

делают только на ширину проезжей части, включая краевые полосы, а водоотвод обеспечивают продольными и поперечными трубчатыми дренами (см. § III.7). Способ осушения выбирают на основе сравнения возможных вариантов.

Исходя из величины  $E_{тп}$  производят послыльный расчет дорожной одежды по модулям упругости (см. § XIII.3). Общий модуль упругости дорожной одежды  $E_{общ}$  не должен быть меньше  $E_{тп}$ . При этом общая толщина одежды должна быть не меньше величины  $H_m$ , а толщина дренажного слоя, если он требуется, соответствовать расчету, приведенному в § XIII.7. Следует предусматривать варианты конструктивных слоев, учитывая необходимость максимально возможного использования местных материалов.

Монолитные слои (асфальтобетон, материалы, укрепленные неорганическими вяжущими и др.) необходимо рассчитать на растяжение при изгибе (см. § XIII.5). Наибольшие растягивающие напряжения в монолитных слоях не должны превышать их допустимых величин. Если это условие нарушено, возникает опасность трещина и необходимо увеличить толщину монолитных слоев.

Толщина дорожной одежды должна быть также рассчитана исходя из условия прочности на сдвиг (см. § XIII.4) грунта земляного полотна и малосвязных материалов конструктивных слоев (песок, гравий, материалы и грунты, укрепленные жидкими органическими вяжущими). Если прочность на сдвиг не обеспечена, то под действием многократно повторяющихся нагрузок от движущихся транспортных средств возникнут остаточные деформации, которые могут привести к разрушению одежды.

Дорожные одежды с покрытиями переходного типа рассчитывают только по величине допустимого упругого прогиба (см. § XIII.3).

## § XIII.3. РАСЧЕТ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ДОПУСКАЕМОМУ УПУГОВОМУ ПРОГИБУ (МОДУЛЮ УПУГОСТИ)

Нежесткие дорожные одежды рассчитывают по допускаемому упругому прогибу. В этом расчете критерием является величина вертикальной деформации (прогиба) дорожной одежды в наиболее неблагоприятный по степени увлажнения период года под действием нагрузки от расчетного автомобиля с давлением на покрытие  $p$  и диаметром круга, равновеликим по площади контакта отпечатку сдвоенного колеса  $D$ . Для большинства районов СССР неблагоприятным периодом является весна, а в крайних южных районах, где

Таблица XIII.4

## Требуемые модули упругости

Тип нагрузки	Покрытие	Значение $E_{тр}$ , кгс/см <sup>2</sup> , при расчетной интенсивности движения, авт/сут								
		10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000
Группа А	Усовершенствованное капитальное	—	1360	1570	1730	1880	2100	2260	2430	2640
	То же, облегченное	900	1070	1290	1430	1590	1800	—	—	—
	Переходное	600	750	960	1100	—	—	—	—	—
Группа Б	Усовершенствованное капитальное	—	—	1060	1220	1380	1580	1740	1900	2110
	То же, облегченное	—	—	770	900	1080	1280	1350	1600	—
	Переходное	—	—	—	610	760	970	1100	—	—
Н-30	Усовершенствованное капитальное	1360	1500	1720	1890	2030	2230	2400	2560	2770
	То же, облегченное	1060	1210	1410	1560	1720	1920	—	—	—
	Переходное	790	930	1150	1310	—	—	—	—	—
Н-10	Усовершенствованное капитальное	1150	1290	1490	1660	1800	2010	2180	2330	2550
	То же, облегченное	850	1000	1220	1360	1510	1720	—	—	—
	Переходное	560	710	910	1080	1240	—	—	—	—

практически отсутствует промерзание грунта, — зима. Исходя из величины нормативного прогиба  $I$  определяют требуемый модуль упругости одежды:

$$E_{тр} = \frac{pD(1-\mu^2)}{I}, \quad (XIII.2)$$

где  $\mu$  — коэффициент Пуассона, принимаемый для дорожных одежд равным 0,3. Численные значения требуемых модулей упругости в зависимости от интенсивности движения различных расчетных автомобилей для разных типов покрытий (табл. XIII.4) установлены по данным статистической обработки результатов экспериментальных исследований. При расчете на движение автобусов с нагрузкой на ось 11 500 кгс (группа А) или 7000 кгс (группа Б) требуемые модули для соответствующих групп должны быть повышены на 10%. Для условий Средней Азии величина требуемого модуля должна быть снижена на 15%. Независимо от величины расчетного движения требуемые модули упругости следует назначать не ниже величин, указанных в табл. XIII.5.

По требуемому модулю упругости выполняют послонный расчет дорожной одежды, используя номограмму (рис. XIII.3). Эта номограмма, составленная на основании решения задачи теории упругости для двухслойного полупространства, связывает значения модулей упругости верхнего и нижнего слоев  $E_1$  и  $E_2$ , относительную толщину слоя  $h/D$  и величину общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{общ}$ . Зная четыре из указанных величин, можно найти любую пятую.

В зависимости от поставленной задачи расчет одежды можно вести сверху вниз, когда задан общий (требуемый) модуль упругости и определяют толщину нижнего слоя основания, или снизу вверх, когда определяют общий модуль имеющейся конструкции.

Толщины верхних слоев из материалов, содержащих органические вяжущие, целесообразно предварительно назначать:

- при  $E_{тр} = 2000$  кгс/см<sup>2</sup> от 12 до 15 см;
- при  $E_{тр} = 1800-2000$  кгс/см<sup>2</sup> от 10 до 12 см;
- при  $E_{тр} = 1600-1800$  кгс/см<sup>2</sup> от 8 до 10 см;
- при  $E_{тр} = 1400-1600$  кгс/см<sup>2</sup> от 6 до 8 см.

Таблица XIII.5

## Минимальные допустимые модули упругости

Дороги	Количество расчетных автомобилей и сутки на одну полосу		Модули упругости, кгс/см <sup>2</sup> , для покрытий		
	группа А (дороги общей сети); Н-30 (городские дороги)	группа Б (дороги общей сети); Н-10 (городские дороги)	усовершенствованных		переходных
		капитальных	облегченных		
Общей сети категорий:					
I	500	—	2100	—	—
II	170	—	1850	1500	—
III	70	700	1650	1350	—
IV	—	250	1500	1150	850
V	—	120	—	900	650
Городские					
Скоростные дороги и магистральные улицы общегородского значения	550	—	2250	—	—
Магистральные улицы районного значения	70	200	1800	1500	—
Жилые улицы	—	30	1400	1100	800
Дороги промышленных и складских районов	70	200	1800	1500	1200
Проезды	—	10	1150	850	550

Таблица XIII.6

## Минимальные толщины конструктивных слоев

Материалы	Толщина, см	Материалы	Толщина, см
Асфальтобетон, укладываемый в горячем или теплом состоянии: однослойный	5	Щебеночные (гравийные) материалы, укрепленные цементом, на каменном основании или на грунте, укрепленном вяжущими	8
	5		
	7		
Холодный мелкозернистый асфальто- или беттобетон	3	Грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими и неорганическими вяжущими	10
Щебень, обработанный по способу пропитки	8	Щебеночные (гравийные) материалы, не обработанные вяжущими:	
То же, по способу полупропитки	4	на песчаном основании	15
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими вяжущими по способу смешения на дороге	8	на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта):	8
		для щебня для гравийного материала	10

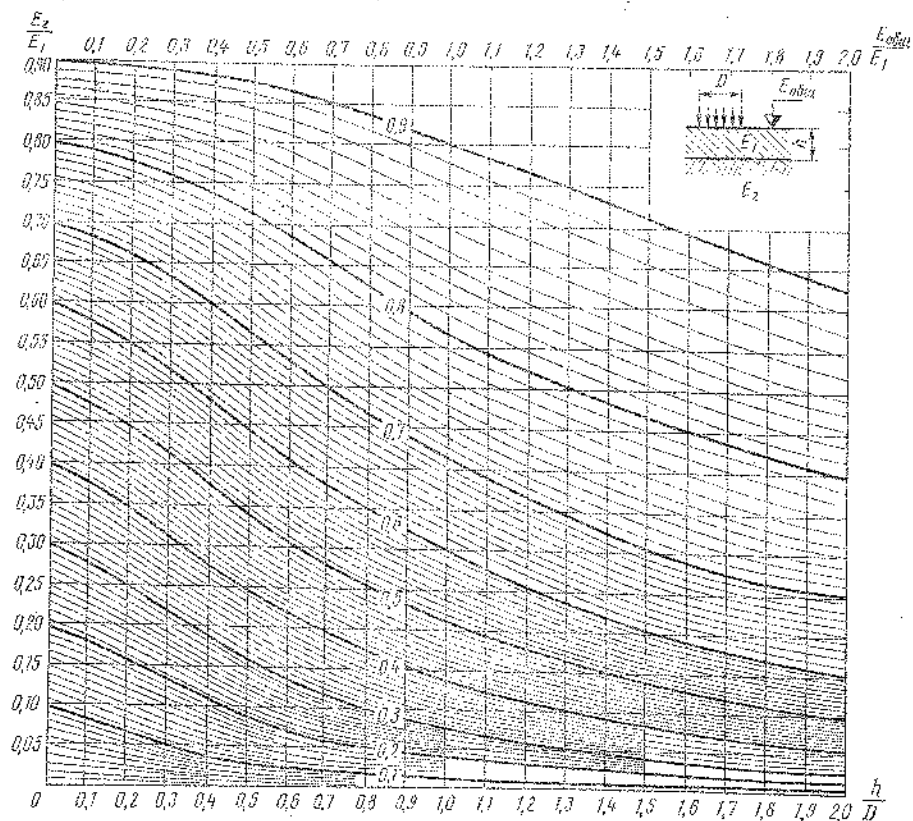


Рис. XIII.3. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы (цифры на кривых означают отношение общего модуля упругости двухслойной системы к модулю верхнего слоя  $E_{общ}/E_1$ )

Асфальтобетонные покрытия на основаниях из материалов, укрепленных неорганическим вяжущим (цементом и др.), во избежание образования на покрытии большого количества трещин не следует сооружать тоньше 12—15 см.

Толщины слоев из различных материалов для обеспечения надлежащего их формирования и нормальной работы в эксплуатации не должны быть меньше указанных в табл. XIII.6.

Значения модулей упругости для различных конструктивных слоев дорожных жестких одежд, а также для грунтов приведены ниже в § XIII.7.

Для повышения сопротивляемости грунтов нагрузкам полезно применять специальные приемы. В частности, в сухих местах IV и V дорожно-климатических зон эффективно усиленное уплотнение связных грунтов верхней части земляного полотна (на глубину 0,3—0,5 м от низа дорожной одежды). При плотности 1,01—1,03 от максимальной стандартной грунт в этих условиях практически не увлажняется. Уплотнение выполняют тонкими слоями при помощи катков на пневматических шинах при влажности грунта 0,5—0,6 от нижней границы текучести. Нижний слой одежды в этом случае устраивают из паронепроницаемых материалов, например из укрепленного вяжущими связного грунта.

Грунт повышенной плотности рассматривается как самостоятельный конструктивный слой с расчетными характеристиками, повышенными примерно на 50% по сравнению с нормативными, приведенными в § XIII.7.

### § XIII.4. РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО СДВИГУ В ПОДСТИЛАЮЩЕМ ГРУНТЕ И СЛАБОВЯЗНЫХ МАТЕРИАЛАХ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ

Толщина дорожной одежды должна быть такой, чтобы напряжения в грунте земляного полотна и слоях из слабосвязных материалов не вызывали в них пластических смещений. Условие предельного равновесия в наиболее напряженной точке подстилающего грунта или конструктивного слоя под центром осесимметричной нагрузки может быть выражено зависимостью

$$\frac{l}{2 \cos \varphi} [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi] = c, \quad (\text{XIII.3})$$

где  $\sigma_1$  — максимальное главное напряжение, кгс/см<sup>2</sup>;  $\sigma_3$  — минимальное главное напряжение (в данном случае  $\sigma_3 = \sigma_2$ );  $\varphi$  — угол внутреннего трения, град;  $c$  — сцепление в грунте или слабосвязном материале, кгс/см<sup>2</sup>.

Левая часть уравнения (XIII.3) представляет собой наибольшее в данной точке свободное (за вычетом удерживающих сил, обусловленных внутренним трением) сдвигающее напряжение, которое можно назвать активным напряжением сдвига от нагрузки.

Многослойную конструкцию, рассчитываемую по допустимому упругому прогибу (см. § XIII.3), приводят к двухслойной системе, у которой толщина верхнего слоя равна суммарной толщине конструктивных слоев, лежащих над слоем, который рассчитывают на прочность по сдвигу (грунт земляного полотна, песчаный гравийный слой или слой грунта, укрепленного жидким вяжущим). Модуль упругости этого верхнего слоя  $E_{ср}$  вычисляют как средневзвешенную величину по формуле

$$E_{ср} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + \dots}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}, \quad (\text{XIII.4})$$

где  $E_1, E_2, E_3, \dots$  — расчетные модули упругости конструктивных слоев толщиной  $h_1, h_2, h_3, \dots$

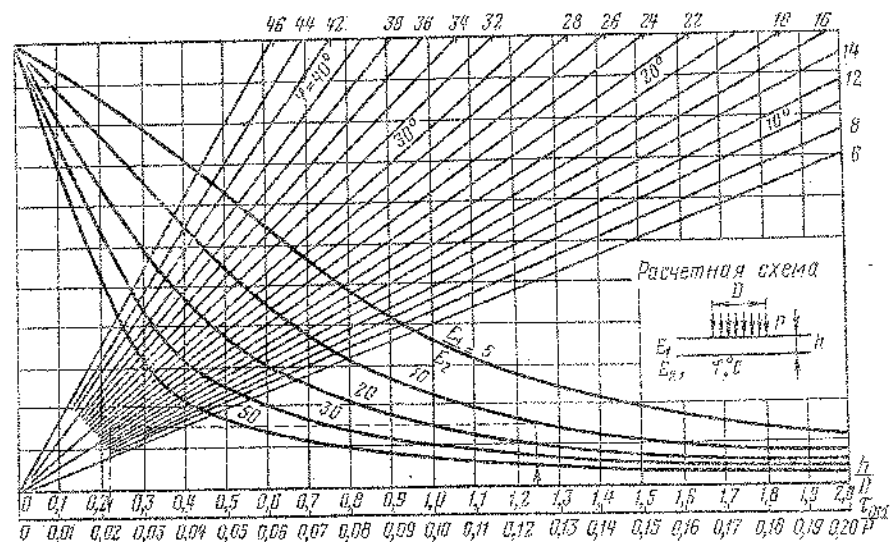


Рис. XIII.4. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки  $T_{ам}$  в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев

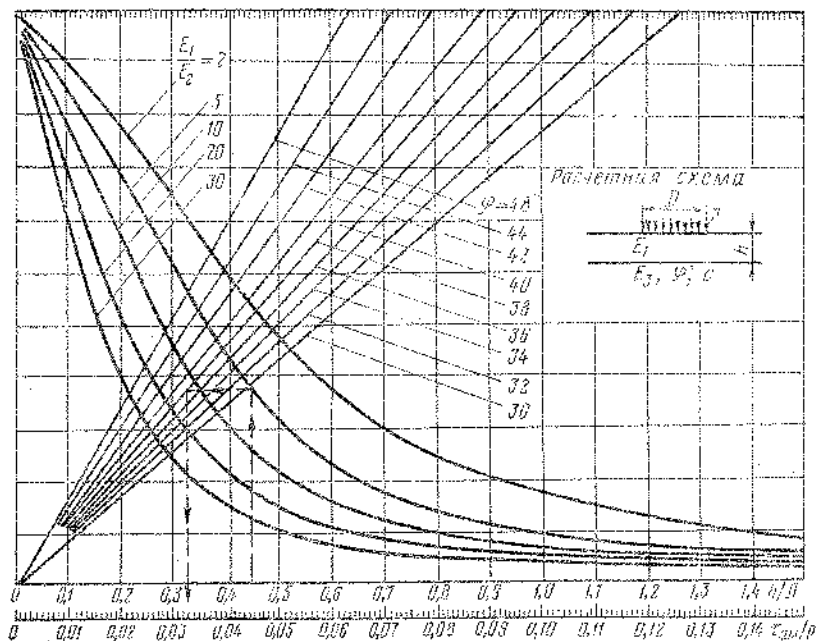


Рис. XIII.5. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки  $\tau_{ам}$  в нижнем слое двухслойной системы при свободном смещении слоев на контакте

Условие, при котором не происходит пластических смещений в указанных выше слоях, имеет вид

$$\tau_{ам} + \tau_{ав} \leq K' c, \quad (XIII.5)$$

где  $\tau_{ам}$  — максимальное активное напряжение сдвига в нижнем слое двухслойной системы от расчетной временной нагрузки;  $\tau_{ав}$  — активное напряжение сдвига от собственного веса слоев, лежащих выше рассчитываемого;  $c$  — нормативное сцепление (см. § XIII.7);  $K'$  — комплексный коэффициент, учитывающий условия работы дорожной одежды и особенности ее конструкции.

Для определения величины  $\tau_{ам}$  пользуются номограммами, приведенными на рис. XIII.4 и XIII.5. Эти номограммы связывают относительную толщину одежды  $h/D$ , отношение модулей упругости верхнего и нижнего слоев  $E_1/E_2$ , величину угла внутреннего трения  $\phi$  (см. § XIII.7) в слое, рассчитываемом на сдвиг, и значение максимального удельного активного напряжения сдвига в этом слое  $\tau_{ам}/p$  ( $p$  — давление от расчетной нагрузки). Порядок определения  $\tau_{ам}/p$  показан на номограммах стрелками. При этом в качестве модуля  $E_1$  принимают величину  $E_{ср}$ , определенную по формуле (XIII.4). Если рассчитывают на сдвиг грунт земляного полотна, то модуль упругости  $E_2$  должен быть равен модулю грунта  $E_{гр}$ . При расчете на сдвиг конструктивного слоя из слабосвязных материалов величину  $E_2$  принимают равной общему модулю  $E_{общ}'$  на поверхности данного слоя. Величину  $E'_{общ}$  определяют по рис. XIII.3.

Номограммой на рис. XIII.4 пользуются в том случае, когда рассчитываемый на сдвиг слой состоит из относительно связных материалов, которыми являются глинистые, суглинистые и супесчаные (кроме крупных) грунты, грунты, укрепленные жидкими вяжущими, гравийные и гравиеподобные материалы, шлаки. Для расчета несвязных материалов (песчаный грунт, песчаный слой и по-

добные им грунты и материалы) нужно пользоваться номограммой на рис. XIII.5.

Для повышения точности расчета в инструкции ВСН 46-72, помимо номограмм, приведенных на рис. XIII.4 и XIII.5, даны в увеличенном масштабе детали этих номограмм.

Численное значение  $\tau_{ав}$  находят по графику (рис. XIII.6) в зависимости от общей толщины слоев, лежащих над рассчитываемым слоем, и величины угла внутреннего трения  $\phi$  грунта или материала рассчитываемого слоя. Величину  $\tau_{ав}$  вводят в формулу (XIII.5) со знаком, полученным по графику на рис. XIII.6.

Коэффициент  $K'$  в формуле (XIII.5) состоит из ряда частных коэффициентов, которые характеризуют влияние на работу дорожной одежды различных факторов, не нашедших непосредственного отражения в расчетных зависимостях:

$$K' = K K_2 \frac{1}{K_{пр}}, \quad (XIII.6)$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий особенности работы материалов, рассчитываемых на сдвиг, и принимаемый для относительно связных грунтов и материалов (при пользовании номограммой на рис. XIII.4) равным 0,8, а для несвязных грунтов и материалов (номограмма на рис. XIII.5) — 0,45;  $K_2$  — коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды, который принимают при среднесуточной интенсивности движения расчетных автомобилей на полосу 60 единиц равным 1; 100 единиц — 0,95; 150 единиц — 0,90; 300 единиц — 0,85; 500 единиц — 0,8; 900 единиц — 0,75; 1600 единиц — 0,70; 3000 единиц — 0,65; 5000 единиц — 0,62 (промежуточные значения определяют интерполяцией);  $K_{пр}$  — коэффициент, зависящий от требований к эксплуатационным качествам одежды, равный для одежды с капитальными покрытиями I, для одежды с асфальтобетонными покрытиями III, IV марок — 0,95—0,85, для одежды с покрытиями из смесей с жидкими вяжущими и с поверхностной обработкой — 0,85—0,75 (меньшие значения при интенсивности движения до 100 расчетных автомобилей в сутки на полосу).

Если в процессе расчета неравенство (XIII.5) не удовлетворяется, следует увеличить толщину вышележащих конструктивных слоев или материалы этих слоев заменить материалами с более высоким модулем упругости.

### § XIII.8. РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ИЗ МОНОЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ

Условие прочности в данном случае выражается неравенством

$$\sigma_r \leq R_n, \quad (XIII.7)$$

где  $\sigma_r$  — наибольшее растягивающее напряжение в слое, кгс/см<sup>2</sup>;  $R_n$  — предельное допустимое растягивающее напряжение материала слоя, кгс/см<sup>2</sup> (см. табл. XIII.9).

На растяжении при изгибе рассчитывают монолитные слои из асфальтобетона, смесей с вязкими битумами и дегтями, из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими. Слои из крупнопористых материалов (фракционирован-

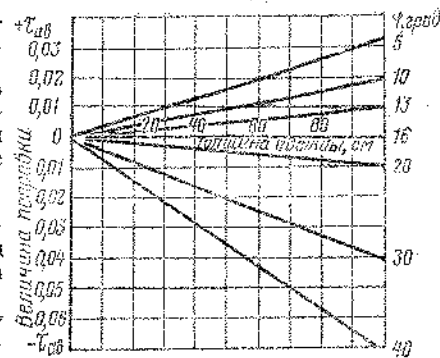


Рис. XIII.6. График для определения активных напряжений сдвига  $\tau_{ав}$  от собственного веса одежды, лежащей выше рассчитываемого слоя



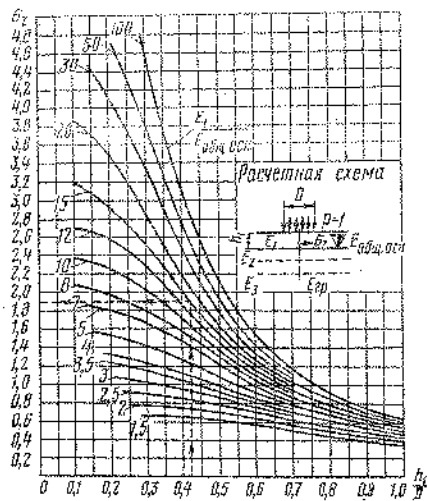


Рис. XIII.7. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе  $\sigma_r$  от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое

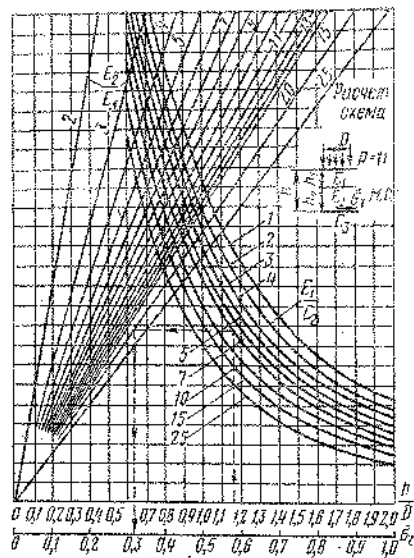


Рис. XIII.8. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе  $\sigma_r$  от единичной нагрузки в промежуточном монолитном слое:

$M. C.$  — монолитный слой

ного щебня, обработанного в смесителе битумом или дегтем, щебня, обработанного по способу пропитки и др.) и из смесей с жидкими органическими вяжущими по данному критерию не рассчитывают.

Расчет монолитных покрытий производят с помощью номограммы, приведенной на рис. XIII.7. Порядок расчета, показанный на рис. XIII.7 штриховой линией со стрелками, включает в себя:

- определение величины общего модуля упругости на поверхности основания  $E_{\text{общ. осн}}$  с помощью номограммы (см. рис. XIII.3);
- определение по номограмме (см. рис. XIII.7) при известных значениях

$h/D$  и  $\frac{E_i}{E_{\text{общ. осн}}}$  величины удельного растягивающего напряжения  $\bar{\sigma}_r$ ;

вычисление полного растягивающего напряжения

$$\sigma_r = 1,15 p \bar{\sigma}_r, \quad (\text{XIII.8})$$

где  $p$  — давление от расчетной нагрузки, кгс/см<sup>2</sup>; 1,15 — коэффициент динамичности.

Если  $\sigma_r > R_w$ , необходимо усиление дорожной одежды путем увеличения толщины монолитного покрытия  $h$ , или повышения жесткости основания  $E_{\text{общ. осн}}$ .

При двухслойном асфальтобетонном покрытии допускается рассчитывать на растяжение при изгибе только нижний, менее прочный слой.

В этом случае двухслойное покрытие по формуле (XIII.4) приводят к однослойному.

Промежуточные монолитные слои дорожной одежды рассчитывают по номограмме на рис. XIII.8. При этом многослойную конструкцию приводят к трехслойной, где средним является рассчитываемый слой.

В процессе расчета выполняют следующие операции: вычисляют по формуле (XIII.4) средний модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого монолитного слоя  $E_1$  (на рис. XIII.8); определяют общий модуль упругости слоев, подстилающих рассчитываемый монолитный слой  $E_3$  (на рис. XIII.8), используя для этого номограмму на рис. XIII.3;

по номограмме на рис. XIII.8 (см. штриховую линию) находят растягивающее напряжение  $\bar{\sigma}_r$  от единичной нагрузки в рассчитываемом слое и по формуле (XIII.8) вычисляют полное растягивающее напряжение  $\sigma_r$ .

При  $\sigma_r > R_w$  необходимо усилить дорожную одежду путем утолщения или повышения жесткости конструктивных слоев, в том числе и рассчитываемого слоя, либо этот слой запроектировать из материала, обладающего более высоким сопротивлением растяжению при изгибе в расчетный период.

### § XIII.6. ОСУШЕНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Если количество воды, поступающей в основание проезжей части в отдельные периоды, больше, чем может разместиться в порах нижних слоев одежды и подстилающем грунте без значительного снижения их сопротивления нагрузкам от движущихся автомобилей, необходимо предусматривать особые меры по осушению дорожной одежды путем устройства дренажных слоев.

Устройство дренажных слоев обычно необходимо: на участках с земляным полотном из слабофильтрующих грунтов во всех случаях, когда грунт может увлажняться до полной влагоемкости; при неглубоком залегании подземных вод на длительно подтапливаемых участках (ориентировочно в условиях очерченной рамкой в табл. XIII.7); в районах с большим количеством осадков на участках, где в основании проезжей части возможно скопление воды, проникающей с поверхности (участки с затяжными продольными уклонами при сравнительно легко водопроницаемых грунтах обочин, на вогнутых переломах продольного профиля, у прилегающих к проезжей части зеленых насаждений и газонов).

Для устройства дренажных слоев применяют песок, гравий, отсортированный шлак и другие фильтрующие местные материалы. Во всех случаях коэффициент фильтрации при максимальной плотности по методу стандартного уплотнения не должен быть меньше 1 м/сут. На участках, расположенных в выемках и в нулевых отметках, где возвышение низа дорожной одежды не удовлетворяет требованиям строительных норм и правил, а также в местах, где ожидается большое скопление воды (выгнутые переломы профиля и др.), не рекомендуется применять материалы с коэффициентом фильтрации менее 2 м/сут.

Во II и III дорожно-климатических зонах материалы дренажного слоя должны быть морозостойкими. Дренажный слой устраивают на всю ширину земляного полотна либо только на ширину проезжей части и укрепительных (краевых) полос. Во втором случае отвод воды обеспечивают укладкой продольных и поперечных трубчатых дрен. Способ водоотвода устанавливают в результате сравнения вариантов. Продольные и поперечные дрены могут быть устройством из перфорированных, асбоцементных, пластмассовых, бетонных и гончарных труб, а также трубофильтров, которые наиболее совершенны и не требуют фильтрующей обсыпки. Проектирование мероприятий по осушению дорожной одежды подробно изложено в инструкции ВСН 46-72.

Мероприятия по обеспечению морозостойкости дорожной одежды необходимы на дорогах, находящихся в неблагоприятных грунто-гидрологических и гидрологических условиях в районах сезонного промерзания.

Специальных мероприятий, обеспечивающих морозостойкость дорожной одежды, не требуется в следующих случаях: в районах с малой глубиной промерзания (IV и V дорожно-климатические зоны); на земляном полотне, сложенном на всю глубину промерзания неморозоопасными грунтами (пески, супеси легкие крупные и др.); при толщине одежды, необходимой по условиям

прочности и превышающей 2/3 глубины промерзания; на местности, отнесенной по условиям увлажнения к I типу, за исключением участков с капитальными покрытиями на земляном полотне из пылеватых супесчаных грунтов.

Основными мероприятиями, способствующими обеспечению требуемой морозостойкости являются: необходимое возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод; применение возможно менее морозопасных грунтов в земляном полотне и особенно его верхней части; устройство морозозащитных слоев из материалов, существенно не меняющих объема при промерзании в увлажненном состоянии; применение теплоизолирующих материалов, снижающих глубину промерзания. Целесообразность того или иного решения устанавливается на основании экономического сравнения вариантов.

Морозоустойчивость дорожной одежды обеспечена при условии

$$l_{нуч} + l_{м.з} \leq l_{доп}, \quad (XIII.9)$$

где  $l_{нуч}$  — ожидаемое (расчетное) пучение грунта земляного полотна;  $l_{м.з}$  — ожидаемое пучение материала морозозащитного слоя;  $l_{доп}$  — допускаемая величина зимнего вспучивания покрытия, принятая для цементобетонных покрытий 2 см, асфальтобетонных 4 см, усовершенствованных облегченных 6 см.

Общее требование к материалам для морозозащитных слоев состоит в отсутствии склонности к значительному льдонакоплению при промерзании в увлажненном состоянии (сохранение постоянного объема). Этому требованию обычно удовлетворяют материалы, содержащие более 75% частиц крупнее 0,10 мм, до 5% (по массе) частиц мельче 0,005 мм и имеющие коэффициент фильтрации при максимальной плотности по методу стандартного уплотнения не ниже 1 м/сут (щебень, шлаки, гравий, песок, легкие супеси). При использовании указанных материалов величина  $l_{м.з}$  в формулу (XIII.9) не вводится.

Расчет толщины дорожной одежды, обеспечивающей ее морозостойкость, и необходимые для этого параметры приведены в инструкции ВСН 46-72.

§ XIII.7. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ И МАТЕРИАЛОВ

Расчетные прочностные и деформационные характеристики грунтов, особенно связных, зависят от их влажности, плотности и структуры. В табл. XIII.7 приведены наиболее часто встречающиеся значения влажностей грунтов

в различных дорожно-климатических зонах и условиях увлажнения местности. Эти влажности соответствуют земляному полотну, отвечающему нормативно-техническим требованиям СНиП II-Д.5-72. Расчетные влажности (см. табл. XIII.7) даны для западных районов каждой дорожно-климатической зоны, а также республик Средней Азии; для районов, лежащих к востоку от рек Северная Двина и Волга, влажности могут быть снижены на 5—10%.

В табл. XIII.7 рамкой обведены влажности, соответствующие избыточному увлажнению, связанному с разуплотнением грунта при промерзании. Расчетные влажности приведены при толщине дорожной одежды около 50 см. Если одежда (стабильный слой) имеет большую толщину, влагонакопление в верхней части земляного полотна происходит менее интенсивно. В этих случаях расчетную влажность грунта определяют по номограмме (рис. XIII.9).

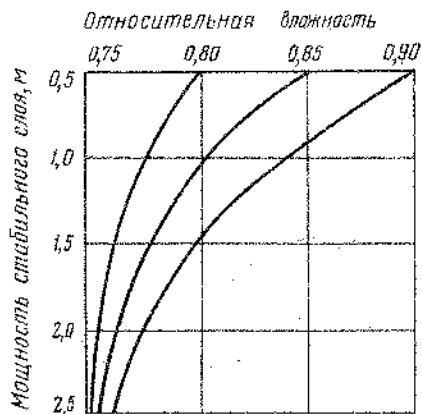


Рис. XIII.9. Номограмма для определения расчетной влажности грунта в зависимости от толщины стабильного слоя

Значения расчетных влажностей грунта

Дорожно-климатическая зона	Тип местности по условиям увлажнения	Расчетные влажности (в долях от границы текучести $W_T$ )		
		Супеси легкие пылеватые	Суглинки пылеватые, глина	Супеси пылеватые, суглинки пылеватые
II	1	0,70	0,75	0,80
	2	0,75	0,80	0,85
	3	0,80	0,85	0,90
III	1	0,65	0,70	0,75
	2	0,70	0,75	0,80
	3	0,70	0,75	0,80
IV	1	0,60	0,65	0,70
	2	0,65	0,70	0,75
	3	0,65	0,70	0,75
V	1	0,60	0,60	0,65
	2	0,60	0,65	0,70
	3	0,65	0,70	0,70

На участках насыпей, высота которых в 2 раза превышает требуемую по СНиП II-Д.5-72, расчетные влажности следует принимать как для 1-го типа по условиям увлажнения.

Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик связных грунтов даны в табл. XIII.8.

Расчетные характеристики песков и легких крупных супесей мало зависят от влажности в указанном выше интервале. Эти характеристики следует принимать:

- для песка крупного и гравелистого  $E=1300$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi=43^\circ$ ;
- для песка средней крупности  $E=1200$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi=40^\circ$ ;
- для песка мелкого  $E=1000$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi=38^\circ$ ;
- для песка пылеватого  $E=500$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi=36^\circ$ ;
- для супеси крупной  $E=600$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi=40^\circ$ .

Таблица XIII.8

Расчетные прочностные и деформационные характеристики грунтов

Грунты	Характеристика грунта	Расчетные характеристики грунта при относительной влажности (в долях от границы текучести $W_T$ )						
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Супеси легкие (непылеватые)	$E$ , кгс/см <sup>2</sup>	450	420	390	370	350	—	—
	$\varphi$ , град	35	35	34	34	33	—	—
	$c$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	—	—
Супеси пылеватые, суглинки и глины	$E$ , кгс/см <sup>2</sup>	600	420	340	280	240	210	200
	$\varphi$ , град	24	21	18	15	13	11	10
	$c$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,32	0,26	0,19	0,15	0,10	0,07	0,05

Расчетные характеристики материалов

Материал	Модуль упругости E, кгс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при растяжении R <sub>т</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу		Примечания
			φ, град.	c, кгс/см <sup>2</sup>	
Смеси асфальтобетонные, укладываемые в горячем и теплом состоянии: плотные (с минеральным порошком) марки I	18 000—15 000	18—20	—	—	Меньшие значения принимаются для смесей, укладываемых в теплом состоянии
то же, марки II	10 000—12 000	14—15	—	—	
пористые (без минерального порошка) марки III	8 000—9 000	10—12	—	—	То же, и при использовании гравия
марки IV	7 000—9 000	12—14	—	—	
холодный асфальтобетон марки I	5 000—6 000	8—9	—	—	Меньшие значения принимаются при использовании гравия
то же, марки II	6 000—7 000	9—10	—	—	
» (без минерального порошка)	4 000—5 000	6—7	—	—	То же
Щебень, обработанный вязким битумом или дегтем по способу пропитки: из каменных пород I—2-го класса	5 000—6 000	7—8	—	—	Меньшие значения принимаются при обработке гравийных смесей
то же, 3-го класса	4 000—5 000	6—7	—	—	
Щебеночные или гравийные смеси, обработанные жидким битумом или дегтем смешением на дороге	2 500—3 000	4—4,5	—	—	В зависимости от прочности материала и способа обработки: большие значения при смешении в установке, меньшие—при смешении на дороге
Малопрочные местные каменные материалы, в том числе отходы камнедробления, в смеси с песком или супесью, обработанные битумом или дегтем	2 000—3 500	2—3,5	—	—	
Щебеночные и гравийные материалы выбранного зернового состава из каменных пород не ниже 3-го класса, укрепленные портландцементом в количестве:					Меньшие значения принимаются при обработке гравийных материалов
6—7%	6 000—7 000	6—8	—	—	
4—5%	4 000—5 000	4—6	—	—	

Материал	Модуль упругости E, кгс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при растяжении R <sub>т</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу		Примечания
			φ, град.	c, кгс/см <sup>2</sup>	
Малопрочные местные каменные материалы, в том числе отходы камнедробления в смеси с песком или супесью, укрепленные портландцементом	3 000—4 500	3—4	—	—	Большее значения для шлаков устойчивой структуры
Металлургические шлаки I—4-го класса однородные по качеству с подобранным зерновым составом:					
активные	3 500—4 500	—	—	—	Большее значения для пород, обладающих высокой способностью цементроваться
малоактивные	2 000—3 000	—	—	—	
Гравийные смеси выбранного зернового состава, укрепленные добавками гранулированного шлака, в количестве 30%	3 000	1,5	—	—	
Щебень стандартных фракций, укладываемый по способу заливки:					
из каменных пород I—2-го класса	4 000—4 500	—	—	—	Большее значения для пород, обладающих высокой способностью цементроваться
то же, 3-го класса	3 500	—	—	—	
Щебень ридовой: из каменных пород I—2-го класса	3 000—3 500	—	—	—	
то же, 3-го класса	2 500	—	—	—	
» 4-го »	2 000	—	—	—	
Гравийные материалы в зависимости от зернового состава:					
зерен крупнее 2 мм, зерен мельче 0,5 мм более 85% до 3%	2 500—2 700	—	45	0,2—0,5	
» 70% » 7%	2 000—2 300	—	42	»	
» 60% » 10%	1 700—2 000	—	37	»	
» 50% » 12%	1 500—1 700	—	35	»	
Дресва изверженных и осадочных пород и мелкий ракушечник	800—1 000	—	30—40	0,05—0,1	
Грунты оптимального зернового состава, укрепленные портландцементом, в количестве:					
6%	2 000	1,5	—	—	
8%	3 000	2,5	—	—	
10%	4 000	3,5	—	—	

Материал	Модуль упругости E, кгс/см <sup>2</sup>	Предельное сопротивление растяжению при изгибе R <sub>n</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу		Примечания
			φ, град	c, кгс/см <sup>2</sup>	
Легкие супеси и разнородные портландцементом, в количестве:					
6%	1 800	1,5	—	—	—
8%	2 800	2,5	—	—	—
10%	3 500	3,0	—	—	—
Суглинки и пылеватые супеси, укрепленные портландцементом, в количестве:					
8%	2 000	2,0	—	—	—
10%	2 500	2,5	—	—	—
12%	2 800	3,0	—	—	—
Грунты оптимального зернового состава, обработанные органическим вяжущим, в количестве:					
6%	1 800	—	25	0,2—0,25	—
8%	2 500	—	35	0,3—0,35	—
Супесчаные грунты, обработанные органическим вяжущим, в количестве:					
8%	1 800	—	20	0,2—0,25	—
10%	2 800	—	30	0,25—0,30	—
Суглинистые грунты, обработанные органическим вяжущим, в количестве:					
10%	1 500	—	20	0,2—0,25	—
12%	1 800	—	25	—	—

Примечания. 1. Для асфальтобетонных смесей большие значения модулей соответствуют крупнозернистым смесям и более вязким битумам (большие значения сопротивлений растяжению при изгибе соответствуют более вязкому битуму). Марку битума назначают при проектировании состава асфальтобетона с учетом климатических условий, в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов и инструкций.

2. Для пористых битумо-минеральных смесей при использовании щебня, не содержащих зерен менее 5 мм, соответствующие значения модулей должны быть снижены на 10—15%.

3. Для щебня, обработанного органическим вяжущим по методу пропитки, большие значения модулей соответствуют битуму марки БНД-90/130.

4. Сопротивление растяжению при изгибе R<sub>n</sub> дано для средних условий движения (500 расчетных автомобилей в сутки группы А). При других условиях движения величину R<sub>n</sub> нужно умножать на коэффициент по табл. XIII.10.

5. Для грунтов, обработанных органическим вяжущим, а также необработанных каменных материалов, меньшие значения модулей соответствуют II дорожно-климатической зоне, больше — IV и V. Для III зоны следует принимать промежуточные значения.

6. При обработке грунтов органическими вяжущими или цементом с применением однопроходной грунтосмесительной машины или стационарной установки модули упругости материалов могут быть повышены на 20—25%.

Исправочные коэффициенты к численным значениям сопротивления материалов при изгибе R<sub>n</sub> при разных интенсивностях движения

Интенсивность движения, приведенная к расчетному автомобилю	Исправочные коэффициенты	Интенсивность движения, приведенная к расчетному автомобилю	Исправочные коэффициенты
50 и более	1,5	500	1,0
100	1,3	1000	0,9
200	1,2	2000	0,75

Примечание. Промежуточные значения интенсивности движения следует определять интерполяцией.

Величина сцепления с в песчаном грунте и легкой крупной супеси зависит от наличия в них цементирующих веществ и принимается равной 0,05—0,08 кгс/см<sup>2</sup>, а при полном водонасыщении — равной нулю. Если в супесчаных и суглинистых грунтах содержатся средние и крупные песчаные фракции, значение φ может достигать 30° и более и уточняется испытанием образцов.

Расчетные характеристики материалов, применяемых в конструктивных слоях дорожных одежд, даны в Инструкции ВСН 46-72. В табл. XIII.9 приведены численные значения этих характеристик, несколько уточненные в процессе исследований, проведенных МАДИ и Гипродорнии, и опубликованные в Методических указаниях по оценке прочности и расчету усиления жестких дорожных одежд, одобренных Главным производственно-техническим управлением Минавтодора РСФСР (изд. Гипродорнии, 1974).

В «Методических рекомендациях по конструированию и расчету жестких дорожных одежд применительно к ВСН 46-72 для условий УССР» (Минавтодор УССР, 1977) даны уточненные значения модулей упругости и сопротивлений растяжению при изгибе ряда материалов для территории Украины. Эти расчетные характеристики, особенно асфальтобетона, в большей степени учитывают особенности кратковременного действия нагрузки от движущихся автомобилей.

Модули упругости асфальтобетона и его предельные сопротивления растяжению при изгибе даны в табл. XIII.9 для средней температуры воздуха в расчетный период равной +10°C. При более высоких температурах указанные показатели должны быть снижены (см. ВСН 46-72).

XIII.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ОДЕЖД НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОРОГАХ

Обоснованное решение задачи усиления существующей дорожной одежды может быть принято только при наличии надежных данных о фактической прочности этой одежды. Такие данные могут быть получены в результате испытаний существующей дорожной одежды нагружением колесом расчетного автомобиля и измерения упругой деформации рычажными прогибомером (рис. XIII.10). Расчет усиления дорожных одежд и методика указанных испытаний изложена в Инструкции ВСН 46-72 и более подробно с учетом последних исследований в «Методических указаниях по оценке прочности и расчету усиления жестких дорожных одежд» (изд. Гипродорнии, 1974).

Испытания дорожных одежд следует проводить в период их наибольшего ослабления (весной, в южных районах зимой). До начала испытаний необходимо выполнить подготовительные работы, включающие систематизацию и анализ документальных данных и визуальное обследование дорожной одежды. Обследуемая дорога должна быть разделена на характерные участки, отличающиеся конструкцией дорожной одежды, грунтом земляного полотна, типом местности по условиям увлажнения, качеством материалов конструктивных слоев и тех-

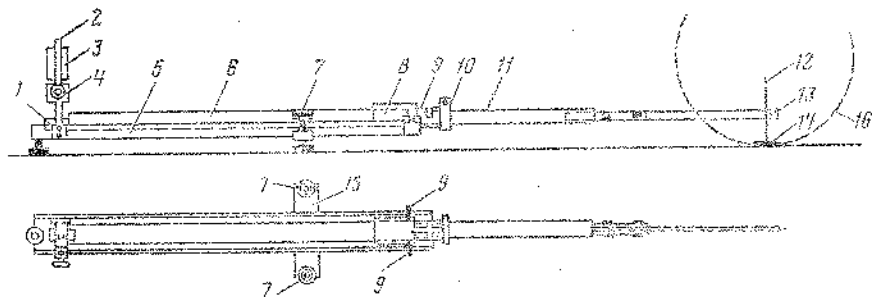


Рис. XIII.10. Схема рычажного прогибомера;

1 — пробка заднего плеча рычага; 2 — стойка для индикатора; 3 — индикатор; 4 — держатель индикатора; 5 — шасселер; 6 — заднее плечо рычага; 7 — подземный винт; 8 — муфта; 9 — опорные винты; 10 — стяжной болт; 11 — переднее плечо рычага; 12 — измерительный стержень; 13 — винт-держатель; 14 — подпятник; 15 — элемент опоры; 16 — заднее колесо автомобиля

пологий их постройки, состоянием покрытия и всей дорожной одежды, интенсивности движения. На каждом характерном участке в наиболее непрочном по внешнему виду месте (трещины, просадки и т. п.) на крайней полосе наката (1—1,5 м от внешней кромки проезжей части) назначают контрольные точки, которые закрепляют на покрытии несмываемой краской и дополнительно привязывают к окружающим предметам.

Оценку прочности нужно начинать с испытаний на контрольных точках с момента оттаивания нижних слоев основания. На каждой точке ежедневно рекомендуется проводить два испытания. Испытания на всем протяжении дороги (линейное испытание) следует вести с момента, когда станет заметна общая тенденция к снижению прочности (возрастание измеренных вертикальных деформаций) на контрольных точках.

Линейные испытания проводят также по внешней полосе наката, где дорожная одежда работает в наиболее сложных условиях. Для получения достаточно надежных данных о прочности дорожной одежды точки испытаний должныстоять одна от другой на 50 м. Одновременно с линейными испытаниями продолжают испытания на контрольных точках.

В «Методических указаниях по оценке прочности и расчету усиления жестких дорожных одежд» приведена уточненная последовательность испытаний, позволяющая устранить ошибку, возникающую в ряде случаев при попадании прогибомера своими опорами в чашу прогиба дорожной одежды. Кроме того, дана методика обработки результатов испытаний, позволяющая привести прогибы, измеренные в различные дни, ко дню, когда дорожная одежда была ослаблена в наибольшей степени. Для этого используются результаты испытаний в контрольных точках.

Фактический модуль упругости дорожной одежды  $E_{обш}$  вычисляют по формуле

$$E_{обш} = \frac{pD(1-\mu^2)}{I_n} \quad (\text{XIII.10})$$

где  $p$ ,  $D$  и  $\mu$  — то же, что и в формуле (XIII.2);  $I_n$  — измеренный упругий прогиб, приведенный ко дню наибольшего ослабления одежды с учетом поправок на влияние чаши прогиба.

Диаметр круга  $D$ , равновеликого площади контакта колеса автомобиля, может быть вычислен следующим образом:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p}} \quad (\text{XIII.11})$$

где  $Q$  — нагрузка на колесо.

Испытания существующей дорожной одежды можно выполнять также с помощью передвижного пресса (подробнее см. ВСН 46-72). Однако производительность в данном случае в несколько раз ниже, чем при нагружении колесом автомобиля.

Определенное применение для испытаний находят также установки динамического нагружения, в которых кратковременное усилие, близкое к воздействию колеса движущегося автомобиля, создается в результате сбрасывания груза массой около 100 кг с высоты около 1 м на стальную пружину, опирающуюся на жесткий штамп диаметром  $D$ . Для измерений кратковременных деформаций служат виброграф ВР-1М (ВР-1) или специальные датчики. Производительность данного метода близка к производительности испытаний при нагружении колесом автомобиля. Но тяжелый груженный автомобиль в этом случае не требуется, что является существенным преимуществом.

Следует иметь в виду, что динамические модули упругости, вычисляемые так же, как и статические, по формуле (XIII.10) отличаются от них по величине. Поэтому для расчета усиления по статическим модулям, приведенным в табл. XIII.9, нужно применять переводные коэффициенты либо применять в расчете усиления динамические модули (требуемые модули и модули материалов у конструктивных слоев).

Расчет толщины слоев усиления во всех случаях ведут с использованием номограммы (см. рис. XIII.3). Толщина слоя усиления должна быть такой, чтобы общий модуль упругости на поверхности этого слоя был равен требуемому модулю.

При назначении требуемого модуля упругости  $E_{тр}$  возможны следующие случаи:

1) дорожная одежда прослужила свой нормативный срок. Величину  $E_{тр}$  назначают на новый нормативный срок аналогично вновь проектируемой одежде по табл. XIII.4 или специальным графикам;

2) дорожная одежда по тем или иным причинам начала разрушаться, не прослужив нормативного срока, но после усиления должна работать полный нормативный срок. Величину  $E_{тр}$  устанавливают аналогично пункту 1;

3) дорожная одежда не прослужила нормативный срок, и слой усиления должен обеспечить работу одежды только до окончания срока службы существующего покрытия. В этом случае для назначения нужно пользоваться специальной номограммой, которая приведена в «Методических указаниях по оценке прочности и расчету усиления жестких дорожных одежд» (Гипроддорнии, 1974).

Общая толщина дорожной одежды после ее усиления должна также отвечать требованиям морозостойчивости (см. § XIII.6), иметь достаточную прочность по сдвигу (см. § XIII.4), а слой усиления из монолитных материалов должны обладать необходимой прочностью на растяжение при изгибе (см. § XIII.5).

#### § XIII.6. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Жесткая дорожная одежда (рис. XIII.11) конструктивно отличается от дорожной одежды нежесткого типа тем, что по крайней мере один из ее конструктивных слоев (покрытие или основание) обладает высоким и стабильным (не зависящим от изменения температуры) сопротивлением изгибу, а также значительной изгибной жесткостью. Эта жесткость обуславливается прежде всего большей величиной модуля упругости  $E_k$  материала жесткого слоя — дорожного цементного бетона, достигающего 190 000—380 000 кгс/см<sup>2</sup> в зависимости от его марки по растяжению при изгибе (табл. XIII.11). Высокое значение модуля упругости цементобетона приводит к необходимости разделения жесткого покрытия или основания на отдельные плиты посредством продольных и поперечных температурных швов, устраиваемых для уменьшения напряжений, возникающих в цементобетоне при изменении его температуры (рис. XIII.12, XIII.13).

Конструктивно различают следующие разновидности жестких дорожных одежд: по технологии устройства — с монолитным или сборным жестким слоем;

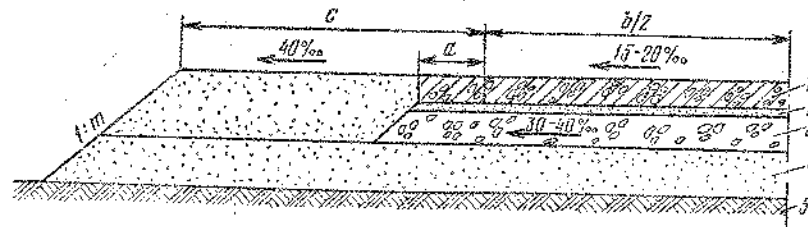


Рис. XIII.11. Поперечный профиль жесткой дорожной одежды с монолитным цементобетонным покрытием:

1 — монолитное цементобетонное покрытие; 2 — выравнивающий слой (песок, обработанный битумом); 3 — основание (щебень, гравий или грунт, укрепленный вяжущим); 4 — дополнительный слой основания (песок, гравий, гравийно-песчаная смесь); 5 — грунт; а — ширина укрепительной полосы; с — ширина обочины

Таблица XIII.11

Пределы прочности при сжатии и модули упругости дорожного бетона

Проектная марка бетона на растяжение при изгибе $R_{рв}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Модуль упругости бетона $E_b \cdot 10^3$ , кгс/см <sup>2</sup>	Проектная марка бетона на растяжение при изгибе $R_{рв}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Модуль упругости бетона $E_b \cdot 10^3$ , кгс/см <sup>2</sup>
20	100	1,9	40	300	3,15
25	150	2,3	45	350	3,3
30	200	2,65	50	400	3,5
35	250	2,9	55	500	3,8

по типу применяемого для жесткого слоя материала — с цементобетонным неармированным покрытием (основанием) (см. рис. XIII.11); с цементобетонным покрытием (основанием), армированным ненапрягаемой арматурой — непрерывно армированным или в сборном варианте железобетонным (рис. XIII.14 и XIII.15); с предварительно напряженным покрытием или основанием — безар-

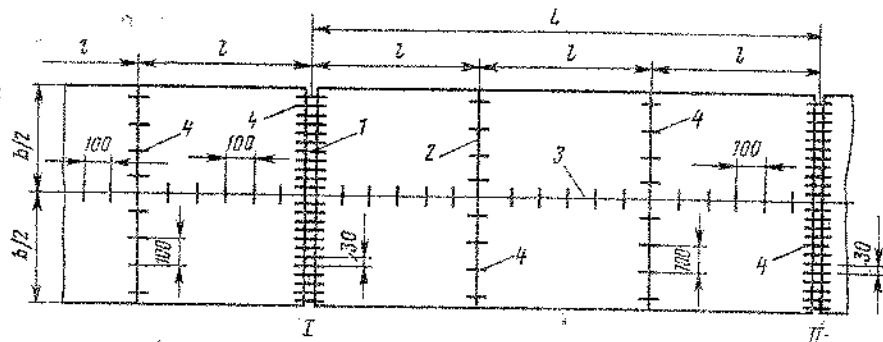


Рис. XIII.12. Схема расположения швов цементобетонного покрытия:  
1 — шов расширения; 2 — шов сжатия; 3 — продольный шов; 4 — штыри

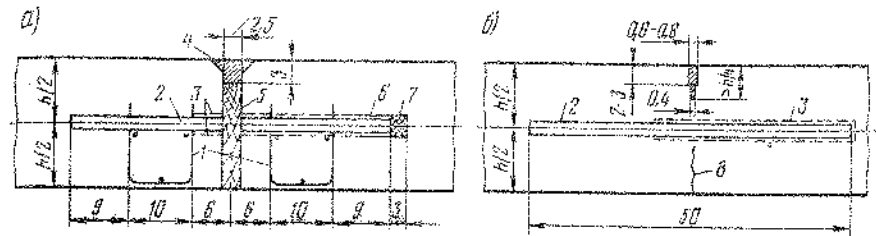


Рис. XIII.13. Конструкция поперечных швов:

а — расширение; б — сжатия;  
1 — каркас-корзинка; 2 — штыри; 3 — обмазка битумом; 4 — мастика; 5 — деревянная прокладка; 6 — колпачок длиной 8 см; 7 — зазор в колпачке, заволашеванный опилками или войлоком; 8 — трещина

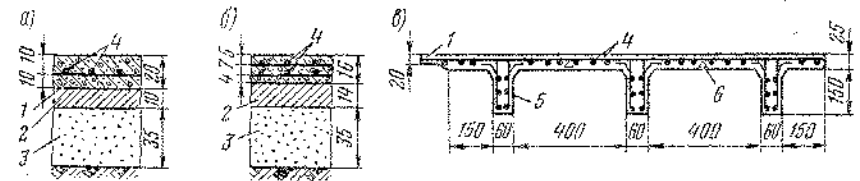


Рис. XIII.14. Конструкция непрерывно армированного покрытия:

а — с армированием в одном уровне; б — с армированием в двух уровнях; в — поперечный траншейный анкер, устраиваемый на конечных участках покрытия;  
1 — бетонная плита покрытия; 2 — основание из песка, уплотненного цементом; 3 — песок; 4 — арматурная сетка; 5 — бетонные шпory; 6 — подкладки под арматурные сетки

матурно обжатым или армированным предварительно напряженной арматурой (рис. XIII.16).

Наиболее значительные напряжения возникают в жестких конструктивных слоях дорожных одежд от действия движущейся автомобильной нагрузки, а также от изменения температуры, влажности цементобетона, от изменения механических свойств подстилающих конструктивных слоев (изменение деформативности грунта земляного полотна и материала дополнительного слоя основания при сезонном изменении их влажности, промерзании и оттаивании).

Таблица XIII.12

Рекомендуемые проектные марки дорожного бетона

Покрытие или основание	Рекомендуемые марки бетона на растяжение при изгибе $R_{рв}$ , кгс/см <sup>2</sup> , для дорог категорий	
	I и II	III
Покрытие: однослойное или верхний слой двухслойного	50	45
	40	35
нижний слой двухслойного	35—30	25—20
Основание усовершенствованных покрытий		

Вследствие большой изгибной жесткости жесткие конструктивные слои распределяют вертикальную нагрузку на большую площадь основания, чем нежесткие. Реактивные давления (отпор основания), возникающие под центральной зоной плиты жесткого покрытия, в несколько раз (в 4—5 раз) меньше, чем под нежестким покрытием. При этом допустимые вертикальные упругие перемещения для жестких дорожных одежд с конструктивными слоями из неармированного монолитного цементобетона в 3—4 раза меньше соответствующих перемещений для нежестких одежд. Средняя прочность основания оказывает сравнительно небольшое влияние на величину растягивающих напряжений, возникающих при изгибе жесткого слоя под действием автомобильной нагрузки. В то же время прочность жесткой дорожной одежды существенным образом зависит от степени неоднородности прочностных свойств и возможности образования остаточных деформаций грунта земляного полотна и дополнительного слоя основания.

Для повышения стабильности свойств, устранения или уменьшения остаточных деформаций верхние слои основания под жесткое покрытие следует устраивать из щебня, гравия и других прочных материалов, обработанных вяжущими.

Жесткие дорожные одежды предназначены преимущественно для дорог с интенсивным движением, в составе которого значительный процент составляют тяжелые автомобили.

Рекомендуемые проектные марки дорожного бетона для однослойных и двухслойных покрытий и оснований дорог I—III категорий приведены в табл. XIII.12.

### § XIII.10. РАСЧЕТ МОНОЛИТНЫХ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ

Жесткая дорожная одежда считается прочной, если в течение срока ее службы она сохраняет свою сплошность и ровность. Для обеспечения этих требований необходимо выполнить следующие условия:

в течение всего срока службы многократно возникающее в жестком покрытии (или основании) напряжение растяжения при изгибе не должно превышать

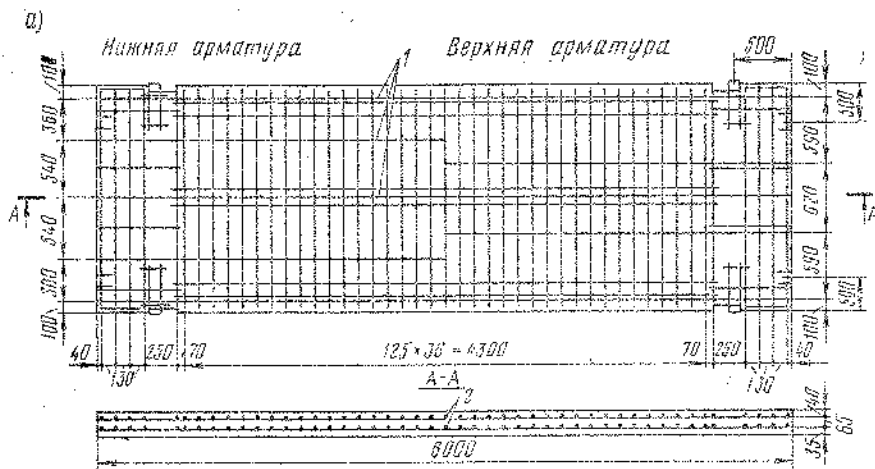


Рис. XIII.15. Конструкция плит сборных покрытий:

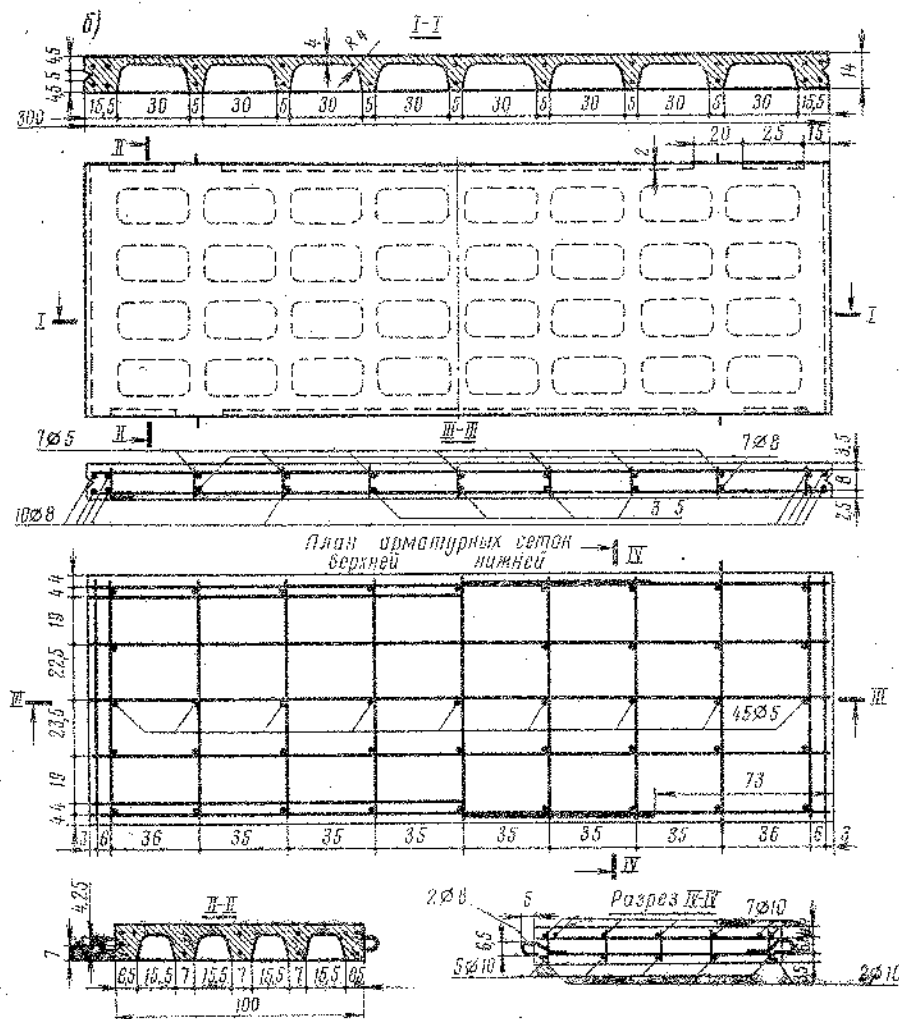
а — предварительно напряженной плиты (ПДГ-2-6с); б — железобетонной сетчатой плиты для временных дорог;

1 — продольная предварительно напряженная арматура диаметром 12 мм; 2 — поперечная арматура в виде сварных сеток

прочности бетона на растяжение при изгибе (первое условие прочности). При этом расчет следует вести на конец срока службы покрытия. Исходя из этого условия можно определить необходимую толщину жесткого покрытия (основания);

наибольшие активные напряжения сдвига в дополнительном слое основания и в грунте земляного полотна не должны превышать сопротивления соответствующего материала или грунта сдвигу. Исходя из этого условия можно определить необходимую толщину упрочненного основания под цементобетонное покрытие. Предельное равновесие по сдвигу можно также обеспечить при условии, что многократно возникающее наибольшее реактивное давление под плитой не превосходит расчетного критического сжимающего напряжения, при котором отсутствуют зоны сдвигов;

возникающий в расчетный период упругий прогиб покрытия под колесом расчетного автомобиля не должен превышать допустимой величины, назначаемой



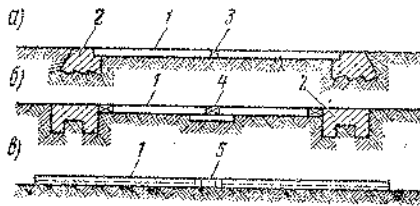


Рис. XIII.16. Системы предварительно напряженных покрытий:

а — неподвижная с внешним обжатием; б — подвижная с внешним обжатием; в — подвижная с внутренним обжатием;  
1 — покрытие; 2 — концевой упор; 3 — силовой шов; 4 — упругий силовой шов; 5 — анкерная плита

со штыревыми соединениями в швах сжатия и расширения ограничиваются расчетом на наибольшие положительные изгибающие моменты, которые по абсолютной величине существенно больше отрицательных.

Расчетные нагрузки для жестких дорожных одежд принимаются те же, что и для расчета нежестких дорожных одежд (см. табл. XIII.2). Расчетные модули упругости материалов основания и грунтов земляного полотна рекомендуется принимать те же, что и для расчета нежестких дорожных одежд (см. табл. XIII.8, XIII.9).

Для определения изгибающих моментов в середине плиты (рис. XIII.17), равномерно нагруженной по площади круга радиуса  $R$ , используется решение О. Я. Шехтер:

$$M = M_{\text{рад}} = M_{\text{танг}} = P(1 + \mu_0) \bar{U}(R/L); \quad (\text{XIII.12})$$

$$P = p\pi R^2; \quad (\text{XIII.13})$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{2D(1 - \mu_{30}^2)}{E_{30}}}; \quad (\text{XIII.14})$$

$$D = \frac{E_6 h^3}{12(1 - \mu_6^2)}; \quad (\text{XIII.15})$$

где  $M_{\text{рад}}$  — погонный радиальный изгибающий момент (на единицу ширины сечения), кгс;  $M_{\text{танг}}$  — погонный тангенциальный (кольцевой) изгибающий момент, кгс;  $P$  — общая нагрузка на площадку (нагрузка на колесо расчетного автомобиля), кгс;  $p$  — равномерно распределенная нагрузка на площадку, кгс/см<sup>2</sup>;  $R$  — радиус круга, равновеликого по площади отпечатку колеса расчетного автомобиля, см;  $\mu_0$  — коэффициент Пуассона цементобетона ( $\mu_0 = 0,2$ );  $\bar{U}(R/L)$  — табулированная безразмерная функция приведенного радиуса нагружения  $R/L$  (табл. XIII.13);  $L$  — упругая характеристика плиты, см;  $D$  — цилиндрическая жесткость плиты кгс·см;  $E_{30}$  — эквивалентный модуль упругости на поверхности основания, кгс/см<sup>2</sup>;  $\mu_{30}$  — эквивалентный коэффициент Пуассона основания;  $E_6$  — модуль упругости цементобетона, кгс/см<sup>2</sup>;  $h$  — толщина плиты, см.

Для практических расчетов более удобна формула, предложенная Горбуновым-Посадовым, дающая те же результаты, что и формула (XIII.12), и имеющая вид

$$M = P(0,0592 - 0,09284 \ln R/L); \quad (\text{XIII.16})$$

мой в зависимости от суммарного размера движения. Исходя из этого условия можно определить требуемую общую прочность (эквивалентную жесткость) слоев основания и земляного полотна жесткой дорожной одежды.

Одной из основных расчетных зон жесткого покрытия является зона полосы наката вблизи середины внешнего продольного края плиты, в которой возникают наибольшие положительные изгибающие моменты от нагрузки. При расположении нагрузки на полосу наката в непосредственной близости от поперечного шва в плите возникают наибольшие по абсолютной величине отрицательные изгибающие моменты. При расчете монолитных цементобетонных покрытий на упрочненных основаниях

Формула (XIII.16) справедлива для изгибающего момента в центре плиты по гипотезе упругого полупространства. Величина изгибающих моментов по этой формуле на 10—15% больше, чем по гипотезе упругого слоя конечной мощности, физически наиболее оправданной. Формула (XIII.16) рекомендуется для определения толщины плиты жесткого покрытия (основания) без введения поправок с учетом того, что при расположении колеса в расчетной зоне на полосу наката вблизи края изгибающий момент также на 10—15% больше, чем при расположении колеса автомобиля в центре плиты.

Величину изгибающего момента от действия сосредоточенной силы в других точках плиты можно определить по следующей формуле

$$M = \bar{M}P, \quad (\text{XIII.17})$$

где  $\bar{M}$  — безразмерная величина изгибающего момента, определяемая по табл. XIII.14 в зависимости от приведенных координат рассматриваемой точки ( $\eta$  и  $\xi$ ), вычисляемых по формулам:

$$\eta = \frac{x}{L}; \quad \xi = \frac{y}{L}. \quad (\text{XIII.18})$$

здесь  $x$  и  $y$  — действительные координаты точки при расположении начала координат в центре приложения нагрузки.

С помощью табл. XIII.14 можно определить изгибающие моменты по двум взаимно ортогональным направлениям  $M_x$  и  $M_y$ . При этом для определения  $M_y$  вход по строкам табл. XIII.14 вместо координаты  $\eta$  производится по координате  $\xi$  и соответственно вход по столбцам вместо координаты  $\xi$  производится по координате  $\eta$ . Формула XIII.17 может быть использована для определения изгибающего момента от нагрузки, передаваемой смежными колесами автомобиля.

Влияние динамичности действия нагрузки при ровном покрытии следует учитывать введением в расчет динамических модулей упругости грунтов и других материалов, определенных с учетом кратковременного действия нагрузки. В связи с тем, что ровность покрытия в течение срока его службы постепенно снижается, а динамические модули обычно больше статических, в запас прочности в расчет вводятся статические модули упругости грунтов и других материалов (см. § XIII.7).

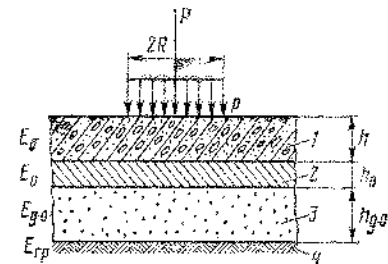


Рис. XIII.17. Расчетная схема жесткой дорожной одежды:

1 — цементобетонное покрытие; 2 — слой основания; 3 — дополнительный слой основания; 4 — грунт земляного полотна.

Значения  $\bar{U}(R/L)$

$(R/L)$	$\bar{U}(R/L)$	$R/L$	$\bar{U}(R/L)$
0	$\infty$	0,30	0,077
0,005	0,214	0,40	0,056
0,10	0,159	0,50	0,031
0,20	0,106		



Таблица XIII.14

Безразмерная величина  $\bar{M}_x$  ( $\bar{M}_y$ )

$\alpha(\%)$	Значения $\bar{M}_x$ ( $\bar{M}_y$ ) при $\varepsilon(\%)$										
	0,0	0,2	0,4	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,0	∞	0,129	0,068	0,036	0,016	0,004	-0,005	-0,011	-0,014	-0,015	-0,017
0,2	0,194	0,133	0,072	0,039	0,018	0,005	-0,003	-0,010	-0,013	-0,014	-0,017
0,4	0,132	0,110	0,071	0,042	0,021	0,006	-0,002	-0,008	-0,011	-0,013	-0,015
0,6	0,096	0,087	0,063	0,042	0,023	0,009	0,001	-0,005	-0,009	-0,012	-0,013
0,8	0,074	0,068	0,054	0,039	0,023	0,011	0,002	-0,004	-0,007	-0,010	-0,012
1,0	0,057	0,054	0,044	0,034	0,022	0,012	0,004	-0,001	-0,005	-0,008	-0,011
1,2	0,045	0,042	0,037	0,029	0,020	0,011	0,006	0,000	-0,004	-0,007	-0,009
1,4	0,035	0,034	0,030	0,023	0,017	0,011	0,006	0,001	-0,003	-0,006	-0,007
1,6	0,028	0,027	0,024	0,020	0,015	0,010	0,005	0,002	-0,002	-0,004	-0,006
1,8	0,022	0,021	0,019	0,017	0,013	0,008	0,005	0,002	-0,001	-0,002	-0,004
2,0	0,018	0,018	0,015	0,014	0,011	0,007	0,004	0,003	0,000	-0,002	-0,003

Кроме автомобильной нагрузки, значительные напряжения в жестких покрытиях вызывает изменение температуры. Вследствие трения плиты по основанию, препятствующего ее укорочению, в ней возникают растягивающие напряжения, однако для плит длиной 5—6 м их величина незначительна. Более значительными являются напряжения от ограничения температурного коробления плиты, возникающего вследствие неравномерного изменения температуры по толщине покрытия. Эти напряжения учитывают с помощью коэффициента условной работы бетона, назначаемого в зависимости от дорожно-климатической зоны и толщины плиты.

Формула для определения толщины цементобетонного покрытия имеет вид

$$h = \sqrt{\frac{M}{K_6 K_\alpha K_0 K_\gamma R_{\text{пр}}}}, \quad (\text{XIII.19})$$

где  $M$  — погонный изгибающий момент, кгс, определяемый по формуле (XIII.12);  $K_6$  — коэффициент условий работы цементобетона в дорожном покрытии, учитывающий температурные напряжения и влияние сезонов года, а также возникновение зазоров между периферийной частью плиты и основанием вследствие температурного коробления; значения коэффициента  $K_6$  приведены в табл. XIII.15;  $K_\alpha$  — коэффициент, учитывающий рост прочности бетона во времени, для бетона в возрасте конца срока службы  $K_\alpha = 1,25$ ;  $K_0$  — коэффициент неоднородности бетона по прочности на растяжение при изгибе; для средних условий при соблюдении технологического контроля однородности дорожного бетона величина  $K_0 = 0,80$ ;  $K_\gamma$  —

Таблица XIII.15

Коэффициент  $K_6$ 

Толщина плиты $h$ , см	Значения $K_6$ в дорожно-климатических зонах	
	II	V
20	0,84	0,80
22	0,76	0,73
24	0,67	0,65

коэффициент, учитывающий влияние усталости бетона при повторном нагружении, определяемый в зависимости от суммарного размера движения  $N$  за срок службы покрытия; при  $N \leq 10^8$  характеристике цикла напряжений  $\rho = 0,1$  и влажности бетона, равной 0,8 от полного водонасыщения бетона,

$$K_\gamma = 1,08 (N)^{-0,063}, \quad (\text{XIII.20})$$

Характеристика цикла напряжений  $\rho$  равна отношению наименьшего и наибольшего напряжений цикла

$$\rho = \frac{\sigma_{\text{min}}}{\sigma_{\text{max}}}, \quad (\text{XIII.21})$$

Число циклов  $N$  нагружения за срок службы покрытия определяется по выражению

$$N = n \frac{q^T - 1}{q - 1} \Sigma N_p, \quad (\text{XIII.22})$$

где  $n$  — число суток в году, когда осуществляется движение автомобилей заданного состава и с заданной интенсивностью; обычно принимается  $n = 365$ ;  $q$  — знаменатель геометрической прогрессии, описывающей рост интенсивности движения от года к году; для внегородских дорог его величина колеблется в пределах от 1,05 до 1,15;  $T$  — срок службы покрытия в годах (число лет до капитального ремонта); в соответствии с нормами для цементобетонных покрытий  $T = 30$  лет;  $\Sigma N_p$  — общая суточная интенсивность движения автомобилей разного веса в одном направлении и на одну полосу, приведенная к расчетному автомобилю, авт/сут. Значение  $\Sigma N_p$  определяется следующим образом:

$$\Sigma N_p = \Sigma K_i N_i; \quad (\text{XIII.23})$$

$$K_i = \left(\frac{P_i}{P}\right)^{4,61}, \quad (\text{XIII.24})$$

где  $N_i$  — число проходов автомобиля определенного веса, авт/сут;  $K_i$  — коэффициент перехода от автомобиля определенного веса к расчетному автомобилю;  $P$  — нагрузка на колесо расчетного автомобиля, кгс;  $P_i$  — нагрузка на колесо автомобиля определенного веса, кгс.

Входящие в формулу (XIII.14) эквивалентные модуль упругости и коэффициент Пуассона основания рекомендуется определять следующим образом. Эквивалентный коэффициент Пуассона в общем случае следует определять как средневзвешенное его значение для всех слоев, лежащих ниже покрытия. Учитывая, что наибольшую роль в общей упругой деформации жесткой дорожной одежды играет упругая деформация сжатия грунта земляного полотна, а коэффициенты Пуассона грунтов и дорожно-строительных материалов меняются в узких пределах, эквивалентный коэффициент Пуассона основания можно приближенно принимать равным коэффициенту Пуассона грунта земляного полотна.

Эквивалентный модуль упругости на поверхности основания определяют последовательно по парам слоев сверху вниз с помощью номограммы, построенной по решению Б. И. Когана (см. рис. XIII.3), аналогично расчету нежестких дорожных одежд, но при расчетном диаметре на поверхности основания, учитывающем распределяющую способность цементобетонной плиты вблизи ее края и равном

$$D_{\text{осн}} = D_0 + h, \quad (\text{XIII.25})$$

где  $D_0 = 2R$  — диаметр круга, равновеликого по площади отпечатку колеса расчетного автомобиля, см;  $h$  — толщина плиты, см, первоначально назначаемая ориентировочно и затем уточняемая расчетом.

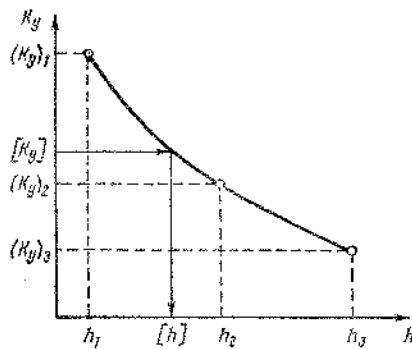


Рис. XIII.18. Вспомогательный график для определения толщины плиты

Для облегчения подбора толщины плиты по уравнению (XIII.19) целесообразно применить следующий прием. Задав три значения толщины плиты  $h_i$ , где  $i=1, 2, 3$ , по формуле

$$(K_y)_i = \frac{M_i}{(h_i)^2 K_b K_s R_{pH}} \quad (\text{XIII.26})$$

определяют соответствующие этим значениям величины  $(K_y)_i$ . По полученным значениям  $(K_y)_i$  строят график зависимости  $(K_y)_i = f(h_i)$ , с помощью которого графически определяют искомую толщину плиты  $h$ , соответствующую расчетному значению  $[K_y]$  и расчетному суммарному размеру движения  $N$  (рис. XIII.18).

В случае расчета цементобетонного основания под асфальтобетонное покрытие необходимо предварительно по формуле (XIII.19) определить толщину плиты, эквивалентную по жесткости асфальтобетонному покрытию и цементобетонному основанию.

формуле (XIII.19) определить толщину

$$h_{\text{эKB}} = h_{\text{п.б}} + h_{\text{а.б}} \sqrt[3]{\frac{E_{\text{а.б}}}{E_{\text{ц.б}}}} \quad (\text{XIII.27})$$

а затем, задавшись толщиной асфальтобетонного покрытия, из формулы (XIII.27) определить толщину цементобетонного основания. В формуле (XIII.27):  $h_{\text{п.б}}$  и  $h_{\text{а.б}}$ ;  $E_{\text{а.б}}$  и  $E_{\text{ц.б}}$  — толщины слоев и модули упругости соответственно цементобетона и асфальтобетона.

Толщину предварительно напряженных дорожных покрытий определяют по формуле

$$h = \sqrt{\frac{M}{K_b K_s K_y + \sigma_{\text{пр}} - \sigma_N}} \quad (\text{XIII.28})$$

где  $\sigma_{\text{пр}}$  — предварительное сжимающее напряжение в бетоне, кгс/см<sup>2</sup>, с учетом всех возможных потерь;  $\sigma_{\text{тр}}$  — растягивающее напряжение от трения плиты по основанию, кгс/см<sup>2</sup>;

Величину  $\sigma_{\text{пр}}$  определяют по формуле:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sigma_p + \sigma_{\text{тр}} - \sigma_N \quad (\text{XIII.29})$$

$$\text{где } \sigma_p = \frac{6M}{h^2} \quad (\text{XIII.30})$$

$$\sigma_{\text{тр}} = \frac{\gamma f L_{\text{п}}}{2} \quad (\text{XIII.31})$$

$\sigma_N$  — поправка, кгс/см<sup>2</sup>, назначаемая в зависимости от суммарного размера движения  $N$  по данным табл. XIII.16;  $\gamma$  — объемная масса бетона, кг/см<sup>3</sup>;  $f$  — коэффициент трения плиты по основанию; для песчаного основания  $f=1,0-1,2$ ;  $L_{\text{п}}$  — длина плиты, см.

Данные табл. XIII.16 относятся к бетону марки  $R_{\text{pH}}=50$  кгс/см<sup>2</sup> и к плитам длиной  $L_{\text{п}}=100$  м. Для бетона других марок значения  $\sigma_N$ , приведенные в таблице, следует умножать на отношение  $R_{\text{pH}}/50$ , для плит другой длины —  $L_{\text{п}}/100$ .

Значения  $\sigma_N$

$N$ , авт/сут	$\sigma_N$ , кгс/см <sup>2</sup>	$N$ , авт/сут	$\delta_N$ , кгс/см <sup>2</sup>
10	35	$10^5$	20
$10^2$	30	$10^6$	17
$10^3$	26	$10^7$	15
$10^4$	23	$10^7$	13

При расчете непрерывно армированных монолитных покрытий, устраиваемых без швов, необходимый коэффициент армирования в продольном направлении определяется из условия восприятия арматурой объемных изменений бетона по формуле

$$\mu = \frac{F_a}{F_b} = K_c \frac{R_p^{(H)}}{R_a^{(H)} - n R_p^{(H)}} \quad (\text{XIII.32})$$

где  $F_a$  — площадь поперечного сечения арматуры, см<sup>2</sup>;  $F_b$  — площадь поперечного сечения бетона, см<sup>2</sup>;  $K_c$  — коэффициент, учитывающий сцепление покрытия с основанием; при наличии сцепления покрытия с основанием, например, из тощего бетона  $K_c=0,85$ ; при отсутствии сцепления  $K_c=1$ ;  $R_b^H$  — нормативное сопротивление дорожного бетона осевому растяжению, кгс/см<sup>2</sup>;  $R_a^H$  — нормативное сопротивление арматуры осевому растяжению, кгс/см<sup>2</sup>;  $n$  — соотношение модулей упругости арматуры и бетона.

Толщину покрытия предварительно определяют по вышеизложенной методике для неармированных покрытий, а затем уменьшают на величину

$$\Delta h = \frac{F_a}{b} n' \quad (\text{XIII.33})$$

где  $b$  — ширина покрытия, см;  $n'$  — соотношение модулей упругости арматуры и бетона при расчете на выносливость, принимаемое по табл. XIII.17.

В непрерывно армированных покрытиях ограничивают раскрытие возникающих трещин, определяемое по формуле

$$\Delta l = \frac{K_c (R_p^{(H)})^2}{\tau \mu^2 q E_a} \quad (\text{XIII.34})$$

$$\text{где } q = \frac{\Gamma}{F_a} \quad (\text{XIII.35})$$

Таблица XIII.17

Значения  $n'$

Марка бетона по прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	$n'$	Марка бетона по прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	$n'$
200	25	350	17
250	22	400	15
300	20	500	10

$\tau$  — сила сцепления между бетоном и арматурой, кгс/см<sup>2</sup>;  $E_a$  — модуль упругости арматуры, кгс/см<sup>2</sup>;  $\Pi$  — суммарный периметр арматурных стержней, см;  $F_a$  — площадь поперечного сечения арматуры, см<sup>2</sup>.

Величина  $\Delta l$  не должна превышать 0,4 мм.

Толщину слоя основания под жесткое покрытие можно определить по формуле

$$h_{осн} = \left[ \frac{R}{\left( \frac{1}{\left( 1 - \frac{p_{кр}^{(p)}}{p_{ркт}} \right)^{2,3}} - 1 \right)^{1/2}} \right], \quad (XIII.36)$$

где  $R$  — радиус круга, равновеликого по площади отпечатку колеса, см;  $p_{кр}^{(p)}$  — расчетное критическое напряжение, кгс/см<sup>2</sup>, равное

$$p_{кр}^{(p)} = K_{\Pi} K_{\alpha} \left[ \frac{\pi \left( \gamma h + \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} \right)}{\operatorname{tg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \right], \quad (XIII.37)$$

$p_{ркт}$  — реактивное давление, кгс/см<sup>2</sup>, возникающее под плитой при расположении нагрузки на полосе наката;  $K_{\Pi}$  — коэффициент, учитывающий влияние повторности нагружения;  $K_{\alpha} = 0,6$ ;  $K_{\alpha}$  — коэффициент, учитывающий влияние неоднородности прочностных свойств грунта;  $K_{\alpha} = 0,5$ ;  $\gamma$  — объемная масса бетона, кг/см<sup>3</sup>;  $c$  — сцепление грунта, кгс/см<sup>2</sup> (см. табл. XIII.8);  $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта, град (см. табл. XIII.8);  $h$  — толщина покрытия, см, пригружающего основание.

Реактивное давление, определяемое под краем плиты

$$p_{ркт} = \bar{p}_k \frac{\bar{P}_k}{p_{\infty}} \frac{P}{L^2}, \quad (XIII.38)$$

где  $\bar{p}_k$ ,  $\bar{P}_k$  и  $p_{\infty}$  — безразмерные величины реактивного давления, принимаемые по табл. XIII.18 и XIII.19 в зависимости от приведенного расстояния  $\delta$  от центра приложения нагрузки до края плиты и от приведенной мощности упругого слоя  $H/L$ ;  $P$  — величина нагрузки на колесо расчетного автомобиля, кгс;  $L$  — упругая характеристика плиты, см, определяемая по формуле (XIII.14).

Мощность упругого слоя  $H$  для жестких дорожных одежд при нагружении вблизи края составляет 1,3–1,6 м.

Таблица XIII.18

Значения $\bar{p}_k$					
$\delta = \frac{d}{L}$	$\bar{p}_k$	$\delta = \frac{d}{L}$	$\bar{p}_k$	$\delta = \frac{d}{L}$	$\bar{p}_k$
0,1	0,98	0,6	0,62	1,6	0,10
0,2	0,91	0,8	0,48	2,0	0,07

Примечание.  $d$  — фактическое расстояние от центра приложения нагрузки (на полосе наката) до края плиты ( $\delta$  см).

Значения  $\bar{p}_k$

$H/L$	$\bar{p}_k$	$H/L$	$\bar{p}_k$	$H/L$	$\bar{p}_k$
0	$\infty$				
0,05	0,791	0,40	0,299	1,50	0,205
0,10	0,563	0,60	0,257	2,00	0,198
0,20	0,405	0,80	0,235	3,00	0,194
0,30	0,338	1,00	0,221	$\infty$	0,192

Допустимые упругие прогибы жестких дорожных одежд определяют (табл. XIII.20) в зависимости от суммарного размера движения  $N$ . Используя данные табл. XIII.20, можно вычислить требуемый эквивалентный модуль упругости на поверхности основания жесткой дорожной одежды:

$$E_{3,0}^{(тр)} = \frac{p_{ркт} D_{осн}}{[W]}, \quad (XIII.39)$$

Ориентировочные значения требуемых эквивалентных модулей упругости на поверхности основания жесткой дорожной одежды приведены в табл. XIII.21.

Расстояния между швами расширения и сжатия назначаются в зависимости от толщины покрытия, его армирования, типа основания, степени континентальности климата, температуры воздуха во время бетонирования в соответствии с действующей «Инструкцией по устройству цементобетонных покрытий автомобильных дорог» (ВСН 139-68) Минтрансстроя СССР.

Таблица XIII.20

Допустимые прогибы жестких дорожных одежд

Суммарный размер движения $N$	Допустимый упругий прогиб $[W]$ , мм	
	при испытании установкой динамического нагружения на полосе наката	при статическом нагружении
$10^5$	0,61	0,75
$10^6$	0,32	0,39
$10^7$	0,23	0,28
$10^8$	0,14	0,17

Таблица XIII.21

Значения $E_{3,0}^{(тр)}$					
$N$	$E_{3,0}^{(тр)}$ , кгс/см <sup>2</sup>		$N$	$E_{3,0}^{(тр)}$ , кгс/см <sup>2</sup>	
	динамический	статический		динамический	статический
$10^5$	250	200	$10^7$	800	650
$10^6$	500	400	$10^8$	1100	900

### § XIII. II. РАСЧЕТ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Железобетонные сборные покрытия, работающие под нагрузкой с образованием трещин, рассчитывают на выносливость растянутой арматуры и сжатого бетона. При этом упругую характеристику  $L$  вычисляют с учетом наличия трещин:

$$L = \sqrt[3]{\frac{2B_{II}}{E_{с.с}}}, \quad (XIII.40)$$

где  $B_{II}$  — погонная жесткость поперечного сечения плиты, кгс-см<sup>2</sup>;

$$B_{II} = \frac{B}{b}; \quad (XIII.41)$$

$$B = F_a E_a (h_0 - 0,5x_c)(h_0 - x_c), \quad (XIII.42)$$

$b$  — ширина сечения, см;  $F_a$  — площадь арматуры, см<sup>2</sup>;  $E_a$  — модуль упругости арматуры, кгс/см<sup>2</sup>;  $h_0$  — полезная высота сечения, см;  $x_c$  — средняя высота сжатой зоны бетона, см.

Если ширина плиты сборного покрытия

$$b > 4L, \quad (XIII.43)$$

то изгибающий момент определяют по формулам предыдущего параграфа.

При  $b < 2L$  расчетные усилия следует определять по формулам для расчета полос в условиях плоской деформации. Обычно так рассчитывают жесткие покрытия временных дорог (по С. В. Коновалову)<sup>1</sup>.

В случае ортотропных плит, имеющих неодинаковую жесткость  $D_x$  и  $D_y$  во взаимно перпендикулярных направлениях, учет ортотропности можно производить с помощью коэффициентов  $K_x$  и  $K_y$  (рис. XIII.19), умножаемых на величину расчетного изгибающего момента  $M$ , определяемую в плите с жесткостью, равной наибольшему из значений  $D_x$  и  $D_y$ :

$$M_x = K_x M; \quad (XIII.44)$$

$$M_y = K_y M. \quad (XIII.45)$$

Расчетные значения положительных и отрицательных изгибающих моментов для других зон плиты вычисляют путем умножения изгибающего момента, полученного при положении нагрузки в центре, на переходные коэффициенты (рис. XIII.20 и XIII.21), назначаемые в зависимости от типа сопряжения краев смежных плит (край со стыковым соединением или свободный край) и от наличия предварительного напряжения по одному или по двум направлениям.

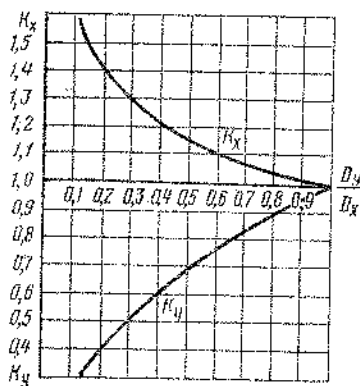


Рис. XIII.19. Значения коэффициентов  $K_x$  и  $K_y$  в зависимости от соотношения жесткостей

При расчете сборных покрытий на выносливость учитывают коэффициенты динамичности действия нагрузки, равные:  $K_d = 0,7$  (для постоянных дорог, покрытий на прочных основаниях и со стыковыми соединениями);  $K_d = 1,1$  (для центра плиты покрытия временной дороги);  $K_d = 1,5$  (для торца плиты покрытия временной дороги).

Условие обеспечения выносливости

<sup>1</sup> Сборные покрытия автомобильных дорог. Под ред. проф. В. М. Могилевича. М., «Высшая школа», 1972, 384 с.

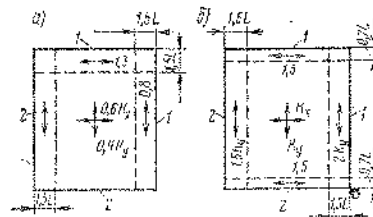


Рис. XIII.20. Значения переходных коэффициентов для однооснообжатых предварительно напряженных плит сборных покрытий:

$a$  — для отрицательных моментов;  $b$  — для положительных моментов; 1 — свободный край; 2 — край со стыковым соединением

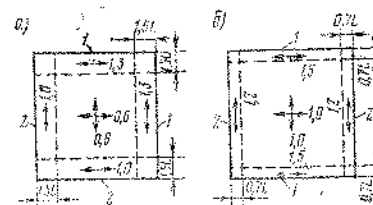


Рис. XIII.21. Значения переходных коэффициентов для железобетонных плит сборных покрытий:

$a$  — для отрицательных моментов;  $b$  — для положительных моментов; 1 — свободный край; 2 — край со стыковым соединением

бетона и арматуры железобетонного сечения состоит в том, что наибольшее краевое сжимающее напряжение в бетоне  $\sigma_3$  не должно превышать расчетного сопротивления бетона на сжатие с учетом влияния многократного действия нагрузки  $R'_n$ , а наибольшее растягивающее напряжение в арматуре  $\sigma_a$  не должно превышать ее расчетного сопротивления с учетом влияния многократного действия нагрузки  $R'_a$ , т. е.

$$\sigma_3 \leq R'_n; \quad (XIII.46) \quad \sigma_a \leq R'_a. \quad (XIII.47)$$

Аналогичные условия для предварительно напряженной плиты выглядят следующим образом:

$$\sigma_3 \leq R'_n; \quad (XIII.48) \quad \sigma_{3.p} \leq R'_n; \quad (XIII.49) \quad \sigma_a \leq R'_a, \quad (XIII.50)$$

где  $\sigma_{3.p}$  — наибольшая величина растягивающих напряжений в крайнем волокне растянутого бетона, кгс/см<sup>2</sup>;  $R'_n$  — расчетное сопротивление бетона растяжению с учетом влияния многократного действия нагрузки.

Напряжения в бетоне и арматуре определяются методами расчета железобетонных конструкций. Исходя из приведенных выше условий назначается необходимая площадь бетона и арматуры в сечении плиты.

Кроме расчета на выносливость железобетонной плиты, ее необходимо рассчитывать на раскрытие трещин. Расчет аналогичен расчету на раскрытие трещин непрерывно армированных покрытий (см. § XIII.10).

## Глава XIV ДОРОЖНЫЙ ВОДООТВОД

### § XIV.1. СИСТЕМА ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО ВОДООТВОДА

Система дорожного водоотвода состоит из ряда сооружений и отдельных конструктивных мероприятий, предназначенных для предотвращения переувлажнения земляного полотна. Они служат для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну, или для предотвращения доступа воды в верхнюю часть земляного полотна. В результате их действия должен быть обеспечен постоянный благоприятный режим влажности грунтовых оснований дорожных одежд.

**Поверхностный водоствод.** Для того чтобы отвести поверхностную воду, поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде придают выпуклое очертание; устраивают боковые водостводные каналы (кюветы), а в некоторых случаях используют для отвода воды резервы и закладывают испарительные бассейны; устраивают нагорные каналы, перехватывающие воду, которая стекает по склонам местности к дороге; строят мосты, трубы для пропуска водотоков и воды из боковых каналов под земляным полотном, а также устраивают сооружения, позволяющие отвести воду в сторону от земляного полотна.

При необеспеченном отводе поверхностной воды и возможности застоя ее вблизи от дороги в течение длительного времени назначают такое возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли или уровнем длительного стояния поверхностных или грунтовых вод, чтобы капиллярное поднятие не достигало верхних слоев грунтового основания. Возвышение низа дорожной одежды — наиболее эффективный способ обеспечения устойчивости земляного полотна, возведение которого при современных средствах механизации не вызывает существенных затруднений и составляет сравнительно малый процент от общей стоимости дороги.

Величина поперечного уклона, придаваемого поверхности покрытия от середины к обочинам, зависит от типа покрытия (см. табл. VIII.3). Чем меньше ровность поверхности покрытия, тем больше поперечный уклон ему придают, так как вода, испытывая сопротивление стеканию, может застаиваться в пониженных местах и просачиваться в покрытие и под него. Однако требования удобства движения автомобилей вынуждают ограничивать крутизну поперечного уклона минимальной величиной, необходимой для обеспечения стока воды.

На необходимость ограничения величины поперечного уклона указывают следующие обстоятельства: при больших поперечных уклонах и скользкой поверхности дороги возможно сползание автомобилей с покрытия; при выезде на среднюю проезжую часть у автомобилей, имеющих спаренные задние колеса, внутренние шины перегружаются, что приводит к усиленному износу шин и покрытия; поперечный уклон покрытия способствует появлению бокового увода шин, что ухудшает управляемость автомобилей и также приводит к износу шин.

Обочинам придают больший поперечный уклон, чем покрытию, так как на их поверхности при эксплуатации могут появляться неровности, вызванные заездом автомобилей в неблагоприятную погоду, а застой воды на грунте обычно приводит к переувлажнению земляного полотна.

В зависимости от типа грунта земляного полотна и типов покрытий обочины устраивают с уклоном на 20% больше, чем покрытие, т. е. в пределах 40—60%.

Поперечный профиль проезжей части обычно очерчивается по параболе или по двум наклонным прямым, сопряженным в средней части круговой вставкой длиной 2 м. При параболическом поперечном профиле поперечный уклон покрытия определяется как средний между наиболее выпуклой частью профиля и обочинами.

На дорогах I и II категорий обочины должны быть укреплены на ширину не менее чем 0,75 м бетонными плитами, мощением, щебнем или гравием, обработанным вяжущими.

Остальную часть ширины обочины укрепляют засевом травы, щебнем, гравием или грунтом, обработанным вяжущими.

Обочины на дорогах III и IV категорий планируют, уплотняют и засевают низкорослыми травами для создания дернового покрова. Ширину полосы, укрепленной прочными материалами, сокращают до 0,5 м.

На участках дорог I—III категорий с продольными уклонами более 30% для защиты обочин иногда предусматривают продольные лотки (лотковый профиль) со сбросом воды по откосу при помощи специальных устройств через каждые 50—100 м.

Однако в ряде случаев наблюдалось переполнение лотков, и главное, разрыв лотковых сбросов по откосам насыпей.

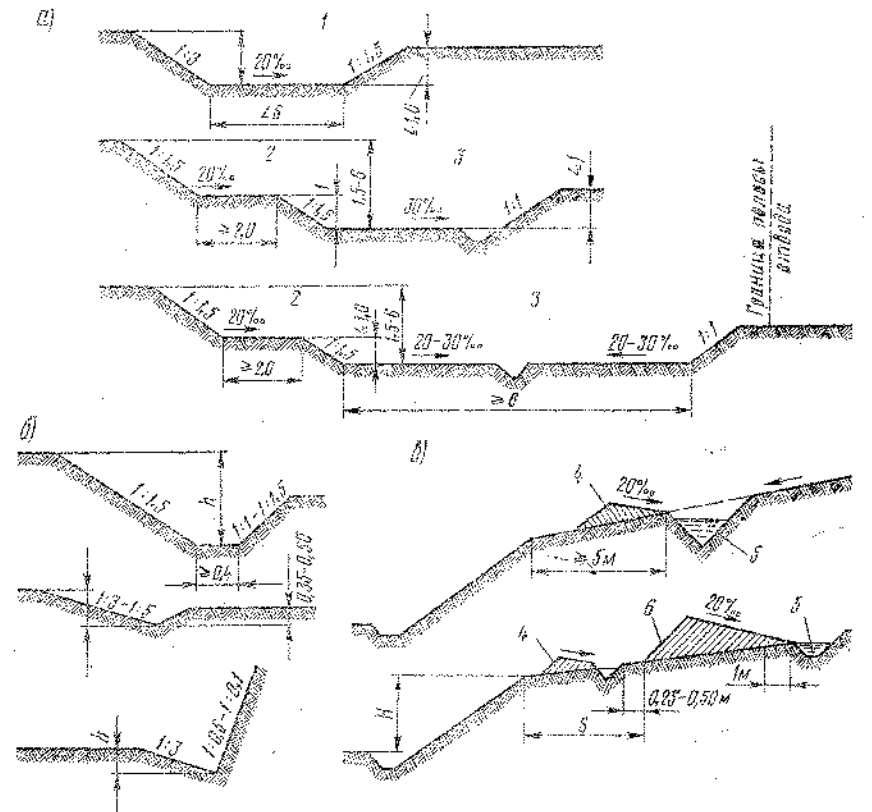


Рис. XIV.1. Виды различных водоотводных каналов:

а — каналы, сопряженные с боковыми резервами; б — трапециевидные и треугольные придорожные кюветы; в — нагорные каналы у выемок; г — кювет-резерв; д — берма; е — резерв; ж — банкет; з — нагорная канава; и — отвал

В пределах населенных пунктов, где вероятны частые заезды автомобилей на обочины, поверхность обочин укрепляют гравием, щебнем, шлаком, местными слабыми каменными материалами или обрабатывают вяжущими материалами. Если обочины не укреплены или вдоль краев покрытий нет укрепленных боковых колео, условия работы краев покрытия резко ухудшаются, что часто вызывает их обламывание.

Для отвода воды от земляного полотна служат боковые, водоотводные, нагорные и осушительные каналы (рис. XIV.1).

Боковые каналы (кюветы) устраивают в выемках и у насыпей с небольшими рабочими отметками. Эти каналы служат для отвода воды, стекающей во время дождя и таяния снега с поверхности дороги и прилегающей к ней местности. Боковые каналы способствуют осушению верхней части земляного полотна в связи с испарением влаги с их внутренних откосов. Однако положительное действие боковых каналов сказывается лишь при быстром удалении из них воды. При необеспеченном отводе воды и длительном ее застое каналы становятся источниками проникания воды в земляное полотно и его переувлажнения.

При водонепроницаемых грунтах и недостаточно удовлетворительных условиях поверхностного стока боковым каналам придают трапециевидное сечение

с шириной по дну 0,4—0,5 м и глубиной до 0,7—0,8 м, считая от бровки насыпи. Откосам канав в выемках придают заложение 1:1,5, а у насыпей внутренних откос канав устраивают с заложением 1:3.

Если земляное полотно возводят в сухих местах с обеспеченным быстрым стоком поверхностных вод, а грунтовые воды расположены глубоко, боковые канавы устраивают в виде треугольных лотков глубиной не менее 30 см. Крутизна откосов лотков 1:3 дает автомобилям возможность съезжать в случае необходимости с дороги. При водопроницаемых песчаных, щебенистых и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, канавы не делают.

В выемках, расположенных в гравелистых, щебенистых или слабых, легко выветривающихся скальных породах, устраивают трапециевидные канавы глубиной не менее 0,3 м с откосами 1:1. В прочном скальном грунте делают треугольные лотки глубиной не менее 0,3 м с внутренним откосом 1:3 и внешним откосом 1:1 — 1:0,5 м в зависимости от рода грунта. Глубину канав в равнинной местности назначают по опыту эксплуатации в указанных выше пределах, проверяя в случаях необходимости (при притоке воды с окружающей местности) пропускную способность канав гидравлическими расчетами.

Вероятность паводка принимается в зависимости от категории дороги. При этом глубину канав назначают таким образом, чтобы низ дренажных устройств дорожных одежд возвышался над дном канавы не менее чем на 20 см. При гидравлических расчетах канав исходят из следующих вероятностей превышения расчетных паводков:

Категория дороги . . . . .	I и II	III	IV и V
Вероятность превышения, % . . . . .	1	2	3

Вода из боковых канав должна выводиться в пониженные места не реже чем через 500 м. Если дорога проходит по склону, для вывода из канавы, расположенной с нагорной стороны, под земляным полотном прокладывают перепускные трубы. В местах перехода дороги из выемки в насыпь канавы отводятся с нагорной стороны в резерв, а с низовой выводятся на поверхность грунта в сторону от выемки.

Для стока воды по резерву дно его по окончании земляных работ тщательно планируют с уклоном 20‰ от насыпи. Резервам, ширина которых превышает 6 м, придают вогнутый профиль с уклоном к середине. При продольном уклоне резерва менее 5‰ для лучшего отвода воды в середине резерва делают канаву шириной по дну 0,4—0,5 м. Канавы, отводящие воду из резервов, должны быть обязательно укреплены против размыва.

Запрещается пропуск воды через выемку из кювета на вышележащем участке насыпи. Верховой кювет должен быть выведен в нагорную канаву у выемки, а низовой отведен в сторону от дороги.

Водоотводные канавы предназначаются для выпуска воды из боковых канав или находящихся недалеко от дороги котловин в расположенные поблизости пониженные места. Сечение водоотводных канав обычно принимается равным сечению тех канав, из которых отводится вода. Для лучшего пропускания воды и для уменьшения объемов работ откосы водоотводных канав следует устраивать наибольшей крутизны, допустимой по условиям устойчивости грунтов.

Во избежание размыва и запления водоотводные канавы сопрягают с естественными водотоками по плавной кривой с радиусом, не меньшим десятикратной ширины канавы поверху.

Нагорные канавы служат для перехвата воды, стекающей по косогору к дороге, и для отвода ее к ближайшим искусственным сооружениям, в резервы и в пониженные места рельефа.

Нагорным канавам придают трапециевидное поперечное сечение, размеры которого обосновываются гидравлическим расчетом. При расчете учитывают увеличение бассейна канавы по мере удаления от водораздела, поэтому сечение нагорных канав подбирают по отдельным участкам по мере возрастания площади водосборных бассейнов. Вместо одной большой нагорной канавы могут быть устроены две параллельные канавы меньшего сечения.

Нагорные канавы трассируют на местности с таким продольным уклоном, при котором вода не размывала бы грунт.

Во избежание срывов или оползания выемки в местах переувлажнения грунта, которое может возникнуть в результате случайного засорения нагорных канав, расстояние нагорных канав от края выемки должно быть не менее 5 м. На косогорах с уклоном положе 1:5 грунт из нагорных канав используют для устройства невысокого валика (банкета) между выемкой и нагорной канавой. Банкет несколько повышает безопасность дороги от затопления при переполнении нагорной канавы.

По боковым, водоотводным и нагорным канавам вода стекает со скоростью, зависящей от их продольного уклона, поперечного профиля канавы, глубины потока и степени шероховатости стенок канавы. При скорости течения, меньшей 0,4—0,5 м/с, взвешенные в воде грунтовые частицы выпадают из потока и образуют отложения наносов. Канавы засоряются, и в ней возникает застой воды.

Для предотвращения этого канавам придают продольный уклон, который должен быть не менее 5‰ в I—III дорожно-климатических зонах и 3‰ в IV—V зонах. Если этому требованию удовлетворить нельзя, рабочая отметка насыпи должна быть настолько увеличена, чтобы низ дорожной одежды возвышался над уровнем длительного стояния поверхностных вод. На участках дорог с большими продольными уклонами боковые канавы укрепляют по гидравлическому расчету исходя из количества воды, притекающего к отдельным участкам канавы с дороги и прилегающей местности.

Расчет ведут по отдельным участкам, учитывая постепенное увеличение расхода.

Для канав в тех случаях, когда их сечение назначают не по гидравлическому расчету, тип укрепления принимают в зависимости от величины продольного уклона на основе многолетней практики (табл. XIV.1).

На больших уклонах дну канав придают ступенчатый продольный профиль, устраивая перепасы из сборных железобетонных элементов, бетона, укладываемого на месте, каменной кладки, а на сельских дорогах — плетней и гравийной засыпки. Прилегающие к перепасу участки дна канавы укрепляют мощением. Между перепасыми дну канавы придают уклон, не требующий укрепления или соответствующий принятому типу укрепления.

В стених районах в равнинной местности, когда нельзя отвести воду от дороги по боковым и водоотводным канавам в естественные понижения местности, устраивают в стороне от дороги испарительные бассейны. Эти бассейны представляют собой котлованы, вокруг которых делают земляные валики для того, чтобы преградить доступ воды с окружающей местности. Иногда вместо специальных испарительных бассейнов можно использовать резервы, которые в этом случае располагают на большем расстоянии от дороги, чем обычно.

Емкость одного испарительного бассейна не должна превышать 200—300 м<sup>3</sup>, глубина — 1,5 м, а уровень воды должен быть на 0,6 м ниже отметки бровки земляного полотна. Расчет испарительных бассейнов сводится к подбору

Таблица XIV.1

Продольные уклоны канав

Типы укрепления	Уклоны, ‰	
	в песчаных грунтах	в суглинистых грунтах
Без укрепления	До 10	До 20
Одерновка	10—30	20—30
Мощение	30—50	30—50
Перепасы и лотки	50	50

Толщина песчаного подстилающего слоя

Покрытие	Грунты земляного полотна	Толщина подстилающего слоя, см, при уклоне			
		нормальном	нормальном	нестандартном	
Цементобетонные	Мелкие пески	15	10	10	
	Супеси	20—25	15—20	10	
	Суглинки тяжелые и глины	25—35	20—25	15	
	Пылеватые грунты	35—50	25—40	15—20	
	Нежесткие на дорогах I—III категорий	Мелкие пески	10	—	—
		Супеси	20	15	10
Суглинки тяжелые и глины		30	20	15	
Нежесткие на дорогах IV и V категорий	Пылеватые грунты	35	25	20	
	Мелкие пески	10	10	—	
	Супеси	15	15	10	
	Суглинки тяжелые и глины	25	20	15	
	Пылеватые грунты	30	20	15	

количество сооружений  
на 1 км

Пустыни и полупустыни	0,3
Болотистые районы	1
Равнины	0,5—1
Среднехолмистый рельеф	0,7—1,2
Сильно пересеченный рельеф	1,0—1,5
Горные районы	1,5—2
Районы искусственного орошения	3

К основным видам водопропускных сооружений относят мосты и трубы. Меньшее распространение имеют другие типы сооружений, пропускающие воду переливом через земляное полотно, — лотки. Водопропускные сооружения должны быть удобны для движения автомобилей и обеспечивать пропуск воды без вреда для дорожных сооружений. Удовлетворение этих требований при обязательном соблюдении принципа экономичности сооружений является сложной задачей, решаемой методами вариантного проектирования.

С точки зрения требований автомобильного транспорта, в каждом конкретном случае наилучшим будет такое водопропускное сооружение, которое не меняет условий движения автомобилей, не требует изломов в плане и профиле проектной линии дороги, не стесняет проезжую часть и обочины, а также не нуждается в изменении типа дорожного покрытия. В этом отношении наилучшим типом малых водопропускных сооружений считают трубы, которые свободно можно располагать при любых сочетаниях продольного профиля и плана дороги и при любых высотах насыпи с сохранением постоянного типа покрытия на всем протяжении дороги. Поэтому количество труб составляет почти 95% от общего количества водопропускных сооружений на автомобильных дорогах.

Устройство мостов предъявляет большие требования к продольному профилю дорог. Расположение мостов на вертикальных и горизонтальных кривых или больших продольных уклонах вызывает усложнение их конструкций. Значительная высота насыпи, например, при пересечении глубоких оврагов вынуждает строить даже при малых расходах воды в сооружении мосты с большой длиной по насыпи, что приводит к значительному удорожанию сооружения.

Указанные обстоятельства позволяют рассмотреть трубы как основной тип малых водопропускных сооружений на постоянных и периодически дей-

ствующих водотоках с расходом до 30 м<sup>3</sup>/с и при отсутствии ледохода. В современном дорожном строительстве наибольшее распространение находят железобетонные мосты и трубы стандартных типов из сборных элементов, заранее изготавливаемых на централизованных базах.

В горной местности на дорогах низших категорий иногда устраивают трубы из каменной кладки насухо.

Для увеличения пропускной способности труб без повышения высоты насыпи устраивают многоочковые трубы из уложенных рядом небольших труб. Наблюдения показали, что в этих случаях расход равномерно распределяется между трубами. Наиболее целесообразно устраивать не более четырех очков.

Лотки, укрепляемые мощением, для перелива воды через дорогу допускаются применять на дорогах низших категорий (IV и V) при пересечении периодически действующих водотоков с глубиной воды не более 0,15—0,20 м.

**Подземный водоотвод.** Для предотвращения действия грунтовых вод на земляное полотно может быть предусмотрено возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод, устройство в теле земляного полотна прослоек для прерывания перемещения капиллярной, пленочной и парообразной влаги, а также дренажей для понижения уровня грунтовых вод.

К системе дорожного водоотвода относится также подстилающий (дренирующий) слой дорожной одежды из песка, гравия и других крупнозернистых материалов, который собирает воду, проникающую через обочины, трещины и швы в покрытиях. Воду из песчаного слоя в особо благоприятных гидрогеологических условиях отводят на откосы насыпи или в боковые каналы дренажных воронок. В осенний период дренирующий слой скапливает в себе воду, которая выделяется из верхних слоев земляного полотна при таянии ледяных прослоек, образовавшихся на пучинистых участках в процессе зимнего влагонакопления. Дренирующие песчаные слои обязательно устраивают во II и III дорожно-климатических зонах, при пылеватых грунтах земляного полотна.

В зависимости от ширины проезжей части и климатического района строительства песчаные материалы для дренирующего слоя должны в уплотненном состоянии иметь коэффициент фильтрации от 3 до 10 м/сут (см. табл. XII.5).

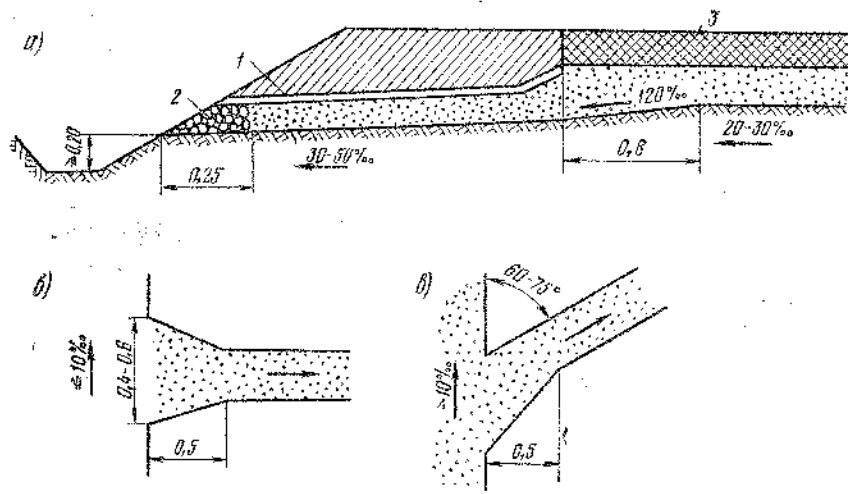


Рис. XIV.2. Дренажные воронки:

а — разрез по полотну дороги; б — примыкание воронки к песчаному слою при малых уклонах, в — то же, при больших уклонах;  
1 — прослойка дерна или иха; 2 — щебень или гравий; 3 — дорожная одежда

Так как устройство дренирующего слоя является одним из основных противоупучинных мероприятий, расчет его приведен в § XII.3 «Противоупучинные мероприятия».

Толщину песчаного подстилающего слоя назначают не менее указанной в табл. XIV.2.

Дренажные воронки заполняют хорошо дренирующим материалом (одно-размерным щебнем, галькой размером 40—60 мм и др.), по которому вода просачивается из земляного полотна. Дренажные воронки имеют сечение  $0,4 \times 0,2$  м, их располагают через 4—6 м в шахматном порядке (рис. XIV.2).

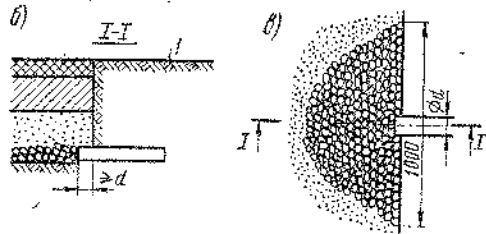
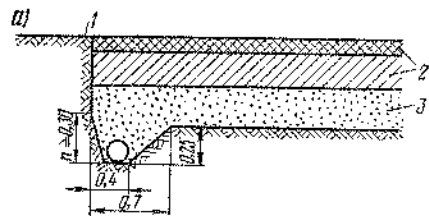


Рис. XIV.3. Дренажные трубы, укладываемые в песчаный слой:

а — продольная труба; б — приемная часть поперечной трубы; в — то же, в плане;  
1 — обочина; 2 — слой дорожной одежды; 3 — песчаный слой

Пропускная способность дренажных воронок невелика, поэтому для отвода воды, заполнившей поры песчаного основания, требуется значительное время. Обочины, покрытые зимой более толстым слоем снега, чем проезжая часть, начинают оттаивать примерно на неделю позже, чем грунт под проезжей частью. В наиболее ответственный для службы дороги период весеннего оттаивания воронки находятся в промерзшем состоянии и не могут отводить воду, выделяющуюся при оттаивании грунта земляного полотна под проезжей частью и скапливающуюся в песчаном основании. Значительное увеличение пропускной способности воронок

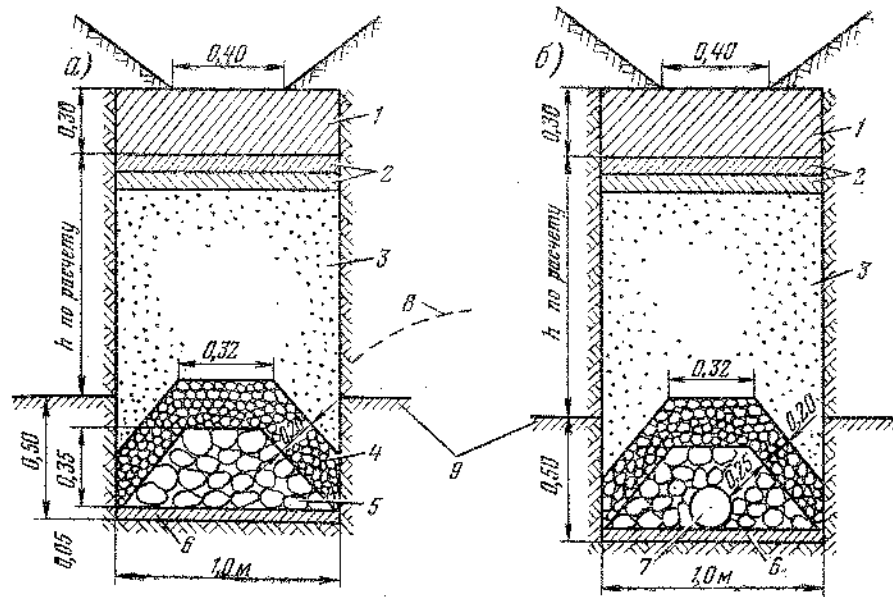


Рис. XIV.4. Поперечные сечения закрытого дренажа:

а — с каменной (фильтрующей) засыпкой; б — с дренажной трубой;  
1 — утрамбованная глина; 2 — два слоя дерна корнями вверх или 3 см грунта, обработанного битумом; 3 — крупнозернистый или среднезернистый песок; 4 — щебень или гравий крупностью 5—10 мм; 5 — то же, 40—70 мм; 6 — щебень, втрамбованный в грунт; 7 — керамическая или асбестоцементная труба диаметром 15—20 см; 8 — кривая депрессии; 9 — водоупор

возможно путем их уширения. В пределе соседние дренажные воронки могут сливаться. В этом случае над обочинами на откосы выводится песчаный (дренирующий) слой на всем протяжении дороги. Такое устройство песчаного слоя имеет также некоторые технологические преимущества.

В местах с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями воду из дренирующего слоя отводят поперечными и продольными дренажными трубками из асбестоцементных или керамических (гончарных) труб (рис. XIV.3). Вместо трубок могут быть устроены прорезы, заглубленные в водоносный слой грунта и заполненные крупным дренирующим материалом.

При использовании дренажных труб необходимо принимать меры, предотвращающие проникание потока холодного воздуха в земляное полотно.

Закрытый дренаж (рис. XIV.4) состоит из уложенной в грунте дрены — трубы (гончарной, керамической, бетонной или деревянной), в стенах которой могут быть малые отверстия для приема воды. Обычно вода поступает в эти трубы в стыках между звеньями, которые укладываются концами на специальные подкладки, исключающие смещение одного звена относительно другого. Чтобы труба не засорялась грунтом, ее окружают пористой засыпкой, крупность которой уменьшается по направлению к стенкам траншеи. Пористая засыпка собирает притекающую из грунта воду, которая стекает по трубе. В некоторых случаях вместо трубы укладывают каменную наброску.

Дренажи можно использовать как для понижения уровня грунтовых вод, так и для перехвата грунтовой воды, притекающей к дороге со стороны. Осушающее действие дренажей заключается в том, что при заглублении в грунт ниже уровня грунтовых вод труба или канава отводит воду, просачивающуюся из прилегающей части грунта, в результате чего вблизи от дренажа образуется осушенная зона.



§ XIV.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОМ И РАСХОДОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА МАЛЫХ ВОДОСБОРАХ

Расчет ливневого стока с малых бассейнов. Нормы ливневого стока с малых бассейнов, фактически введенные в практику проектирования в 1952 г., суммируют ряд отечественных теоретических разработок и в то же время учитывают требования возросшего транспортного строительства. Эти нормы дают возможность определять расходы любой вероятности превышения (ВП), определять объемы стока и строить гидрографы стока, уточнять параметры норм по натурным данным.

Наиболее важным положением норм является удовлетворение их проверке по общему балансу объемов стока.

Физическая схема построения норм основана на раздельном рассмотрении гидрологических и гидравлических факторов формирования стока. Интегральным проявлением первой группы факторов является слой стока; факторы второй группы учитывают условия стекания осадков по русловой системе бассейна.

Слой стока определяется совмещением кривой хода дождя с кривой впитывания (рис. XIV.5).

Точка касания этих кривых определяет начало водоотдачи. Заштрихованная фигура выше точки касания показывает нарастание слоя стока  $h$  за время водоотдачи  $t_2$ .

В расчет вводится слой стока за вычетом и другого вида потерь — от заполнения впадин микрорельефа и смачивания растительности. Этот вид потерь  $z$  откладывается над кривой впитывания.

Гидравлические факторы формирования стока увязываются в уравнении баланса объемов стока (на любой момент времени):

$$W = W_c + W_n + W_{\phi}, \quad (XIV.1)$$

где  $W$  — общий объем стока с бассейна;  $W_c$  и  $W_n$  — объемы воды на склонах и в логах;  $W_{\phi}$  — объем воды, прошедшей через замыкающий створ от начала стока до рассматриваемого момента времени.

Решение уравнения дает искомые характеристики стока, необходимые для расчета отверстий искусственных сооружений — расход и гидрограф стока.

Известны способы решения уравнения баланса стока, по которым можно определить ординаты гидрографа; наибольшая ордината — соответствует максимальному расходу воды. Однако наибольшее распространение получили способы непосредственного определения максимального расхода ливневого стока. График притока (гидрограф) воды к сооружению в этих способах схематизируют.

Некоторые из способов расчета ливневого стока приведены в действующих всеююзных нормах СН 435-72. Однако эти нормы (п. 4.28) разрешают для целей транспортного проектирования использовать и другие расчетные приемы. К числу формул, получивших наибольшее распространение в последние годы в автомобильном проектировании, относится так называемая редуцированная формула ливневого стока Союздорпроекта (1973, Б. Ф. Перевозни-

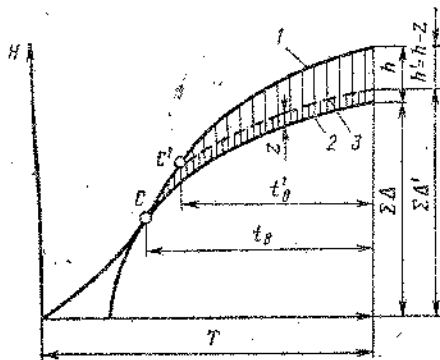


Рис. XIV.5. Совмещение кривых хода дождя, впитывания и задержания стока в неровностях рельефа: 1 — ход дождя; 2 — впитывание; 3 — задержание стока в неровностях рельефа

ков). В ее основу положена редуцированная формула Д. Л. Соколовского (ЛГМИ). Формула Союздорпроекта позволяет уточнять расчеты по собранным во время изысканий региональным данным о дождях и стоке. Формулой можно пользоваться для расчета стока с бассейнов до 100 000 км<sup>2</sup>, в том числе с малых бассейнов — до 100 км<sup>2</sup>.

Максимальный расход заданной вероятности превышения определяют по формуле:

$$Q_p = 16,7 a_p F a \varphi, \quad (XIV.2)$$

где  $a_p$  — расчетная интенсивность дождя, мм/мин;  $F$  — площадь водосбора, км<sup>2</sup>, определяемая по карте в горизонталях;  $a$  — коэффициент склонового стока,  $\varphi$  — коэффициент редукции максимального ливневого стока, зависящий от площади водосбора.

Для уточнения расчетов в формулу (XIV.2) вводят два дополнительных множителя:  $K_l$  — коэффициент, учитывающий крутизну лога;  $K_{\phi}$  — коэффициент, зависящий от формы бассейна.

Расчетная интенсивность дождя различной вероятности превышения определяется по формуле

$$a_p = a_{час} K_l, \quad (XIV.3)$$

где  $a_{час}$  — интенсивность дождя продолжительностью 1 час, мм/мин;  $K_l$  — коэффициент приведения интенсивности к действительной продолжительности наиболее опасного расчетного дождя.

Величина  $a_{час}$  приведена в табл. XIV.3 в зависимости от района, к которому отнесена дорога. Карта ливневого районирования приведена на рис. XIV.6. Если дорога проходит вблизи границы между районами, то  $a_{час}$  берется как средняя величина из интенсивностей для обоих районов.

Коэффициент приведения  $K_l$  определяется по табл. XIV.4. Этой таблицей охватываются и весьма малые площади водосборов, что важно для расчетов сооружений дорожного водостола.

Коэффициент склонового стока находится как произведение  $a_{\phi}$  (для полного насыщения почв водой) на поправочный коэффициент задержания склонового стока  $\sigma_c$ . Величины  $a_{\phi}$  даны в табл. XIV.5. Поправочные коэффициенты вычисляются по формуле

$$\sigma_c = 1 - \gamma_r \beta \Pi. \quad (XIV.4)$$

Здесь  $\gamma_r$  определяется по табл. XIV.6,  $\beta$  — по табл. XIV.7,  $\Pi$  — по табл. XIV.8.

Таблица XIV.3

Расчетные величины интенсивностей дождей часовой продолжительности

Номер района	Часовая интенсивность дождя, мм/мин, при ВП							
	10%	5%	4%	3%	2%	1%	0,3%	0,1%
1	0,22	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,42	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,73
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

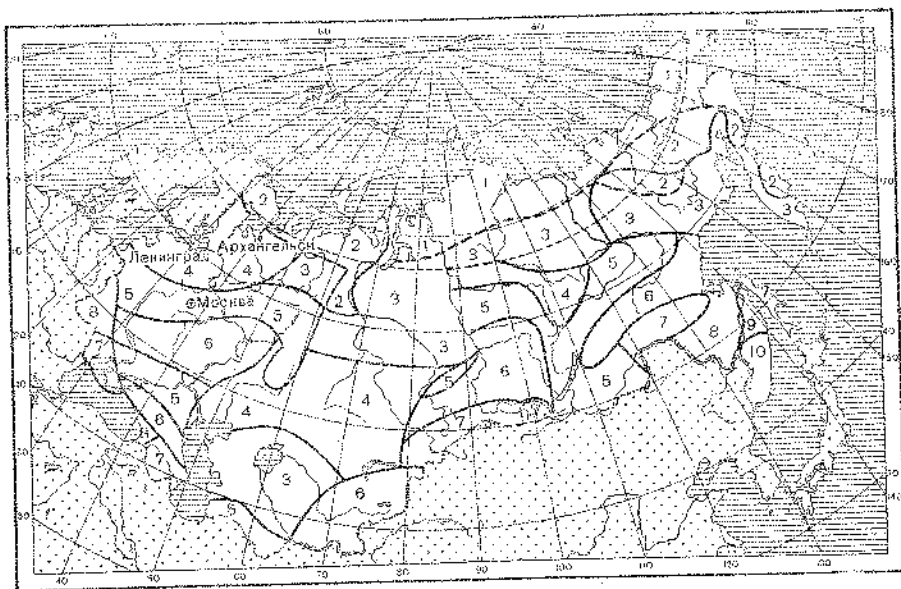


Рис. XIV.6. Карта ливневого районирования

Таблица XIV.4

Коэффициент приведения  $K_f$

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Коэффициенты приведения расчетных осадков для районов СССР						
	№ 1	№ 2	№ 3, 4	№ 5, 7	№ 6	№ 8	№ 9, 10
0,0001	4,10	4,20	4,20	4,30	4,75	4,05	3,85
0,0005	3,50	3,50	3,50	3,70	3,90	3,50	3,30
0,001	3,00	2,80	2,90	3,05	3,20	3,00	2,75
0,005	2,50	2,30	2,40	2,55	2,65	2,50	2,30
0,01	2,15	1,95	2,07	2,12	2,20	2,0	1,90
0,05	1,85	1,70	1,80	1,82	1,90	1,75	1,65
0,1	1,60	1,50	1,60	1,62	1,65	1,55	1,45
0,5	1,35	1,30	1,40	1,37	1,35	1,35	1,30
0,8	1,20	1,20	1,30	1,25	1,25	1,20	1,20
1,0	1,18	1,15	1,20	1,20	1,20	1,18	1,15
5,0	1,05	1,03	1,10	1,09	1,05	1,05	1,03
7,0	1,0	1,0	1,05	1,04	1,0	1,0	1,0
10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	0,94	0,95	1,0	0,99	0,98	0,96	0,97
100	0,90	0,90	0,93	0,91	0,92	0,91	0,92
300	0,89	0,89	0,90	0,88	0,91	0,90	0,90
500	0,87	0,85	0,87	0,86	0,90	0,85	0,86
1000	0,80	0,79	0,82	0,75	0,76	0,70	0,70
3000	0,78	0,73	0,80	0,70	0,70	0,6	0,6
5000	0,75	0,70	0,77	0,65	0,63	0,52	0,53
10000	0,70	0,64	0,70	0,55	0,50	0,40	0,40
50000	0,60	0,55	0,63	0,42	0,43	0,38	0,38
100000	0,55	0,50	0,57	0,35	0,40	0,35	0,35

Коэффициенты стока  $\alpha_0$

Районы	Значения $\alpha_0$ при ВП			
	0,3%	1%	2%	3%
Приморский край, Северный Вьетнам, Непал, Индонезия, Северная Индия, Восточный Пакистан	1—9	0,9—0,80	0,8—0,70	0,50—0,60
Хабаровский край, Черноморское побережье Кавказа, Восточное Закавказье, ливнеопасные предгорные районы Средней Азии, Западный Пакистан	0,9—0,80	0,80—0,70	0,70—0,65	0,66—0,60
Ливнеопасные районы Карпат, Крыма, Афганистана, Йемена, Восточного Ирана и Ирака	0,80—0,75	0,75—0,70	0,70—0,60	0,55—0,60
Забайкалье, предгорья Карпат, горные и предгорные районы среднего Урала, лесостепная зона европейской части СССР, Монголия	0,75—0,65	0,70—0,60	0,60—0,55	0,50—0,55
Степная зона европейской части СССР, Южный Урал, Западная Сибирь	0,65—0,55	0,55—0,50	0,50—0,45	0,45—0,40
Пустынные и полупустынные районы Средней Азии, Афганистана, Центральной Азии, южные районы тундры	0,55—0,50	0,50—0,40	0,40—0,30	0,25—0,30

Если водосбор частично залесен или резко неоднороден по почвам, то

$$\gamma = \gamma_n \frac{F_n}{F} + \gamma_{n1} \frac{F_1}{F} + \gamma_{n2} \frac{F_2}{F} + \dots \quad (XIV.5)$$

где  $F_n, F_1, F_2, \dots$  — площади частей водосбора, занятые лесом и разными грунтами;  $F$  — площадь водосбора.

Коэффициенты  $\gamma_n, \gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots$  определяются по табл. XIV.6.

Коэффициент редукции по площади бассейна находят по табл. XIV.9. Так как  $K_f$  и  $\phi$  зависят от одного параметра  $F$ , может быть составлена одна таблица для произведения  $K_f \phi$ .

Однако в этом случае расчетная интенсивность ливня останется неизвестной, а она необходима для определения объема стока.

Поправочные коэффициенты, учитывающие уклон лога  $K_f$ , даны в табл. XIV.10. Коэффициент формы бассейна  $K_\phi$  вычисляется по формуле

$$K_\phi = \Phi + (1-\Phi)C, \quad (XIV.6)$$

где  $\Phi$  — величина, определяемая по графикам (рис. XIV.7) в зависимости от отношения  $F/L$ ;  $C$  — коэффициент, определяемый по табл. XIV.11.

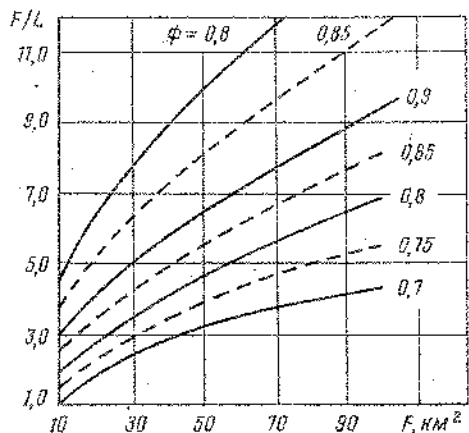
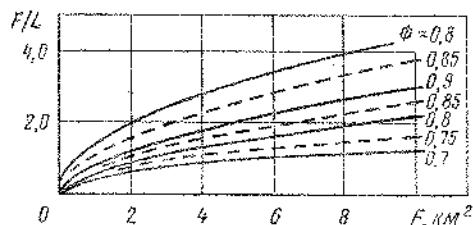


Рис. XIV.7. Графики коэффициента формы бассейна

Для учета аккумуляции перед сооружением необходимо знать объем стока  $W$ , м³. Он вычисляется по формуле

$$W = 1000a_p a F t_{\phi}, \quad (XIV.7)$$

где  $t_{\phi}$  — время обводнения (табл. XIV.12).

Ливневые воды притекают к сооружениям по почти треугольному гидрографу. Максимальный расход, определяемый формулой, наблюдается очень краткое время. Поэтому расчетный расход в сооружении оказывается меньше, чем максимальный расход притока к нему, в связи с аккумуляцией части стока в пруду перед сооружением. Учет аккумуляции подробно рассмотрен в § XIV.5.

Расчет стока талых вод с малых водосборов. На основании СН 435-72, распространяющихся на проектирование всех видов сооружений (в том числе малых мостов и труб), расчетный максимальный расход талых вод для любых бассейнов определяется по редуцированной формуле ГГИ

$$Q = \frac{k_0 h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2, \quad (XIV.8)$$

где  $h_p$  — расчетный слой суммарного стока, мм, той же ВП, что и искомый максимальный расход;  $F$  — площадь водосбора, км²;  $k_0$  — коэффициент дружности половодья, определяемый по табл. XIV.13, XIV.14;  $n$  — показатель степени (для равнинных водосборов он принимается по табл. XIV.13, а для горных  $n=0.15$ ; к горным относятся водосборы с уклонами более 0,05);  $\delta_1, \delta_2$  — коэффициенты, учитывающие снижение расхода на бассейнах, имеющих озера ( $\delta_1$ ), залесенных и заболоченных ( $\delta_2$ ).

К I категории рельефа относятся бассейны, располагающиеся в пределах холмистых и платообразных возвышенностей, ко II категории — бассейны, где холмистые возвышенности чередуются с понижениями между ними, к III категории — бассейны, которые расположены в пределах плоских низменностей.

Слой стока половодья  $h_p$  заданной ВП рассчитывают обычным способом по трем параметрам: среднему многолетнему слою стока  $\bar{h}$ , коэффициенту вариации  $C_{vh}$  и коэффициенту асимметрии  $C_{ah}$  слоя стока.

Высота среднего слоя стока для бассейнов с площадью более 100 км² на европейской территории и более 1000 км² на азиатской территории СССР определяется непосредственно по карте (рис. XIV.8), а для меньших бассейнов в значения, снятые с карты, вводятся поправочные коэффициенты: 1,1 при холмистом рельефе и глинистых почвах и 0,9 при плоском рельефе и песчаных почвах. При особо больших потерях стока (сосновые леса на песках, значительное распространение туфогенных пород и др.) вводится коэффициент 0,5. В засушливых районах и в полупустынной зоне Западной Сибири и Казахстана для площадей водосборов менее 3000 км² в значения высоты слоя  $\bar{h}$ , снятые с карты, вводятся поправочные коэффициенты по табл. XIV.15.

Коэффициент  $\gamma_r$

Категория почво-грунтов	Характеристика склонов бассейнов		Значения $\gamma_r$
	Почво-грунты и поверхности стекания	Растительность	
I	Скальные, мерзлые и плохо проницаемые грунты и поверхности стекания	Задернованы или отсутствует растительность Густой лес с кустарником и травой	0,2 0,02—0,04
II	Глины, суглинки Такыры	Задернованы Густой лес с кустарником и травой Отсутствует	0,04—0,09 0,06—0,15 0,06—0,12
III	Супесчаные и песчаные грунты при естественной влажности	Задернованы Густой лес с кустарником и травой	0,10—0,15 0,15—0,20
IV	Сухие грунты (пески и лёссы) в засушливых и пустынных районах при недостаточной влажности Рыхлые грунты (осыпи и т. п.)	Закрепленные Незакрепленные »	0,15—0,20 0,20—0,25 0,20—0,25
V	Скальные породы в горных условиях, сильно трещиноватые по поверхности	Частично закрепленные растительностью или кустарником Незакрепленные	0,15—0,20 0,20—0,30
VI	Торфы	Увлажненные Осушенные	0,10—0,17 0,15—0,25

При наличии более 2% озерности средние слои стока, снятые с карты, уменьшаются введением следующих коэффициентов:

Озерность, %	2—5	5—10	10—15	Более 15
Коэффициенты уменьшения	0,9	0,8	0,75	0,7

Коэффициент вариации  $C_{vh}$  принимается по карте изолиний (рис. XIV.9), причем для бассейнов площадью менее 200 км² его значение умножают на следующие коэффициенты:

Площадь бассейна, км²	0,50	51—100	101—150	150—200
Коэффициенты уменьшения	1,25	1,20	1,15	1,05

Коэффициент асимметрии  $C_{ah}$  для равнинных водосборов принимается равным  $C_{ah} = 2C_{vh}$ . Для Северо-Запада и Северо-Востока СССР, где в формировании максимального стока участвуют дождевые осадки, принимается  $C_{ah} = 3C_{vh}$ . Для горных водосборов принимается  $C_{ah} = (3+4)C_{vh}$ .

Таблица XIV.7

Коэффициент  $\beta$ 

Особенности стока	Значения $\beta$ для категорий почво-грунтов согласно табл. XIV.6				
	I	II	III	IV	V
Сток по промерзшим почво-грунтам или по ледяной корке	1,0	1,0—0,9	0,9—0,8	0,8—0,7	0,8—0,2
Совпадение избыточного осеннего увлажнения со стоком в весенний период	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7—0,65
Сток по сухим пылеватым грунтам (пески, лёссы и т. п.) при возможности образования грунтовой корки, препятствующей быстрому проникновению воды в грунт	—	—	—	0,8—0,6	—
Предварительное увлажнение грунтов к началу расчетного паводка в районах муссонного климата	1,0—0,9	0,9—0,8	0,8—0,6	—	—
Влажность почво-грунтов в естественных условиях	1,05	1,05—1,10	1,10—1,15	1,10—1,15	—

Таблица XIV.8

Коэффициент  $\Pi$ 

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\Pi$ для районов			Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\Pi$ для районов		
	№ 1, 2, 3, 4	№ 5, 6, 7	№ 8, 9, 10		№ 1, 2, 3, 4	№ 5, 6, 7	№ 8, 9, 10
100 и менее	1,0	1,0	1—0,9	600	0,63	0,40	—
200	0,91	0,86	0,72	750	0,46	0	—
300	0,84	0,70	0,54	1000	0,30	—	—
400	0,77	0,63	0,32	1250	0	—	—
500	0,70	0,52	0				

Таблица XIV.9

Коэффициент редукции  $\phi$ 

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\phi$	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\phi$	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\phi$	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $\phi$
0,0001	0,98	0,7	0,60	6,0	0,40	55,0	0,23
0,001	0,91	0,8	0,58	8,0	0,36	60,0	0,22
0,005	0,86	0,9	0,56	10,0	0,33	80,0	0,20
0,01	0,81	1,0	0,53	12,0	0,32	100	0,19
0,05	0,75	1,5	0,52	15,0	0,31	200	0,17
0,1	0,69	2,0	0,50	19,0	0,30	300	0,16
0,2	0,68	2,5	0,49	22,0	0,29	500	0,14
0,3	0,66	3	0,47	26,0	0,28	1000	0,12
0,4	0,65	4	0,44	30,0	0,27	5000	0,09
0,5	0,63	5	0,42	40,0	0,25	10000	0,08
0,6	0,62			50,0	0,24	100000	0,05

Таблица XIV.10

Коэффициенты уклона лога  $K_l$ 

Уклон главного лога	Значения $K_l$ для водосборов			
	односкатных и безрусловых			с наличием русел или двускатных
	Асфальтобетонные и цементнобетонные покрытия	Щебеночные и гравийные покрытия	Естественные задернованные склоны	
0,001	0,87	0,75	0,75	0,94
0,005	0,95	0,82	0,78	0,98
0,01	1,03	0,92	0,80	1,01
0,002	1,25	1,10	0,85	1,06
0,03	1,45	1,30	0,90	1,12
0,04	1,65	1,50	0,91	1,14
0,05	1,80	1,65	0,93	1,16
0,06	2,03	1,85	0,95	1,18
0,07	2,20	2,00	0,97	1,21
0,08	2,40	2,20	0,98	1,23
0,09	2,63	2,40	1,0	1,26
0,10	2,80	2,60	1,02	1,28
0,20	—	—	1,21	1,52
0,30	—	—	1,34	1,68
0,40	—	—	1,45	1,82
0,50	—	—	1,56	1,94
0,60	—	—	1,63	2,03
0,70	—	—	1,68	2,10

Таблица XIV.11

Коэффициент  $C$ 

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $C$	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения $C$
Менее 5	0	50	0,5
10	0,10	60	0,6
20	0,2	70	0,8
30	0,3	80	0,9
40	0,4		

Таблица XIV.12

## Расчетная продолжительность осадков

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расчетная продолжительность осадков, мин	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расчетная продолжительность осадков, мин	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расчетная продолжительность осадков, мин
0,0001	4	0,05	24	5,0	48
0,0005	6	0,1	30	7,0	51
0,001	9	0,5	36	10,0	53
0,005	14	0,8	39	30,0	57
0,01	19	1,0	42	50,0	60

Таблица XIV.13

Коэффициенты  $n$  и  $k_0$  для малых бассейнов равнинных рек

Природная зона (район)	Значения $n$	Значения $k_0$ для категорий рельефа		
		I	II	III
<b>Зона тундры и лесная зона</b>				
Европейская территория СССР и Восточная Сибирь	0,17	0,010	0,008	0,006
Западная Сибирь	0,25	0,103	0,013	0,010
<b>Лесостепная и степная зоны</b>				
Европейская территория СССР (без Северного Кавказа)	0,25	0,020	0,015	0,012
Северный Кавказ	0,25	0,030	0,025	—
Западная Сибирь	0,25	0,030	0,020	0,015
<b>Зона засушливых степей и полупустынь</b>				
Западный и Центральный Казахстан	0,35	0,060	0,040	—

Таблица XIV.14

Коэффициент  $k_0$  для горных рек с весенне-летним половодьем

Географический район	Средняя высота бассейна над уровнем моря, м	Значения $k_0$	Географический район	Средняя высота бассейна над уровнем моря, м	Значения $k_0$
Урал	До 500	0,0025	Северо-Восток СССР	—	—
	Более 500	0,0018			
Кавказ	—	0,0045	Камчатка	—	0,0010
	До 1000	0,0025			
Алтай	1000—2000	0,0015	Северный Сахалин	—	0,0014
	Более 2000	0,0010	Южный Сахалин	—	0,0020
		0,0030			

Примечание. Для бассейнов рек Центрального Алтая (засушливые Чуйские степи)  $k_0=0,0007$ .

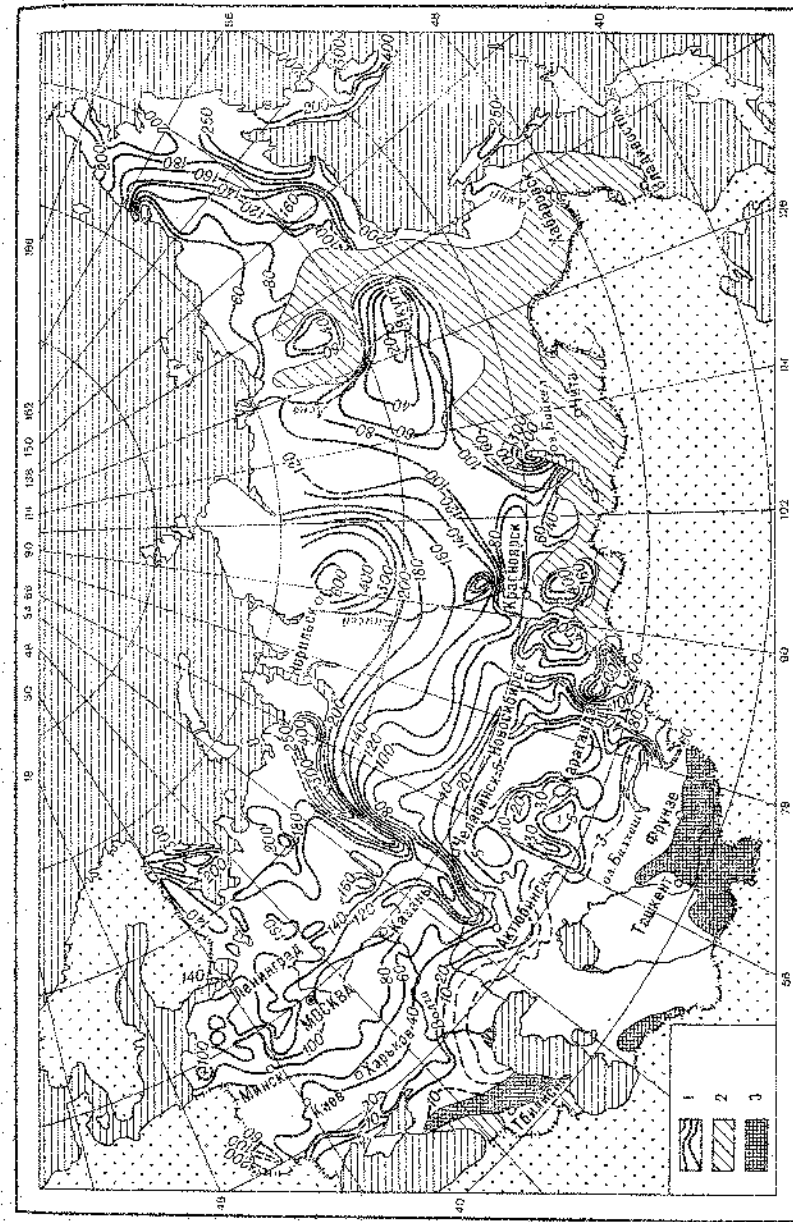


Рис. XIV.8. Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод.

1 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, за исключением малых водосборов, и изотония среднего слоя стока половодья, мм; 2 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 — горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется.

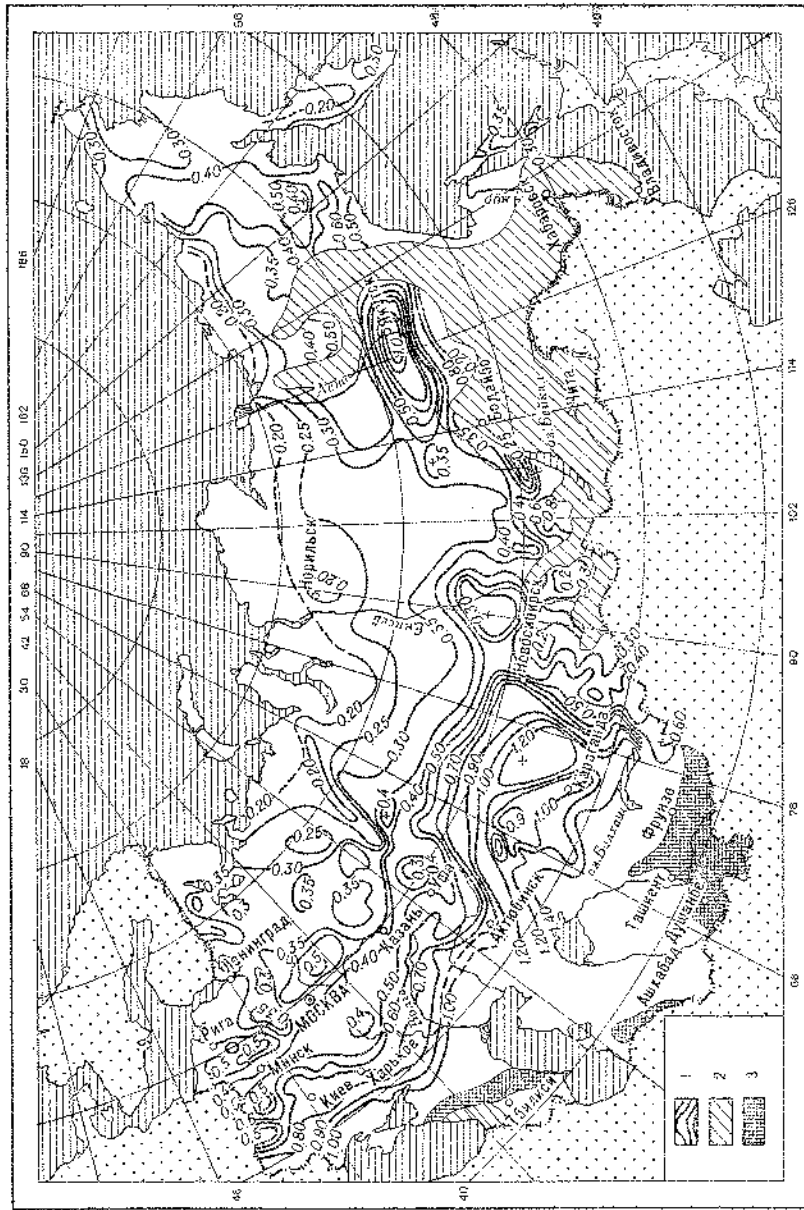


Рис. XIV.9. Карта коэффициента вариации слоя стока половодья: 1 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, и изолинии  $C_{\text{ст}}$  в которых расчетными являются максимальные расходы дождей; 2 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья; 3 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождей; 4 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, и изолинии  $C_{\text{ст}}$  в которых расчетными являются максимальные расходы дождей; 5 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, и изолинии  $C_{\text{ст}}$  в которых расчетными являются максимальные расходы дождей.

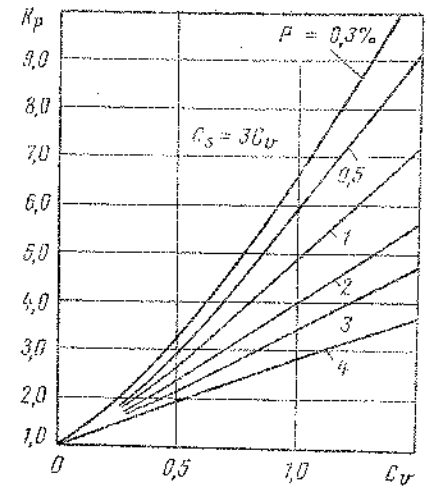
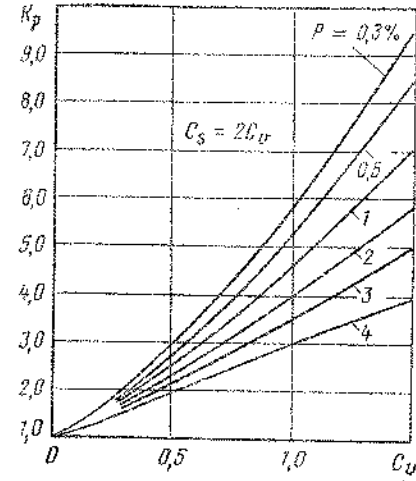


Рис. XIV.10. Модульные коэффициенты при гамма-параметрическом законе распределения

Таблица XIV.15

Поправочные коэффициенты к значениям высоты слоя стока  $\bar{h}$

Средний слой стока, снятый с карты, мм	Поправочные коэффициенты при площади водосбора, км <sup>2</sup>				
	Менее 10	100	500	1000	5000
Менее 100	3,5	2,3	1,6	1,6	1,0
От 10 до 15	2,5	1,6	1,4	1,2	1,0
> 15 > 30	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0

Ординаты кривых заданной ВП для определения расчетного значения слоя половодья  $h_p$  находят по таблицам обычным способом или по рис. XIV.10, где даны отношения

$$K_p = h_p / \bar{h} \quad (\text{XIV.9})$$

Коэффициент  $\delta_2$  для малых водосборов, особенно при учете озерности в величине слоя стока, можно принимать равным 1, так как болота на малых бассейнах могут быть осушены, а лес на незначительных площадях может быть сведен полностью.

### § XIV.3. НОРМЫ ДОПУСКАЕМЫХ СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ

Допускаемые скорости течения воды для грунтов используются при расчетах размыва в канавах, за малыми водопропускными сооружениями, для проверки возможности геологического ограничения размыва под большими мостами. Нормы допускаемых скоростей течения для укреплений необходимы, чтобы назначить виды укреплений канав, подмостовых русел и укреплений различных других сооружений, подверженных воздействию воды.

В табл. XIV.16 приведены допускаемые донные и средние скорости течения для несвязных грунтов. Донные неразмыывающие скорости для грунтов с размером частиц крупнее  $d=1$  мм подсчитаны по зависимости

Донные и средние допусаемые (неразмывающие) скорости для несвязных грунтов

Грунт	Разновидности	Размер частиц, мм	Длина в направлении течения, м	Число, при значении для естественных русел	Глубина искусственных русел, м																			
					Средние неразмывающие скорости $v_{ср}$ , м/с, при постоянном равномерном движении воды																			
					0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20			
Песок	Мелкий Средний Крупный	0,05 0,25 1,00	0,20 0,20 0,20	0,30 0,30 0,35	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20				
					0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35		
					0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	
Гравий	Мелкий Средний Крупный	2,50 5 10	0,25 0,35 0,60	0,35 0,50 0,70	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35				
					0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70		
					0,85	1,05	1,05	1,20	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	
Галька	Мелкая Средняя Крупная	15 25 40	0,60 0,80 1,00	0,90 1,15 1,45	1,10	1,25	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70				
					1,30	1,50	1,70	1,90	2,10	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	
					1,50	1,70	1,90	2,10	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	
Булыжник	Мелкий Средний Крупный	75 100 150	1,40 1,60 1,95	1,95 2,25 2,80	2,10	2,40	2,60	2,75	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40				
					2,30	2,60	2,95	3,30	3,60	3,70	3,85	3,95	4,05	4,15	4,20	4,30	4,45	4,55	4,65	4,75	4,80	4,85	4,90	
					2,50	2,80	3,15	3,50	3,80	4,10	4,35	4,60	4,85	5,10	5,30	5,40	5,60	5,70	5,85	5,95	6,05	6,15	6,20	6,25
Валуны	Мелкие Средние Крупные	200 300 400	2,35 3,15 4,50	3,20 3,95 4,50	3,20	3,95	4,50	5,10	5,70	6,30	6,90	7,50	8,10	8,70	9,30	9,90	10,50	11,10	11,70					
					3,40	4,15	4,80	5,40	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,00	9,60	10,20	10,80	11,40	12,00	12,60	13,20	13,80		
					3,60	4,35	5,00	5,60	6,20	6,80	7,40	8,00	8,60	9,20	9,80	10,40	11,00	11,60	12,20	12,80	13,40	14,00	14,60	

Таблица XIV.17

Допускаемые (неразмывающие) элементарные расходы для несвязных грунтов

Грунт	Разновидности	Размер частиц, мм	Длина в направлении течения, м	Число, при значении для естественных русел	Глубина русел, м																			
					Неразмывающие элементарные расходы, м <sup>3</sup> /с, при постоянном равномерном движении воды																			
					0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20			
Песок	Мелкий Средний Крупный	0,05 0,25 1,00	0,20 0,20 0,20	0,30 0,30 0,35	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20				
					0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35		
					0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	
Гравий	Мелкий Средний Крупный	2,50 5 10	0,25 0,35 0,60	0,35 0,50 0,70	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35				
					0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70		
					0,85	1,05	1,05	1,20	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	
Галька	Мелкая Средняя Крупная	15 25 40	0,60 0,80 1,00	0,90 1,15 1,45	1,10	1,25	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70				
					1,30	1,50	1,70	1,90	2,10	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	
					1,50	1,70	1,90	2,10	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	
Булыжник	Мелкие Средние Крупные	200 300 400	1,40 1,60 1,95	1,95 2,25 2,80	2,10	2,40	2,60	2,75	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40				
					2,30	2,60	2,95	3,30	3,60	3,70	3,85	3,95	4,05	4,15	4,20	4,30	4,45	4,55	4,65	4,75	4,80	4,85	4,90	
					2,50	2,80	3,15	3,50	3,80	4,10	4,35	4,60	4,85	5,10	5,30	5,40	5,60	5,70	5,85	5,95	6,05	6,15	6,20	6,25

Таблица XIV.18

Допускаемые (неразмыывающие) скорости для связных грунтов

Грунт	Равновидность	Донная неразмыывающая скорость, м/с	Средние неразмыывающие скорости, м/с, при значениях $\sigma$ для естественных русел	Глубина русла, м				
				0,2-0,5	1	2	3 и более	
				0,7	0,9	Средние неразмыывающие скорости, м/с, при плоском равномерном движении воды		
Сунесь	Малоплотная	0,20	0,30	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
	Среднеплотная	0,30	0,45	0,35	0,30	0,40	0,45	0,50
	Плотная	0,40	0,55	0,45	0,40	0,50	0,55	0,60
	Очень плотная	0,50	0,70	0,55	0,50	0,60	0,70	0,80
Глина и суглинок	Малоплотные	0,35	0,50	0,40	0,35	0,40	0,45	0,50
	Среднеплотные	0,70	1,00	0,80	0,70	0,85	0,95	1,10
	Плотные	1,00	1,40	1,10	1,00	1,20	1,40	1,50
	Очень плотные	1,40	2,00	1,55	1,55	1,40	1,90	2,10
Лёсс	Малоплотный	0,30	0,45	0,35	0,30	0,40	0,45	0,50
	Среднеплотный	0,60	0,85	0,65	0,60	0,70	0,80	0,85
	Плотный	0,80	1,15	0,90	0,80	1,00	1,20	1,30
	Очень плотный	1,10	1,55	1,20	1,10	1,30	1,50	1,70

$$v_{0д} = 1,6 \sqrt{gd}. \quad (XIV.10)$$

Для более мелких грунтов эта скорость пропорциональна крупности частиц в степени  $1/4$ , а для совсем мелких грунтов она не зависит от крупности. Наименьшая неразмыывающая скорость не может быть меньше 0,2 м/с.

Переход от донной неразмыывающей скорости к средней осуществляется делением на переходный коэффициент  $\sigma$ . Для русел рек  $\sigma=0,7$  и  $\sigma=0,9$  (соответственно, в меженной и подбочковой его частях). Для искусственных русел, каналов и т. д. (см. табл. XIV.16) переходный коэффициент вычислялся по формуле

$$\sigma = \left(\frac{h}{d}\right)^{1/5}. \quad (XIV.11)$$

При расчетах удобно пользоваться величинами допускаемых элементарных расходов, а не скоростей, т. е.

$$q_0 = v_0 h. \quad (XIV.12)$$

Данные о величинах  $q_0$  для разных глубин приведены в табл. XIV.17.

Для связных грунтов величина неразмыывающей скорости течения зависит не от крупности частиц грунта, а от его плотности и внутреннего сцепления, меньшего в сунесях, лёссах и большего в глинах. Величины допускаемых донных и средних скоростей при различных коэффициентах перехода  $\sigma$  приведены в табл. XIV.18.

Допускаемые скорости течения воды для некоторых типов укреплений, по временным нормам, утвержденным МПС в 1951 г., приведены в табл. XIV.19.

Таблица XIV.19

Допускаемые скорости течения воды для укреплений

Тип укрепления	Размер камня, см	Средняя глубина потока, м			
		0,4	1,0	2,0	3,0
		Допускаемые скорости течения, м/с			
Однорядка плашмя	—	0,9	1,1	1,3	1,4
» в стенку	—	1,5	1,8	2,0	2,2
Однорядное мощение на щебне	15	2,5	3,0	3,5	4,0
То же	20	3,0	3,5	4,0	4,5
»	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Однорядное мощение с подбором лица и грубым приколом на щебне	20	3,5	4,5	5,0	5,5
То же	25	4,0	4,5	5,5	5,5
»	30	4,0	5,0	6,0	6,0
Двойное мощение из равного камня на щебне	15-20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутовая кладка из известняка	—	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон марки 150	—	6,0	7,0	8,0	9,0
Бутовая кладка из камня крепких пород	—	6,5	8,0	10,0	12,0

Примеры использования табл. XIV.16—XIV.18. 1. Элементарный расход воды в отверстии малого моста без укрепления  $q=2,8$  м<sup>3</sup>/с. Грунт — мелкий песок. Глубина до размыва 2 м.

Необходимо определить глубину после размыва.

По табл. XIV.17 устанавливаем интерполяцией, что  $q=2,8$  м<sup>3</sup>/с соответствует глубине после размыва  $h=4$  м.

2. Средняя скорость течения в русле под большим мостом после размыва 1,45 м/с. Ожидаемая глубина после размыва  $h=14$  м.

На глубине 10 м размываем вскрыт пласт мелкой гальки. Необходимо установить, будет ли галька ограничивать размыв.

По табл. XIV.16 устанавливаем, что средняя неразмыывающая скорость для мелкой гальки в русле (при  $\sigma=0,7$ ) равна всего  $v_0=0,90$  м/с.

Следовательно, мелкая галька размыва не ограничит.

3. Определить по условиям примера 1, при какой скорости течения прекратится размыв.

По табл. XIV.16 находим, что мелким пескам при  $h=4$  м соответствует средняя неразмыывающая скорость  $v_0=0,70$  м/с.

#### § XIV.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ КАНАВ

Дорожные канавы рассчитывают по уравнению равномерного движения жидкости. Если длина канавы (обычного кювета) невелика, то расчет ведут по одному значению расхода, фактически собирающемуся только к замыкающему сечению расчетного участка. При большой длине каява (например, нагорных) или при большой площади, с которой вода стекает к канаве, целесообразно делить канаву на участки по длине и рассчитывать каждый участок на свою величину расхода.

Площадь, с которой вода стекает в низовой кювет длиной  $l$ , определяется половиной ширины дороги. К верховому кювету вода стекает не только с половины ширины дороги, но и может притекать с пространства до нагорной



Коэффициенты шероховатости

Укрепление	Значение $n$	Укрепление	Значение $n$
Засев травой или одерновка	0,025	Бетонные плиты	0,017
Мошение	0,020	Неукрепленные каналы	0,030

каналы, а при ее отсутствии — с некоторой площади, контуры которой могут быть найдены по плану в горизонталях. Для расчета более опасного ливневого стока к каналам используется формула полного стока (в связи с малостью площадей бассейнов).

$$Q_{\text{пс}} = 16,7 K_t \max a_{\text{час}} F. \quad (\text{XIV.13})$$

Шероховатость стенок каналов определяется их укреплением и назначается по табл. XIV.20.

Типы укрепления каналов выбирают на основании результатов гидравлического расчета. Обычно при уклоне дна 5—10‰ каналу устраивают без укрепления. При больших уклонах принимаются следующие типы укреплений:

при уклонах дна от 10 до 30‰ — засев травой или одерновка; от 30 до 50‰ — бетонные плиты или мошение; при уклонах более 50‰ энергию потока гасят устройством специальных сооружений — перепадов и быстротоков (см. § XIV.6). Кроме указанных типов укрепления, используют также глинобетон и обрабатывают грунт вяжущими материалами.

Одерновку плашмя и в стенку применяют для укрепления откосов. Дно укрепляют одерновкой только при ширине канала более 1 м (рис. XIV.11, а).

При ширине менее 1 м дно укрепляют щебнем, крупным гравием, доменным шлаком с утрамбовкой и т. д. Толщина слоя щебня 8—10 см. Дерн (для укрепления одерновкой плашмя) должен быть свежий, луговой, плотный. Торфяной и болотный дерн непригоден. Запрещается применять дернины пологанные, с нарушенной корневой системой. Размер штучных дернин должен быть не менее 20×25 см, толщина дерна 6—8 см. Дернины укладывают с перевязкой швов. При укреплении одерновкой в стенку (с обязательным перекрытием всех швов) дернина должна перекрывать соседнюю дернину с каждой стороны не менее чем на 6—8 см. В засушливых районах и в особо сухих местах одерновка плашмя и в стенку не допускаются.

Мошение (рис. XIV.11, б) производится камнем высотой 12—14, 14—16 и 16—18 см. При песчаных и супесчаных грунтах обязательна укладка между грунтом и каменным мошением слоя глины толщиной 10—15 см. Мошение выполняют на слое сена, мха, соломы или щебня. Камни при устройстве укрепления должны быть уложе-

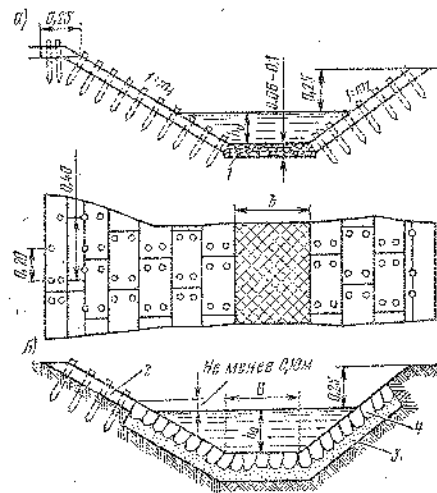


Рис. XIV.11. Укрепления каналов:  
а — дерном (дно щебнем); б — мошением;  
1 — щебень; 2 — дерн; 3 — подготовка под мошение; 4 — камень

ны плотно, тычком, с тщательным заполнением промежутков щебнем и утрамбовкой. Укладка отдельных камней плашмя не допускается.

Для устройства глинобетонных укреплений применяется глинобетон из мягкой жирной глины с щебнем из природного камня или кирпича. Толщина глинобетонного укрепления должна составлять 25 см в районах с умеренным климатом и 15 см в южных районах.

Допускаемые скорости течения воды для глинобетонных укреплений принимают, как для плотной твердой глины. Слой глинобетона может успешно применяться в качестве основания для одиночной мостовой при супесчаных грунтах укрепляемого русла.

Укрепление грунтов путем обработки их вяжущими материалами (парафиновой нефтью, мазутом, нефтяными остатками, жидким битумом, дегтем и др.) целесообразно применять при строительстве дорог на песчаных и супесчаных грунтах. Толщина обработанного слоя грунта должна находиться в пределах от 5 до 10 см. Обработку ведут методом смешения. При толщине грунта, обработанного органическими вяжущими материалами, 5 см допускаются скорости течения до 1 м/с, а при толщине 10 см — до 5 м/с.

Укрепления одерновкой и мошением очень трудоемки. В связи с этим в последнее время все более широкое распространение получают индустриальные типы укрепления или приемы, поддающиеся механизации, например засев трав по подготовленному грунту вместо одерновки. При больших скоростях течения можно применять залитку тощим бетоном (на низких марках цемента) по подготовленному щебеночному слою. Особенно широко применяется облицовка в виде бетонных плит размером 50×50×8 см.

Выбор того или иного типа укрепления канала зависит от скорости протекания воды, назначения канала и наличия местных материалов.

Тип укрепления выбирается по табл. XIV.16, XIV.18, XIV.19.

Скорость течения воды определяется по формуле Шези—Маннинга.

$$v = \frac{R^{2/3} i^{1/2}}{n} = C \sqrt{Ri}, \quad (\text{XIV.14})$$

где  $R$  — гидравлический радиус;  $i$  — уклон дна;  $C$  — коэффициент Шези.

Для вычисления  $C = R^{1/6}/n$  можно использовать график (рис. XIV.12).

Гидравлические элементы трапецидальных каналов могут быть найдены по зависимостям:

а) площадь сечения потока

$$\omega = bh + \frac{m_1 + m_2}{2} h^2, \quad (\text{XIV.15})$$

где  $h$  — глубина воды, несколько меньшая, чем полная глубина канала (приблизительно на 0,2 м);  $b$  — ширина канала по дну;

б) смоченный периметр

$$\kappa = b + h(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}), \quad (\text{XIV.16})$$

где  $m_1$  и  $m_2$  — в общем случае неравные показатели крутизны откосов каналов. Обычно крутизна откосов  $m$  составляет около 1:3.

При  $b = 0$  приведенные выше формулы будут справедливы для треугольного поперечного сечения каналов;

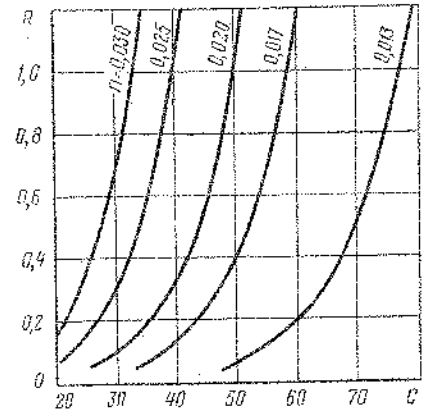


Рис. XIV.12. График для определения коэффициента Шези

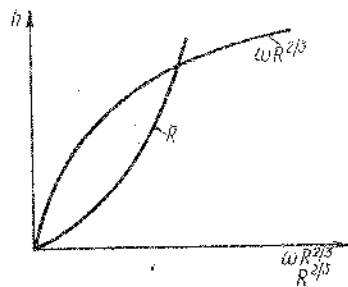


Рис. XIV.13. Графики к расчету канав

в) гидравлический радиус

$$R = \omega \cdot x, \quad (\text{XIV.17})$$

Наиболее часто встречаются две задачи расчета.

1-я задача. Определить пропускную способность канавы при заданной ее глубине  $h_{\text{кан}}$ , известном материале укрепления стенок и уклоне. В этом случае расчет сводится к определению допустимой глубины воды в канаве  $h_{\text{кан}} = z$ , где  $z$  — запас по какому-либо заданному условию или 0,2 м; затем по формулам (XIV.15, XIV.16, XIV.17) определяют гидравлические элементы потока, по формуле (XIV.14) находят скорость и вычисляют пропускную способность канавы.

2-я задача. Определить глубину наполнения канавы, зная ее уклон, расход; подобрать тип укрепления. Задача решается последовательными приближениями, так как скорость течения зависит от шероховатости, а шероховатость соответствует типу укрепления, назначаемому по скорости течения.

Рекомендуется графо-аналитическое решение, которое сводится к построению графика

$$\omega R^{2/3} = \frac{Qn}{i^{1/2}} = f(h). \quad (\text{XIV.18})$$

Задавая несколько значений  $h$ , вычисляют по формулам (XIV.15), (XIV.16), (XIV.17)  $R$ , а затем функцию  $R^{2/3}$  и  $\omega R^{2/3}$  и строят график (рис. XIV.13).

Откладывая на оси абсцисс значения  $h$  при различных  $n$  (соответствующих разным типам укреплений), где  $A = Q/i^{1/2}$ , получают глубину и соответствующие им функции  $R^{2/3}$ . Затем вычисляют скорости по полученным глубинам наполнения:

$$v = \frac{R^{2/3}}{n} i^{1/2} \quad (\text{XIV.19})$$

и проверяют соответствие их принятым типам укреплений.

#### § XIV.5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЙ МАЛЫХ МОСТОВ И ТРУБ

Трубы могут быть круглыми и прямоугольными (соответственно действующему типовому проекту), иметь одно, два или три очка.

При пропуске расчетных паводков трубы должны работать, как правило, в безнапорном режиме. Как исключение на автомобильных и особенно на городских дорогах допускаются полунапорный или напорный режимы при условии принятия конструктивных мер, обеспечивающих устойчивость труб и земляного полотна против фильтрации воды.

При безнапорном режиме протекания воды возвышение высшей точки внутренней поверхности трубы над уровнем воды должно быть в круглых и сподчатых трубах высотой до 3 м — не менее  $\frac{1}{4}$  высоты трубы в свету, а высотой более 3 м — не менее 0,75 м; в прямоугольных трубах высотой до 3 м — не менее  $\frac{1}{6}$  высоты трубы в свету, а высотой более 3 м — не менее 0,5 м.

На автомобильных и городских дорогах применяются трубы отверстием не менее 0,75 м (на съездах — не менее 0,5 м). Для удобства эксплуатации рекомендуется применять при длине менее 20 м трубы отверстием не менее 1 м, а при большей длине — отверстием не менее 1,25 м. Трубы нельзя устраивать там, где возможны наледь и ледоход (т.е. на постоянных водотоках). Не допускается применение труб и при карцеходе.

В зависимости от глубины подтопления и типа входного оголовка в трубах устанавливаются следующие режимы протекания:

безнапорный, если подпор меньше высоты трубы на входе либо превышает ее не более чем на 20%. На всем протяжении трубы поток имеет свободную поверхность (рис. XIV.14, а);

полунапорный, возникающий при оголовках обычных типов в тех случаях, когда подпор превышает высоту трубы на входе более чем на 20%. На входе труба работает полным сечением, а на всем остальном протяжении поток имеет свободную поверхность (рис. XIV.14, б);

напорный режим, который устанавливается при специальных входных оголовках обтекаемой формы и при подтоплении верха трубы на входе более чем на 20%. На большей части длины труба работает полным сечением и лишь у выхода поток может иметь свободную поверхность (рис. XIV.14, в).

При значительном подтоплении входа в трубу напорный режим может возникнуть периодически и при оголовках обычных типов. Однако из-за прорывов воздуха через образующуюся у входного отверстия воронку протекание воды в этом случае переходит часто на полунапорный режим.

Расчетные формулы пропускной способности труб, соответствующие трем режимам протекания воды в трубах, следующие:

а) безнапорный режим

$$Q_c = \omega_c v_c = \varphi_0 \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (\text{XIV.20})$$

где  $h_c \approx 0,9h_{\text{кр}}$ .

Зная, что  $v_{\text{кр}} \approx 0,9v_c$ , можно записать  $h_c = 0,9h_{\text{кр}} = 0,73 \frac{v_c^2}{g}$ , и далее, зная связь между глубиной  $H$  и  $h_c$ , выражаемую формулой

$$H = h_c + \frac{v_c^2}{2g\varphi_0^2} = \left(0,73 + \frac{0,5}{\varphi_0^2}\right) \frac{v_c^2}{g}, \quad (\text{XIV.21})$$

получаем при обычном  $\varphi_0 = 0,85$  (для всех оголовков, кроме обтекаемого, обеспечивающего протекание по напорному режиму)

$$H = 1,42 \frac{v_c^2}{g} \approx 2h_c. \quad (\text{XIV.22})$$

$$\text{Тогда } Q_c = 0,85\omega_c \sqrt{gH}. \quad (\text{XIV.23})$$

Здесь  $\omega_c$  — площадь сжатого сечения потока в трубе, вычисляемая при глубине  $h_c = 0,5H$ .

Для прямоугольных сечений ( $\varphi_0 = 0,05bH$ )

$$Q_c = 0,425b \sqrt{g} H^{3/2}, \quad (\text{XIV.24}) \quad \text{или } Q_c = 1,33bH^{3/2}, \quad (\text{XIV.25})$$

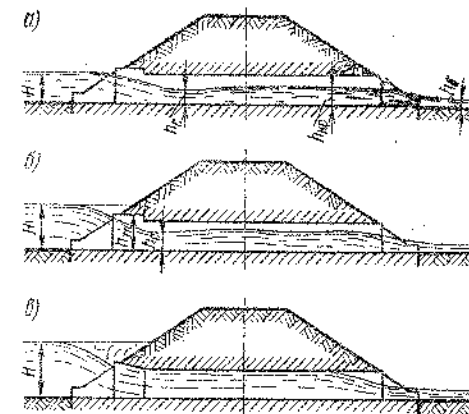
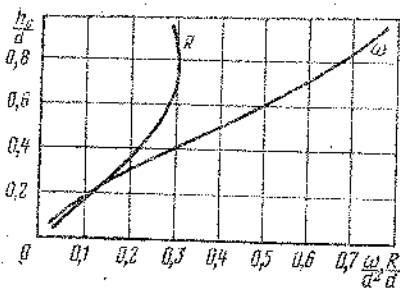


Рис. XIV.14. Режимы работы труб



что соответствует коэффициенту расхода водослива  $m=0,90$ .  
Для круглых поперенных сечений площадь  $\omega$  может быть вычислена с помощью графика (рис. XIV.15), на котором даны величины

$$\frac{\omega_c}{d^2} = f\left(\frac{h_c}{d}\right), \quad (XIV.26)$$

где  $d$  — диаметр трубы;  
б) полунапорный режим:

$$Q_c = v_c \omega_c = \varphi_{II} \omega_c \sqrt{2g(H-h_c)}, \quad (XIV.27)$$

Рис. XIV.15. Графики для расчета круглых сечений

где  $h_c = 0,6 h_{вх}$  ( $h_{вх}$  — высота входа в трубу).

При обычных значениях  $\varphi_{II} = 0,85$  и  $\omega_c = 0,6 \omega_{вх}$

$$Q_c = 0,51 \omega_{вх} \sqrt{2g(H-0,6h_{вх})}. \quad (XIV.28)$$

Полное сечение входа легко вычисляется как для прямоугольного, так и для круглого сечения;

в) напорный режим:

$$Q_c = \varphi_{II} \omega_T \sqrt{2g(H-h_T)}, \quad (XIV.29)$$

где  $\omega_T$  и  $h_T$  — площадь сечения и высота основного протяжения трубы. Значение  $\varphi_{II} = 0,95$  (для обтекаемого оголовка, обеспечивающего установление напорного режима).

Для разных режимов протекания воды обычно составляют расчетные таблицы или графики пропускной способности типовых труб (табл. XIV.21—XIV.24, рис. XIV.16, XIV.17).

При назначении отверстий труб необходимо учитывать аккумуляцию ливневых вод в пруду перед сооружением. При этом заранее нельзя назвать степень снижения расчетного расхода, так как глубина воды перед сооружением (глубина пруда) еще неизвестна. Это усложняет расчет и заставляет выполнять его либо путем последовательных приближений, либо графо-аналитическим приемом.

Малые искусственные сооружения почти всегда сильно стесняют поток и изменяют его бытовой режим. В результате временного накопления перед сооружением части паводка гидрограф притока трансформируется в более растянутый во времени гидрограф сброса, что приводит к снижению расчетного сбросного расхода воды в сооружении  $Q_c$  по сравнению с наибольшим секунд-

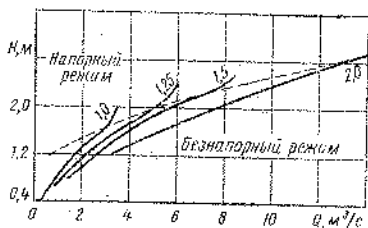


Рис. XIV.16. График для определения пропускной способности круглых типовых труб. Цифры на кривых — отверстия трубы, м



Рис. XIV.17. График для определения пропускной способности прямоугольных типовых труб. Цифры на кривых — отверстия труб, м

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Диаметр отверстия, м	Расход, м <sup>3</sup> /с	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с	Диаметр отверстия, м	Расход, м <sup>3</sup> /с	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
<b>Портальный оголовок</b>							
0,75	0,20	0,41	1,40	1,50	3,90	1,74	3,80
	0,40	0,62	1,70		2,50	1,19	2,90
	0,60	0,79	2,00		2,80	1,27	3,00
<b>Раструбный оголовок с нормальным входным звеном</b>							
1,00	0,60	0,68	2,10	1,75	4,25	1,63	3,50
	0,80	0,81	2,30		4,70	1,75	3,70
	1,00	0,93	2,40		5,00	1,81	3,70
	11,20	1,05	2,60		6,00	2,08	4,10
	1,40	1,16	2,80				
<b>Раструбный оголовок с коническим входным звеном</b>							
1,00	0,80	0,57	1,40	2,00	4,50	1,47	3,20
	1,00	0,84	2,40		5,00	1,55	3,30
	1,40	1,03	2,70		5,50	1,65	3,40
	1,65	1,14	2,90		6,00	1,73	3,50
	2,00	1,31	3,30		6,50	1,81	3,60
	2,20	1,39	3,40		7,00	1,90	3,70
1,25	1,00	0,77	2,20	7,50	1,98	3,80	
	1,50	0,95	2,50	8,00	2,06	3,90	
	2,00	1,13	2,70	8,50	2,14	4,00	
	2,50	1,29	3,00	9,00	2,22	4,10	
				9,50	2,31	4,20	
				10,00	2,38	4,30	
1,50	2,70	1,37	3,20	10,50	2,46	4,30	
	3,00	1,46	3,30	11,00	2,54	4,50	
	3,50	1,61	3,50	12,50	2,78	4,80	

ным притоком с бассейна  $Q$  (рис. XIV.18). Объем накопившейся воды  $W_{пр}$  при общем объеме стока  $W$  зависит от гидрографа притока, отверстия сооружения и рельефа участка местности, в пределах которого образуется временный водоем.

Расход воды в отверстии сооружения определяется высотой подпора воды над входным лотком. При крутых, ярко выраженных логах этот подпор даже в течение ливневого паводка обычно достигает размеров, обеспечивающих практическое равенство расхода воды в отверстии наибольшему секундному притоку; объем воды, накопившейся перед сооружением, по сравнению с объемом всего паводка оказывается незначительным и практически не влияет на работу сооружения. При определении отверстия сооружения в таких случаях в качестве расчетного расхода может приниматься наибольший расход водотока заданной обеспеченности. Также без учета аккумуляции рассчитывают сооружения на пропуск паводков от таяния снега, всегда растянутых во времени.

При относительно пологих, развалистых или слабо выраженных логах образование подпора перед сооружением сопряжено с затоплением значительных площадей и накоплением перед полотном дороги больших объемов

Гидравлические характеристики типовых круглых труб Таблица XIV.22

Тип оголовка	Диаметр отверстия трубы, м	Расход, м³/с	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
<b>Полунапорный режим</b>				
Раструбный с входным звеном	нормальным	1,00	1,60	3,30
			2,00	4,10
			2,40	4,90
			2,80	5,70
			3,00	6,00
<b>Напорный режим</b>				
Раструбный с входным звеном	нормальным	1,00	3,00	4,20
		1,25	5,00	5,00
			6,00	5,40
Раструбный с входным звеном	коническим	1,50	7,00	5,40
			8,00	5,00
			8,50	5,30
		2,00	13,50	4,90
			14,50	5,10
			16,00	5,70
			16,50	6,10

Таблица XIV.23

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход, м³/с, при отверстии трубы, м				Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
2,0×2,0	2,5×2,0	3,0×2,5	4,0×2,5		
1,00	1,25	1,50	2,00	0,45	1,80
2,00	2,50	3,00	4,00	0,71	2,30
3,00	3,75	4,50	6,00	0,94	2,70
4,00	5,00	6,00	8,00	1,13	2,90
5,00	6,25	7,50	10,00	1,32	3,20
6,00	7,50	9,00	12,00	1,48	3,40
7,00	8,75	10,50	14,00	1,66	3,50
8,00	10,00	12,00	16,00	1,82	3,90
9,00	11,25	13,50	18,00	1,97	4,10
10,00	12,50	15,00	20,00	2,11	4,20
11,00	13,75	16,50	22,00	2,27	4,40
12,00	15,00	18,00	25,00	2,49	4,60
14,00	17,50	21,00	28,00	2,65	4,70
15,00	18,75	22,50	30,00	2,77	4,80

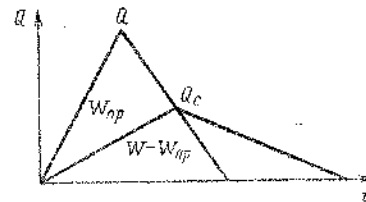


Рис. XIV.18. Трансформация графика притока воды к сооружению из-за аккумуляции

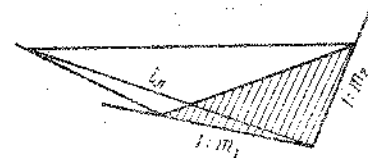


Рис. XIV.19. Схемы к определению объема пруда

воды. Последние составляют уже существенную часть общего объема паводка. Подпор воды перед сооружением возрастает медленно и обычно не успевает достичь величины, обеспечивающей равенство сброса наибольшему притоку ливневого паводка. Расход воды в отверстии сооружения оказывается часто во много раз меньшим расчетного расхода притока. В таких случаях аккумуля-

Таблица XIV.24

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход, м³/с	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с	Расход, м³/с	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
<b>Отверстие трубы 2,0×2,0 м</b>			<b>Отверстие трубы 3,0×2,5 м</b>		
15,40	2,88	6,10	23,00	2,86	4,80
16,00	2,99	6,30	23,50	2,92	4,90
16,50	3,07	6,50	24,00	2,98	5,00
17,00	3,16	6,70	24,50	3,04	5,10
17,50	3,25	6,90	25,00	3,10	5,20
18,00	3,35	7,10	25,50	3,16	5,50
19,00	3,56	7,50	26,00	3,22	5,50
20,00	3,75	7,90	27,00	3,34	5,70
21,00	3,97	8,30	28,00	3,47	5,90
			29,00	3,61	6,10
			30,00	3,75	6,30
			31,00	3,89	6,40
			31,50	3,97	6,60
<b>Отверстие трубы 2,5×2,0 м</b>			<b>Отверстие трубы 4,0×2,5 м</b>		
19,30	2,88	6,10	31,00	2,89	4,90
20,00	2,97	6,30	32,00	2,98	5,00
20,50	3,04	6,50	33,00	3,07	5,20
21,00	3,11	6,60	34,00	3,16	5,40
21,50	3,19	6,80	35,00	3,25	5,50
22,00	3,25	6,90	36,00	3,35	5,70
23,00	3,40	7,20	37,00	3,44	5,80
24,00	3,57	7,50	38,00	3,54	6,00
25,00	3,74	7,90	39,00	3,64	6,10
26,00	3,91	8,20	40,00	3,75	6,30
26,50	4,00	8,30	41,00	3,86	6,40
			42,00	3,97	6,60

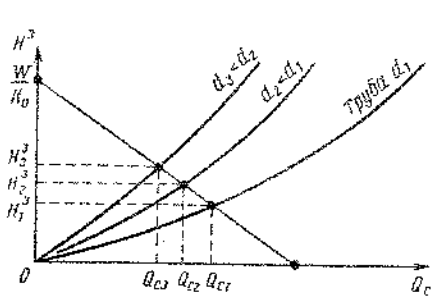


Рис. XIV.20. Графо-аналитический прием учета аккумуляции

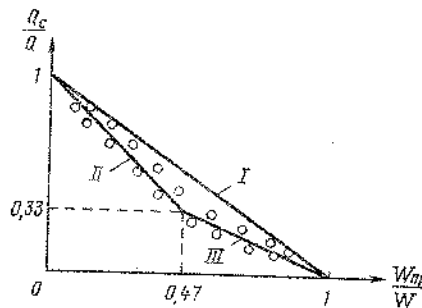


Рис. XIV.21. График функции  $\lambda = f(W_{пр} : W)$

ляция воды должна учитываться при определении величины отверстия сооружения для пропуска ливневого стока.

Часть площади гидрографа притока, расположенная выше кривой сбросных расходов (см. рис. XIV.18), представляет собой объем накопления воды перед сооружением. Отношение между объемом накопления и суммарным притоком с бассейна  $W$  определяет степень трансформации паводка и может служить показателем регулирующей способности резервной емкости лога перед сооружением.

Установим, в какой мере рельеф местности и размеры отверстия сооружения влияют на объем накопления. Зависимость  $W_{пр} = f(H)$  может быть выражена кривой, построенной по плану в горизонталях участка местности перед сооружением. В частном случае, когда склоны бассейна имеют однообразные уклоны и могут быть представлены в виде двух плоскостей, пересекающихся по линии лога, эту зависимость можно записать так (рис. XIV.19):

$$W_{пр} = \frac{m_1 + m_2}{6i_x} H^3 = \kappa_0 H^3, \quad (XIV.30)$$

где  $m_1$ ,  $m_2$  и  $i_x$  — средние уклоны лога и склонов.

Принимая, по Д. И. Кочерину, треугольную форму гидрографов притока и сбросных расходов, получим

$$Q_c = Q \left(1 - \frac{W_{пр}}{W}\right) = Q \left(1 - \frac{\kappa_0 H^3}{W}\right) = \lambda Q. \quad (XIV.31)$$

Величина  $\lambda$ , учитывающая рельеф местности и размеры отверстия сооружения, может быть названа коэффициентом аккумуляции и легко вычислена при известных  $\kappa_0$ ,  $H$  и  $W$ .

При использовании расчетных таблиц пропускной способности труб учет аккумуляции может быть выполнен только подбором. При использовании графиков можно выполнить расчет графо-аналитическим приемом О. А. Рассказова, заключающимся в том, что график перестраивают в новую систему координат ( $Q_c$  и  $H^3$ ), на котором уравнение (XIV.31) выражается уже прямой линией (рис. XIV.20). Для построения прямой аккумуляции достаточно соединить по линейке точки с координатами  $Q$  (на оси  $Q_c$ ) и  $W/\kappa_0$  (на оси  $H^3$ ). Точка пересечения прямой аккумуляции с кривой пропускной способности трубы определяет  $Q_c$  и  $H$ .

Выполняя при помощи ЭВМ построение гидрографов по балансу объемов стока и интервалам времени и численное интегрирование дифференциального уравнения аккумуляции, А. А. Курганович (КАДИ) получил более точное решение, чем по уравнению (XIV.30) или (XIV.31). Результаты его расчетов на ЭВМ

Коэффициент аккумуляции

$\frac{W_{пр}}{W}$	Значения $\lambda$				$\frac{W_{пр}}{W}$	Значения $\lambda$			
	По расчету		Рекомендуемые для расчета			По расчету		Рекомендуемые для расчета	
	при $F < 10 \text{ км}^2$	при $F > 10 \text{ км}^2$	при $F < 10 \text{ км}^2$	при $F > 10 \text{ км}^2$		при $F < 10 \text{ км}^2$	при $F > 10 \text{ км}^2$	при $F < 10 \text{ км}^2$	при $F > 10 \text{ км}^2$
0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,55	—	—	0,26	0,31
0,05	—	—	0,97	0,97	0,60	0,23	0,27	0,23	0,27
0,10	0,88	0,84	0,90	0,90	0,65	—	—	0,20	0,24
0,15	—	—	0,82	0,82	0,70	0,16	0,22	0,17	0,21
0,20	0,72	0,74	0,73	0,73	0,75	—	—	0,14	0,18
0,25	—	—	0,62	0,62	0,80	0,12	0,15	0,12	0,15
0,30	0,53	0,55	0,53	0,55	0,85	—	—	0,10	0,12
0,35	—	—	0,45	0,50	0,90	0,07	0,09	0,08	0,09
0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,95	—	—	0,04	0,05
0,45	—	—	0,35	0,40	1,00	0	0	0	0
0,50	0,28	0,35	0,30	0,35					

приведены в табл. (XIV.25). Расчет выполняется непосредственно по уравнению

$$Q_c = \lambda Q, \quad (XIV.32)$$

где  $\lambda$  — коэффициент трансформации, но выражаемый более сложной функцией

$$\lambda = f\left(\frac{W_{пр}}{W}\right),$$

чем по формуле (XIV.31).

Использование табл. XIV.25 и формулы (XIV.32) в расчетах отверстий мостов возможно следующим образом: задают предельный подпор перед сооружением  $H$ ; вычисляют объем пруда  $W_{пр}$ ; зная объем стока  $W$ , находят по таблице величину  $\lambda$ ; вычисляют  $Q_c$ .

При расчете отверстий труб эта последовательность расчета, очевидно, используется с трудом, так как задать глубину воды, не зная сбросного расхода  $Q_c$ , не представляется возможным.

Основываясь на результатах массовых расчетов А. А. Кургановича на ЭВМ (см. табл. XIV.25), можно уточнить учет аккумуляции и при назначении отверстий труб. Эти расчеты показали, что фактическое очертание кривой сбросных расходов по сравнению с прямой Д. И. Кочерина приводит к большему снижению расчетного расхода. При этом прямая Д. И. Кочерина заменена О. В. Андреевым двумя отрезками II и III прямыми (рис. XIV.21), один из которых охватывает всю зону снижения сбросных расходов, разрешаемую нормами СН 200-62, по которым уменьшение расхода в сооружении не допускается более чем в 3 раза.

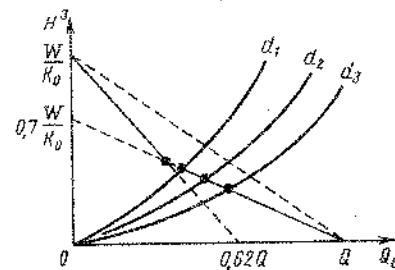


Рис. XIV.22. Уточненный графо-аналитический прием учета аккумуляции

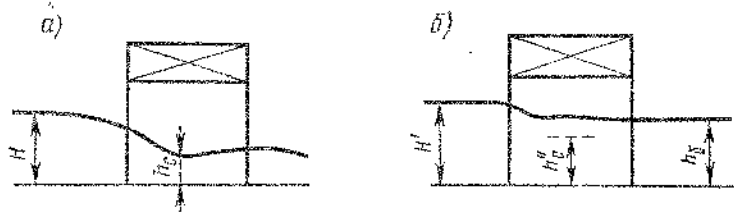


Рис. XIV.23. Схемы протекания воды под малыми мостами

Уравнения двух отрезков прямых оказываются такими: для зоны  $Q_c/Q$  от 1 до 0,33

$$Q_c = Q \left[ 1 - \frac{W_{пр}}{0,7W} \right]; \quad (XIV.33)$$

для неиспользуемой зоны  $Q_c/Q < 0,33$

$$Q_c = 0,62Q \left[ 1 - \frac{W_{пр}}{W} \right]. \quad (XIV.34)$$

При использовании этих уравнений построения на графике XIV.20 заменяются построениями, приведенными на рис. XIV.22. При этом аккумуляция учитывается более полно, чем в случае использования формулы (XIV.31).

Расчет отверстий малых мостов следует выполнять по схеме свободного истечения (рис. XIV.23,а) пользуясь формулой (XIV.25), которая легко преобразуется к виду

$$b = \frac{Q_c}{1,33H^{3/2}}. \quad (XIV.35)$$

Зная, что  $H \approx 1,46 \frac{v_c^2}{g} = 2h_c$ , следует принять такую последовательность расчета: задать скорость  $v_c$  по желательному типу укрепления русла под мостом, пользуясь табл. XIV.19; вычислить напор  $H$ ; вычислить объем пруда  $W_{пр}$  и найти коэффициент аккумуляции, пользуясь формулой (XIV.33). Тогда  $Q_c = \lambda Q$  и каких-либо последовательных приближений для учета аккумуляции производить не надо и в этом случае.

Задавая скорость  $v_c$ , надо учитывать, что она будет наблюдаться в потоке лишь на коротком протяжении, в связи с чем табличные допускаемые скорости для укреплений можно повышать приблизительно на 10%.

Принимая какое-либо отверстие моста  $b$ , необходимо пересчитать напор по формуле

$$H = 0,83 \left( \frac{Q_c}{b} \right)^{2/3}. \quad (XIV.36)$$

При очень глубоком потоке воды в отводящем русле отверстие моста рассчитывают по схеме несвободного истечения, (рис. XIV.23,б), которое наступает после того, как прыжок, возникновение которого возможно в сжатом сечении, будет надежно затоплен бытовым уровнем, т. е. при условии, что бытовья глубина

$$h_b > 1,1h_c' = 1,1 \cdot 0,61H = 0,7H, \quad (XIV.37)$$

так как  $h' = h_c = 0,5H = 0,9h_{кр}$ , чему соответствует  $h_c'' = 0,61H$ . Здесь  $H$  рассчитывается по формуле (XIV.22).

При несвободном истечении необходимое отверстие моста

$$b = \frac{Q_c}{h_b v_c}. \quad (XIV.38)$$

Величину сбросного расхода рассчитывают по формуле (XIV.33) с вычислением объема пруда по ожидаемой глубине воды перед сооружением

$$H = h_b + \frac{v_c^2}{2g\varphi_b^2}. \quad (XIV.39)$$

Высоту насыпи у труб назначают не менее чем на 1 м выше подпертого уровня воды при полунанпорном и напорном режимах протекания, а также не меньше, чем на толщину дорожной одежды, что обеспечивает необходимую засыпку над трубой.

Высота моста назначается по формуле

$$H_m = 0,88H + z + h_{кон}, \quad (XIV.40)$$

где 0,88 — коэффициент, учитывающий некоторое понижение уровня воды при входе под мост;  $z$  — возвышение низа пролетного строения над уровнем воды ( $z=0,25$  м);  $h_{кон}$  — конструктивная высота пролетных строений моста.

Бровка насыпи у моста должна быть поднята над подпертым уровнем воды не менее чем на толщину дорожной одежды.

Длину моста поверху устанавливают исходя из крутизны откосов конусов и высоты верха моста над дном лотка. При этом следует учитывать, что необходимое отверстие моста, рассчитанное по формуле XIV.35, отсчитывается по свободной поверхности потока, а при несвободном протекании — по средней линии (т. е. на глубине 0,5  $H$ ).

#### § XIV.6. КОСОГОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА

Для предупреждения размыва мостов и труб на косогорах, а также и склонов косогоров текущей водой устраняют подводящие и отводящие русла (рис. XIV.24) в виде быстротоков, перепадов с водобойными колодцами, конусных водосбросов и т. п.

Искусственные русла проектируют в соответствии с местными условиями, имея в виду следующие характеристики отдельных типов косогорных сооружений:

быстротоки (рис. XIV.25,а) применяют на любых уклонах, но в связи с большой скоростью протекания воды в местах сопряжения быстротока с дру-

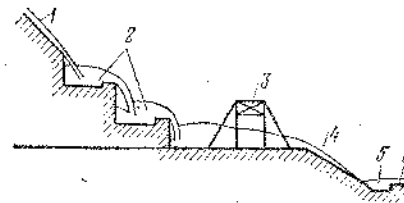


Рис. XIV.24. Косогорные сооружения у малого моста:

1 — естественное русло; 2 — перепады с водобойными колодцами; 3 — мост; 4 — быстроток; 5 — водобойный колодец; 6 — уступ

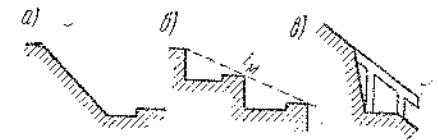


Рис. XIV.25. Основные типы косогорных сооружений:

$i_m$  — уклон местности

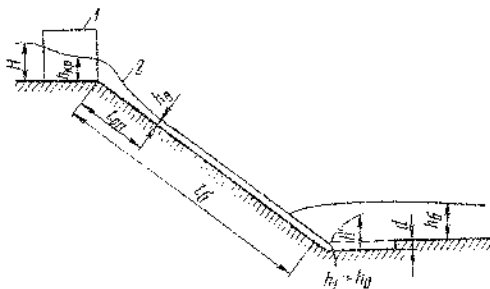


Рис. XIV.26. Расчетная схема быстротока:

1 — входной оголовок; 2 — кривая спада

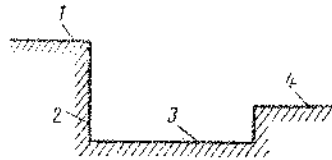


Рис. XIV.27. Одиночный колодец (уступ):

1 — вход; 2 — стенка падения; 3 — водобой; 4 — выход

гнии сооружениями необходимо предусматривать устройство гасителей энергии, а сам быстроток укреплять в соответствии со скоростью потока;

перепады с водобойными колодцами (XIV.25,б) применяют главным образом на значительных уклонах (перепады без водобойных колодцев практически не устраивают, так как они могут быть размещены только на очень малых уклонах);

консольные водосбросы (рис. XIV.25,а) применяют для пропуска воды над дорогой в том случае, когда устройство водопропускного сооружения под дорожной насыпью оказывается менее целесообразным.

**Расчет быстротока.** Быстротоком (рис. XIV.26) называют искусственное русло, уклон которого больше критического. Последовательность гидравлического расчета быстротока следующая.

1. Определяют ширину быстротока по заданным скорости течения воды, уклону и шероховатости:

$$b = \frac{nQ}{h^{5/3} i^{1/2}} = \frac{Q i^{1/4}}{h^{5/3} v_0^{5/2}} \quad (XIV.41)$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости быстротока, назначаемый с учетом аэрации, зависящий от уклона и материала стенок быстротока;  $h$  — глубина воды в быстротоке;  $v_0$  — допускаемая скорость течения на быстротоке. Формула выведена в предположении, что гидравлический радиус мало отличается от глубины потока.

2. Определяют глубину воды в конце быстротока:

$$h_0 = \frac{Q}{bv_0} \quad (XIV.42)$$

3. Определяют глубину воды на входе в быстроток из канала с уклоном  $i < i_{кр}$ , которая равна критической:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q}{g b^2}} \quad (XIV.43)$$

4. Выясняют условия затопления струи на выходе из быстротока в русло с уклоном меньше критического. Для этого вычисляют большую глубину прыжка по формуле

$$h'' \approx 0,45 v_0 \sqrt{h_0} \quad (XIV.44)$$

Если глубина  $h_0$  в русле за быстротоком больше, чем глубина за прыжком  $h''$ , то прыжок затоплен и скорость за быстротоком определяется глубиной потока  $h_0$ . Если же эта глубина меньше, чем глубина  $h''$  (т. е.  $h_0 < h''$ ), то в целях сокращения участка высоких скоростей в русле за быстротоком следует устро-

ить водобойный уступ (колодец), глубина которого определяется по формуле

$$d = 1,1 h'' - h_0 \quad (XIV.45)$$

Необходимую длину водобойного колодца (от конца быстротока до водобойного уступа) рассчитывают по формуле подпертого прыжка:

$$l_{кол} = 3(h'' - h_0) \quad (XIV.46)$$

**Расчет перепада с водобойным колодцем.** Перепад с водобойным колодцем (рис. XIV.27) состоит из следующих элементов: входа, стенки падения, водобоя и выхода-уступа, если перепад одиночный, или водобойной стенки, если перепад один из цепи перепадов с колодцами.

Схема гидравлического расчета перепада с водобойным колодцем следующая (рис. XIV.28).

1. Назначают ширину водобойного колодца  $b$  исходя из нормы расхода 0,5—1,0 м<sup>3</sup>/с на 1 м ширины колодца. Чаще всего ширину колодца делают одинаковой с отверстием водопропускного сооружения. Высоту перепада  $p$  назначают путем деления общего падения на участке расположения перепадов на число перепадов, назначаемое сначала ориентировочно.

2. Определяют глубину воды на входе, равную критической, по формуле (XIV.43).

3. Определяют глубину в сжатом сечении падающей струи. Для этого подсчитывают энергию сечения на входе, задаваясь ориентировочно глубиной колодца  $d$ :

$$T_0 = 1,5 h_{кр} + p + d \quad (XIV.47)$$

Определяют относительную энергию

$$\epsilon_{T_0} = \frac{T_0}{h_{кр}} = 1,5 + \frac{p+d}{h_{кр}} \quad (XIV.48)$$

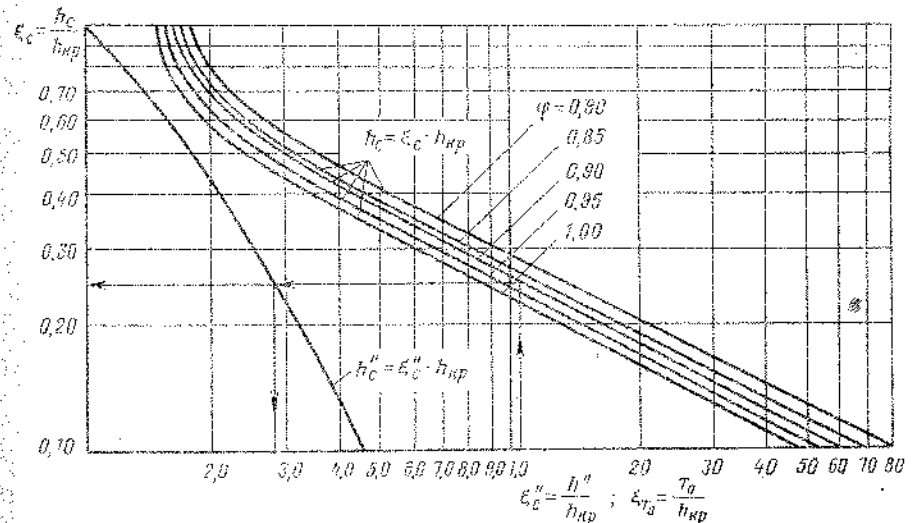


Рис. XIV.29. График для расчета перепадов

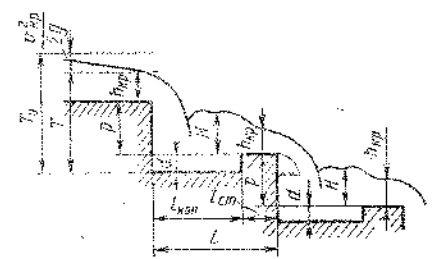


Рис. XIV.28. Расчетная схема многоступенчатого перепада

По графику рис. XIV.29 определяют относительную глубину после прыжка в сжатом сечении, задавая коэффициент скорости  $\xi$ ;

$$\xi_c'' = \frac{h_c''}{h_{кр}}$$

и вычисляют глубину после прыжка

$$h_c'' = \xi_c'' h_{кр}. \quad (XIV.49)$$

Порядок пользования графиком показан стрелками на рис. XIV.29.

4. Определяют глубину воды перед водобойной стенкой

$$h = H + d = 1,7h_{кр} + d. \quad (XIV.50)$$

5. Проверяют достаточность заданной глубины колодца. Необходимо, чтобы

$$h \geq 1,1h_c''. \quad (XIV.51)$$

Если это равенство не удовлетворяется, то глубину колодца, заданную ориентировочно, изменяют и расчет по формулам повторяют снова, пока условие (XIV.51) не будет выполнено.

6. После расчета глубины колодца определяют минимально допустимую длину колодца по формуле

$$l_{кол} = l_{пол} + l_{пр}, \quad (XIV.52)$$

где  $l_{пол} = v_{кр} \sqrt{\frac{2y}{g}}$ ;  $l_{пр} = 3(h_c'' - h_c)$ .

Здесь  $v_{кр}$  — скорость в сечении на входе;

$$v_{кр} = \frac{Q}{bh_{кр}};$$

$y$  — высота падения струи;

$$y = p + d + \frac{h_{кр}}{2};$$

$h_c''$  — глубина после прыжка в сжатом сечении;  $h_c$  — глубина в сжатом сечении в колодце, определяемая по графику рис. XIV.29, по которому аналогично величине  $\xi_c''$  определяется величина  $\xi_c$  и глубина воды в сжатом сечении  $h_c = \xi_c h_{кр}$ .

7. Длину водобойной стенки (толщину водосливного порога) находят по формуле

$$l_{ст} = 3h_{кр}. \quad (XIV.53)$$

8. Проверяют вписывание перепада в профиль местности, для чего определяют уклон перепада

$$i_n = \frac{P}{l_{ст} + l_{кол}}. \quad (XIV.54)$$

Этот уклон должен быть не меньше того, которым характеризуется косогор. Если уклон местности  $i_m$  меньше уклона перепада, то длину каждого колодца

увеличивают, что только улучшает условия затопления струи. Длину колодца, соответствующую заданному уклону местности, подсчитывают по формуле

$$l'_{кол} = \frac{P}{i_m} - l_{ст} > l_{кол}. \quad (XIV.55)$$

#### § XIV.7. УКРЕПЛЕНИЯ РУСЕЛ ЗА СООРУЖЕНИЯМИ

Режимы протекания. Опыт эксплуатации малых искусственных сооружений показывает, что в подавляющем большинстве случаев их повреждение связано с воздействием потока воды и обычно начинаются на выходных участках. Скорости на выходе из сооружения достигают 5—6 м/с, в то время как допустимые скорости для грунтов отводных русел составляют всего 0,7—1,0 м/с. Вытекающий поток воды находится обычно в бурном состоянии и обладает большой кинетической энергией, которая и вызывает размыв выходных участков за сооружением.

В большинстве случаев русло нижнего бьефа за водопропускными сооружениями имеет большую ширину, чем ширина отверстия водопропускного сооружения. Характер пространственного движения потока в расширяющемся нижнем бьефе зависит от глубины воды в нем и параметров потока на выходе из сооружения. В зависимости от бытовой глубины потока в укрепленном отводящем русле возможны три формы сопряжения потока, выходящего из водопропускного сооружения, с бытовым потоком в широком нижнем бьефе:

- 1) сопряжение по типу затопленной струи. Этот вид сопряжения наблюдается, когда струя, вытекающая из сооружения, будет полностью затоплена (рис. XIV.30); в нижнем бьефе происходит растекание струи в массу воды, при этом происходит постепенное уменьшение скоростей течения вдоль потока;
- 2) сопряжение по типу сбойного течения (рис. XIV.31). Этот вид сопряжения наблюдается при глубинах нижнего бьефа, меньших глубины, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения. Сбойному течению присущи некоторые опасные свойства.

Поток, выходящий из сооружения в нижний бьеф, двигается сначала без растекания в стороны. С боковых сторон

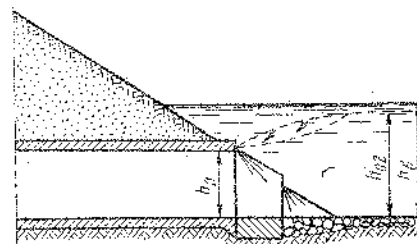


Рис. XIV.30. Схема затопления струи, выходящей из сооружения

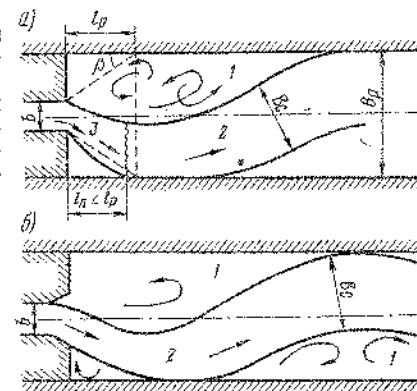


Рис. XIV.31. Схема сбойного течения в нижнем бьефе малого моста или трубы:

а — с гидравлическим прыжком; б — без гидравлического прыжка;  $\beta$  — угол растекания бурного потока;  $B_c$  — ширина струи;  $B_p$  — ширина русла;  $b$  — ширина трубы;  $l_n$  — длина гидравлического прыжка;  $l_p$  — длина зоны полного растекания

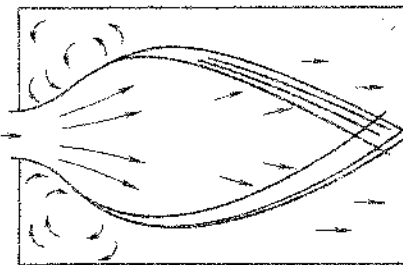


Рис. XIV.32. Схема свободного растекания в широком русле



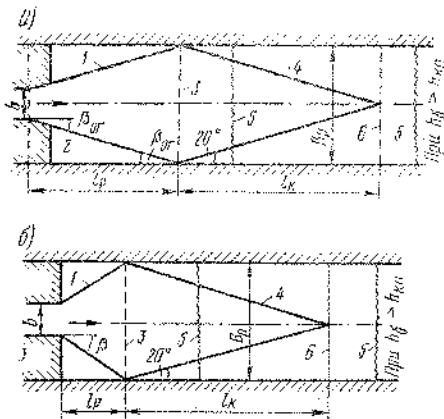


Рис. XIV.33. Схема свободного растекания в узком русле:

1 — линия растекания; 2 — водоворот; 3 — сечение полного растекания; 4 — ясной гидравлический прыжок; 5 — прямой гидравлический прыжок; 6 — конец зоны растекания

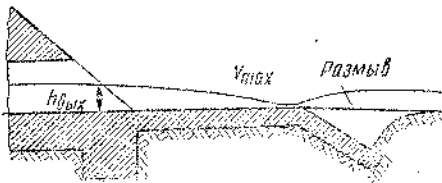


Рис. XIV.34. Схема протекания потока по укреплению

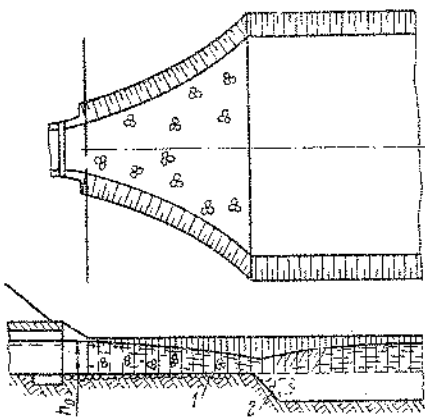


Рис. XIV.35. Схема укрепления в виде раструба:

1 — плоское укрепление русла; 2 — предохранительный откос

поток граничит с водоворотными зонами, которые могут сжимать транзитный поток. При глубинах нижнего бьефа, близких к глубине, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения, происходит свал потока в одну сторону, и сопряжение бьефов осуществляется в форме пространственного гидравлического прыжка. В результате прорыва воды в одну из водоворотных зон динамическая ось потока искривляется. Поэтому транзитная струя натекает на боковые стенки отводящего русла. Уменьшение скоростей в транзитной струе и выравнивание их по сечению отводящего русла происходит очень медленно. Требуется крепление не только дна, но и стенок отводящего русла на значительном протяжении;

3) сопряжение по типу свободного растекания бурного потока. Растекание бурного потока в очень широких нижних бьефах характеризуется следующими особенностями. Поток, выходящий из отверстия, попадает в отводящее русло, глубина в котором меньше, чем глубина на выходе из сооружения. Под действием силы тяжести происходит растекание потока в стороны (по направлению к берегам). Это растекание происходит до тех пор, пока глубина бурного растекающегося потока не будет равна глубине, взаимной с бытовой глубиной. Взаимными называются глубины, связанные уравнением косого гидравлического прыжка. В результате этого область растекания бурного потока, сопрягающаяся с бытовым потоком и водными массами нижнего бьефа посредством косых гидравлических прыжков, принимает в плане характерную форму «лепестка» (рис. XIV.32).

При увеличении бытовой глубины в нижнем бьефе размеры «лепестка» уменьшаются, пока не произойдет переход к сбойному течению, когда бытовая глубина сравняется с глубиной, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения пространственным прыжком.

Растекание бурного потока в узких нижних бьефах (при относительной ширине нижнего бьефа  $\frac{B_p}{b} < 8$ ) характеризуется рядом особенностей.

Поток, выходящий из сооружения, растекается в стороны. Так же, как и в предыдущем случае, зона

растекания сопрягается с водоворотными зонами посредством косых гидравлических прыжков. В местах набегания крайних струек потока на боковые стенки отводящего русла, т. е. в сечении полного растекания, происходит внезапное увеличение глубины и образование косых гидравлических прыжков. Эти косые гидравлические прыжки распространяются вниз по течению, если бытовой поток находится в бурном состоянии (рис. XIV.33). Если бытовой поток находится в спокойном состоянии, в отводящем русле наблюдается обычный прямой гидравлический прыжок. С увеличением бытовой глубины прямой гидравлический прыжок придвигается ближе к своему предельному положению в сечении полного растекания. Если глубина нижнего бьефа больше глубины, при которой прямой гидравлический прыжок располагается в сечении полного растекания, происходит прорыв водных масс в водоворотные зоны и переход к сбойному течению.

Для предотвращения размывов выходных участков следует защищать лог на определенной длине. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размеров укрепления, которые назначаются из условия отсутствия местного размыва или из допущения размыва, безопасного для устойчивости как укрепления участка русла, так и самого сооружения.

Назначение типа укрепления по скорости на выходе из трубы справедливо только для спокойных потоков.

При растекании бурных потоков скорости получаются значительно больше, чем выходные. По данным О. В. Андреева, скорость может увеличиться примерно в 1,5 раза.

Выходные участки не укрепляют только в тех редких случаях, когда скорости на выходе из сооружения весьма малы и не могут нарушить устойчивость как самого русла, так и сооружения. В большинстве же случаев наблюдаются размывы неукрепленных русел и правильный выбор укрепления выходных участков имеет не меньшее значение, чем определение размеров отверстий искусственных сооружений.

Гидравлические расчеты нижнего бьефа малых искусственных сооружений. Растекающийся в укреплённом отводящем русле бурный поток ограничен с боков косыми гидравлическими прыжками и водоворотными зонами (см. рис. XIV.31 и XIV.33). Косые гидравлические прыжки возникают в сечении полного растекания, где происходит набегание крайних струек растекающегося потока на боковые стенки отводящего русла. Продольный разрез потока показан на рис. XIV.34.

При затоплении сечения полного растекания бытовым потоком происходит прорыв водных масс в водоворотные зоны и в отводящем русле возникает опасное сбойное течение. Для предотвращения этого переходный участок отводящего русла в плане следует устраивать в виде раструба, исключая появление сбойного течения (рис. XIV.35).

При устройстве раструба сопряжение бурного потока, вытекающего из сооружения, со спокойным потоком в русле будет осуществляться обычным прямым прыжком.

Для точного определения скоростей и глубин потока в области растекания, а также для определения боковых границ растекающегося потока можно воспользоваться универсальным графиком И. А. Шеренкова (рис. XIV.36).

На универсальном графике нанесены линии тока и линии равных глубин и скоростей в области растекания потока (до продольной оси потока, являющейся осью симметрии). На графике линии тока даны через 10%, т. е. каждая линия тока отсекает струю, несущую 10% от общего расхода  $Q$ . Линии равных глубин даны через 0,1 $h_0$ , где  $h_0$  — глубина на выходе из сооружения, являющая-

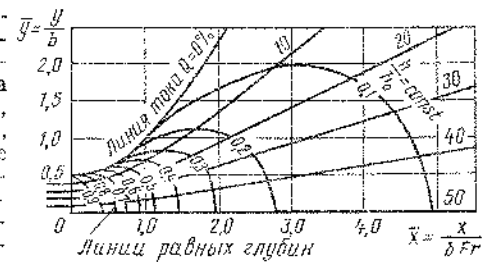


Рис. XIV.36. Универсальный график И. А. Шеренкова

яся начальной глубиной растекания. График построен в безразмерных координатах:

$$\bar{y} = \frac{y}{b}; \quad \bar{x} = \frac{x}{bFr},$$

где  $b$  — размер отверстия трубы или моста (ширина потока на выходе);  $Fr = \frac{v_0}{\sqrt{gh_0}}$  —

число Фруда в выходном сечении со скоростью  $v_0$  и глубиной  $h_0$ .

Очертание крайней линии тока ( $Q=0\%$ ) следует принимать в качестве границы переходного участка отводящего русла (см. рис. XIV.35). Глубины и скорости потока в отводящем русле определяют в следующем порядке.

1. Находят глубину  $h_0$  и скорость потока  $v_0$  на выходе из сооружения.
2. Определяют число Фруда на выходе

$$Fr = \frac{v_0}{\sqrt{gh_0}}.$$

3. Пользуясь универсальным графиком (см. рис. XIV.35), строят линии тока и линии разных глубин в зоне растекания. Для этого безразмерные координаты  $x, y$ , взятые с графика, умножают на  $b$  и  $bFr$ , получают действительные координаты линий тока и линий равных глубин:

$$x = bFr\bar{x}; \quad y = b\bar{y}.$$

4. Определяют скорость и глубину потока вдоль этих линий. Так, вдоль линии, равной глубине  $\frac{h}{h_0} = 0,8$ , глубина равна  $0,8h_0$ . Скорость потока определяется из уравнения Бернулли, причем уклоном дна и потерями энергии при небольшом протяжении укрепления можно пренебречь:

$$H = h_0 + \frac{v_0^2}{2g} = h + \frac{v^2}{2g}. \quad (XIV.56)$$

Обозначив отношение  $h/h_0 = k$ , получим для определения  $v$  зависимость

$$v = \sqrt{2g(1-k)h_0 + v_0^2}. \quad (XIV.57)$$

Когда необходимо учесть потери напора и уклон дна  $i_0$ , задачу решают методом последовательных приближений, используя уравнение Бернулли в виде

$$h_{нач} + \frac{v_{нач}^2}{2g} = h_{кон} + \frac{v_{кон}^2}{2g} + h_w - i_0 \Delta l, \quad (XIV.58)$$

где  $\Delta l$  — расстояние вдоль линии тока между выбранным начальным и конечным сечениями.

В первом приближении определяют  $h_{кон}$ ,  $v_{кон}$ , принимая  $h_w = 0$ . По найденным значениям  $h_{кон}$ ,  $v_{кон}$  определяют:

$$h_{ср} = \frac{h_{нач} + h_{кон}}{2}; \quad v_{ср} = \frac{v_{нач} + v_{кон}}{2}.$$

Затем находят уклон трения  $i_w = \frac{v_{ср}^2}{(C\sqrt{h})_{ср}^2}$ . Определив

$$h_w = i_w \Delta l,$$

уточняют значения  $h_{кон}$ ,  $v_{кон}$ , пользуясь уравнением Бернулли, и т. д.

Более просто и также без учета потерь можно найти скорость по расстоянию между соседними линиями тока на графике (см. рис. XIV.35):

$$v = \frac{\Delta Q}{h \Delta b}. \quad (XIV.59)$$

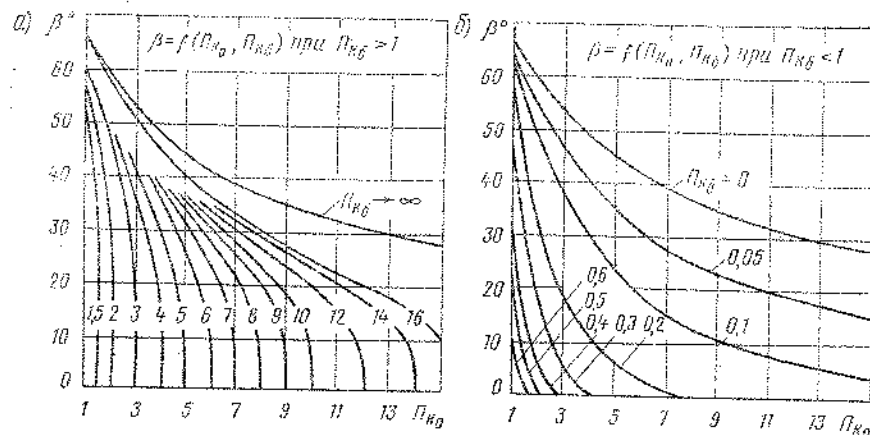


Рис. XIV.37. Графики для определения угла растекания:

а — для случая, когда бытовой поток находится в бурном состоянии ( $\Pi_{к6} > 1$ ); б — для случая, когда бытовой поток находится в спокойном состоянии ( $\Pi_{к6} < 1$ ).

Построение крайней линии тока также позволит определить и средний угол растекания потока  $\beta$ .

Для более простого определения угла растекания бурного потока  $\beta$  также можно пользоваться графиками И. А. Шеренкова (рис. XIV.37), на которых приведены значения  $\beta$  в зависимости от  $\Pi_{к6}$  — параметра кинетичности потока на выходе из сооружения

$$\Pi_{к6} = Fr_0^2 = \frac{v_0^2}{gh_0}$$

и параметра кинетичности бытового потока

$$\Pi_{к6} = \frac{v_6^2}{gh_6},$$

где  $v_6$  и  $h_6$  — скорость и глубина бытового потока.

Более грубо можно принять наибольший угол  $\beta = 45^\circ$  (т. е. полный угол растекания  $90^\circ$ ) и прямолинейное очертание границ растекания. Тогда полное растекание будет соответствовать наименьшей длине

$$l_{пр} = \frac{B_p - b}{2 \operatorname{tg} \beta} = \frac{B_p - b}{2}, \quad (XIV.60)$$

где  $B_p$  — ширина русла;  $b$  — ширина сооружения.

Скорость растекающегося потока при гладком плоском укреплении практически сохраняется в пределах длины  $l = 3b$  и может быть принята равной  $1,5v_0$ . В связи с этим глубина на кромке укрепления при  $\beta = 45^\circ$  определяется равенством

$$h_1 = \frac{Q}{1,5v_0(2l_{укр} + b)}. \quad (XIV.61)$$

Расчет размывов за укреплениями. Экономически целесообразно устраивать весьма длинные плоские укрепления отводящих русел за малыми мостами и трубами. Поэтому ограничиваются устройством коротких укреплений, заканчивающихся погребенным предохранительным откосом (рис. XIV.38), у которого

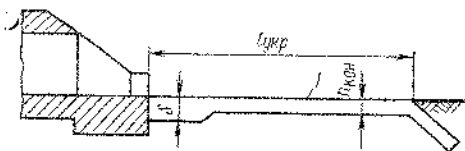


Рис. XIV.38. Продольный разрез укрепления:  
1 — укрепление

размыв развивается. При этом, как правило, прыжок сносится с укрепления в размыв. Однако благодаря значительной глубине заложения предохранительного откоса размыв оказывается безопасным для укрепления и отодвинутым на заданное расстояние от откоса насыпи и водопропускного сооружения.

Расчет глубины размыва, необходимый для назначения заглубления предохранительного откоса, может быть выполнен различными приемами. В ирригационном строительстве широкое применение нашли формулы М. С. Вызго, основанные для свободного растекания бурного потока на уравнении прыжка и для сбойного течения на обычном уравнении прекращения размыва по снижению скорости до неразмывающей.

Пользуясь формулами М. С. Вызго и учитывая особенности растекания потока за малыми водопропускными сооружениями (по сравнению с ирригационными), можно получить глубины размыва при свободном растекании бурного потока в зависимости от длины укрепления. Данные об относительных глубинах размыва сведены в табл. XIV.26, составленную О. В. Андреевым.

Глубина размыва дана в долях глубины воды перед насыпью, определяющей энергию потока на выходе из сооружения. Приведенные глубины размыва могут считаться только приближительными, так как вывод расчетной формулы не совсем точен. Однако эти глубины, как это следует из табл. XIV.27, практически совпадают с глубинами размыва и высотами предохранительных откосов.

Таблица XIV.26

Относительные глубины размыва

$\frac{l_{укр} \text{ tg } \beta}{b}$	$\frac{\Delta}{H}$	$\frac{l_{укр} \text{ tg } \beta}{b}$	$\frac{\Delta}{H}$
0	1,55	4	0,59
1	0,98	5	0,54
2	0,78	8	0,45
3	0,65	10	0,40

Таблица XIV.27

Глубина размыва

Диаметр круглых труб, м	Ширина высота прямоугольных труб, м	H, м	$\frac{l_{укр}}{b}$	h <sub>отк</sub>	$\frac{\Delta}{H}$ по табл. XIV.26
0,75	—	1,0	5,5	0,85	0,55
1,00	—	1,4	5,5	1,30	0,75
1,25	—	1,75	5,0	1,30	0,95
1,50	—	2,10	4,9	1,30	1,10
2,00	—	2,8	4,7	1,30	1,55
—	1×1,2	1,8	3	1,30	1,15
—	1,25×1,5	1,8	3	1,30	1,55
—	1,5×2	2,4	3	1,30	1,55
—	2×2	2,4	3	1,30	1,55

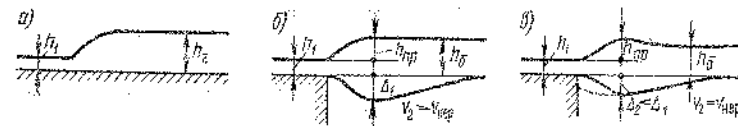


Рис. XIV.39. Расчетные схемы к определению глубины размыва при свободном растекании

сов за унифицированными трубами, которые были определены непосредственно из лабораторного эксперимента. Следовательно, пользоваться этими данными для назначения глубин заложения предохранительных откосов в случаях индивидуального проектирования защиты сооружений можно.

Расчет размывов при свободном растекании бурного потока получили дальнейшее развитие в работах МАДИ в 1966 г. (М. В. Немчинов). Получена общая формула связи глубины потока на сходе с укрепления  $h_1$  и глубины потока  $h_2$  после его резкого расширения в вертикальной плоскости (рис. XIV.39):

$$h_2 = \frac{h_{кр}^3 (h_2 - h_1)}{h_1 h_2 h_{пр}} + \frac{h_{пр}}{2}, \quad (XIV.62)$$

где  $h_{кр}$  — критическая глубина;  $h_{пр}$  — высота прыжка ( $h_2 - h_1$ );  $h_б$  — бытовая глубина в отводящем русле.

Схемы образования воронок размыва за укреплениями показаны на рис. XIV.39.

Формула (XIV.62) переходит в обычную формулу прыжка (рис. XIV.39, а) при отсутствии размыва ( $\Delta = 0$ ), когда  $h_{пр} = h_2 - h_1$ . При невозможности такого

Таблица XIV.28

Расход центральной струи  $q$  и скорость  $v_1$  на кромке укрепления

$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q}{q_{вых}}$	$\frac{v_1}{v_{вых}}$	$\frac{h_1}{h_{вых}}$	$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q}{q_{вых}}$	$\frac{v_1}{v_{вых}}$	$\frac{h_1}{h_{вых}}$
0	1	1	1	5,5	0,16	0,58	0,28
1,5	0,43	0,83	0,52	7,5	0,11	0,46	0,24
3,5	0,22	0,71	0,31	11,0	0,10	0,43	0,23

Таблица XIV.29

Элементарный расход воды при сбойном течении

$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q_{сб}}{q_{вых}}$	$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q_{сб}}{q_{вых}}$	$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q_{сб}}{q_{вых}}$	$\frac{l_{укр}}{b}$	$\frac{q_{сб}}{q_{вых}}$
0	1,00	2	0,98	4	0,83	7	0,59
1	0,99	3	0,90	5	0,73	9	0,52

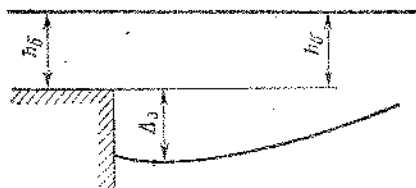


Рис. XIV.40. Расчетная схема к определению глубины размыва при сбойном течении

прыжка, т. е. при  $h_0 > h_1$  и размываемом русле за укреплением, будет размываться воронка размыва, глубина которой составляет (рис. XIV.39, б):

$$\Delta_1 = \frac{h_{кр}^3}{h_1 h_{кр}} - h_1 - h_{кр}. \quad (XIV.63)$$

Такой предельной глубины воронка размыва достигает при весьма слабых грунтах, плохо сопротивляющихся размыву. При более прочных грунтах воронка с глубиной  $\Delta_1$  не разовьется, а ее глубина окажется равной (рис. XIV.39, в)

$$\Delta_2 = \frac{q}{k v_{нер}} - \frac{q}{v_1} - \frac{k v_{нер} (v_1 - k v_{нер})}{g} < \Delta_1, \quad (XIV.64)$$

где  $q$  — элементарный расход воды;  $v_{нер}$  — неразмывающая скорость для грунта;  $v_1$  — скорость схода потока с укрепления;  $k$  — коэффициент, учитывающий повышенную турбулентность потока в яме размыва;  $k \approx 0,6$ .

Для приблизительного определения расхода центральной струи  $q$  и скорости течения на кромке укрепления через  $q_{вых}$  и  $v_{вых}$  (т. е. на выходе из сооружения) можно воспользоваться табл. XIV.28, составленной по данным опытов М. В. Немчинова.

При сбойном течении, возникающем при значительных бытовых глубинах нижнего бьефа (в отводящем русле), размыв (рис. XIV.40) определяется по формуле

$$\Delta_3 = \frac{k_1 q_{сб}}{k_0 v_{нер}} - h_0, \quad (XIV.65)$$

где  $k_1 = 2,65$  — коэффициент сбойности;  $k_0 = 0,75$  — коэффициент повышения турбулентности потока в яме размыва.

Для приблизительного определения элементарного расхода воды  $q_{сб}$  при сходе с укрепления также можно воспользоваться экспериментальными данными М. В. Немчинова, сведенными в табл. XIV.29.

#### § XIV.8. РАСЧЕТ ДРЕНАЖА

Дренаж устраивают для перехвата или понижения уровня грунтовых вод. Целесообразно располагать дренажи под кюветами, где они доступны для ремонта в случае заиливания.

Перехватывающий, экранирующий дренаж устраивают обычно в откосах выемок, если выемка перерезает водоносный слой и заходит в водоупор (рис. XIV.41). В этом случае приток воды на 1 м дренажа вычисляют по данным обследования водоносного слоя:

$$q_{\phi} = K_{\phi} i h, \quad (XIV.66)$$

где  $K_{\phi}$  — коэффициент фильтрации (см. табл. XII.32);  $i$  — уклон водоносного слоя;  $h$  — глубина воды в слое.

На длине  $l$  собирается расход воды, подлежащий отводу:

$$Q_{\phi} = q_{\phi} l. \quad (XIV.67)$$

Для пропуска такого количества воды необходима труба, размер которой может быть найден из равенства

$$Q = K \sqrt{i_d}, \quad (XIV.68)$$

где  $i_d$  — уклон дренажной трубы  $K$  — расходная характеристика дренажной трубы, м<sup>3</sup>/с, вычисляемая по формуле (для асбоцементных и гончарных труб)

$$K = 24d^{3/2}, \quad (XIV.69)$$

где  $d$  — диаметр трубы, м.

Скорость течения воды в трубе не должна быть очень большой, но и не слишком малой (во избежание заиливания). Скорость течения в круглой дренажной трубе может быть подсчитана по формуле

$$v_0 = W \sqrt{i_d}, \quad (XIV.70)$$

где  $W$  — скоростная характеристика трубы, равная  $30,4d^{2/3}$ .

При проложении дорог в местности с высокими грунтовыми водами можно так высоко поднять бровку насыпи и проезжую часть, что понижения грунтовых вод не потребуется. Однако в ряде случаев более целесообразно (или необходимо по каким-либо специальным условиям) понизить грунтовые воды под земляным полотном. Если дренажи располагаются на водоупоре (рис. XIV.42), то можно ограничиться устройством одной верхней дрены, расчет которой полностью совпадает с изложенным выше. За дренаей пространство будет постепенно осушено. Такие дренажи называются совершенными.

При глубоком залегании водоупора устраивают две дренажи, симметрично по обе стороны дороги (рис. XIV.43) и оставляют их висячими несовершенными. Для определения необходимой глубины заложения дрен строят кривую депрессии (понижения) грунтовых вод, рассчитывают приток воды к дренажам и их сечение (последнее — аналогично приведенному выше).

Каждая из дрен осушает некоторое пространство, предельная ширина которого, отсчитываемая в одну сторону от дренажа, называется радиусом действия дренажа:

$$R = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (XIV.71)$$

где  $\alpha$  — угол депрессии (см. табл. XII.33), зависящий от свойств грунта водоносного пласта.

Форма кривой депрессии представляет собой параболу 2-й степени (рис. XIV.44) с уравнением

$$y = H \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}. \quad (XIV.72)$$

При  $x = 0$ , т. е. в наибольшем удалении от дренажа,  $y = H$  и понижения нет. При  $x = R$ ;  $y = 0$  кривая депрессии спускается на величину  $H$ .

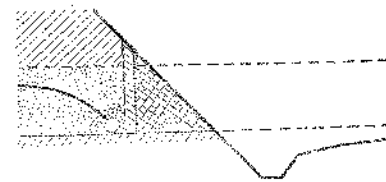


Рис. XIV.41. Перехватывающий дренаж

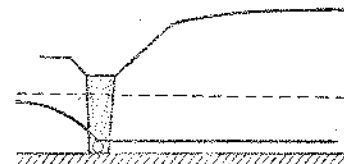


Рис. XIV.42. Совершенные дренажи

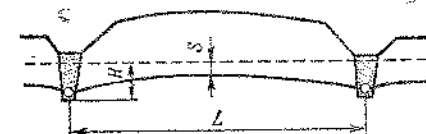


Рис. XIV.43. Висячие дренажи и схема к их расчету

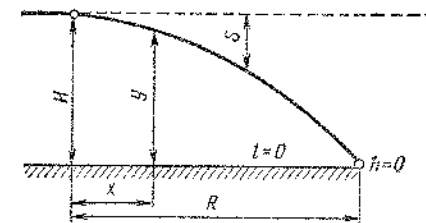


Рис. XIV.44. Кривая депрессии

Зная расстояние между двумя дренами  $L$ , получаем расчетное уравнение понижения уровня воды в середине дороги:

$$S = H \left( 1 - \sqrt{\frac{L}{2R}} \right). \quad (\text{XIV.73})$$

Рекомендуется следующий порядок расчета висячих дрен: по условию неподтопляемости дренажного слоя дорожной одежды капиллярными водами назначают норму понижения уровня воды на середине дороги  $S$ ;

по известному значению  $\text{tg } \alpha$  и расстоянию между двумя соседними висячими дренами  $L$  назначают глубину заложения дрены ниже уровня воды, решая для этого квадратное уравнение, следующее из уравнений XIV.71 и XIV.73:

$$\left( \frac{S}{H} \right)^2 - \left( 2 + \frac{\text{tg } \alpha L}{2S} \right) \left( \frac{S}{H} \right) + 1 = 0. \quad (\text{XIV.74})$$

Приток отводимой воды на единицу длины дрены определяют по формуле (двусторонний приток к каждой дрены)

$$2q_{\phi} = K_{\phi} H \text{tg } \alpha, \quad (\text{XIV.75})$$

а на всю длину дрены

$$Q_{\phi} = 2q_{\phi} l_d. \quad (\text{XIV.76})$$

Необходимый размер дрены (трубы) и скорость течения воды в ней рассчитывают, как обычно (см. § XIV.8).

Возможное конструктивное оформление дрен рассмотрено в § XIV.1.

## Глава XV

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

#### § XV.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ БОЛЬШИЕ ВОДОТОКИ

К большим мостам относятся мосты длиной более 100 м или меньшей длины, но с пролетами более 30 м. К группе средних мостов относятся мосты длиной от 30 до 100 м. При проектировании больших и средних мостов необходимо последовательно выполнить следующие расчеты: гидрологический расчет, заключающийся в установлении расчетного уровня воды, распределения расхода воды между руслом и поймами реки (в процентах) и скоростей течения воды в русле и по поймам; русловой расчет, в результате которого устанавливают величину отверстия моста и глубины после размыва у опор моста; гидравлический расчет, заключающийся в установлении подъема уровня воды (подпора) перед мостом и у насыпей на поймах и высоты волн на поймах.

Кроме длины моста, определяемой расчетом, должны быть назначены форма и размеры регуляционных сооружений мостового перехода, возводимых для защиты насыпей и моста от вредного воздействия водного потока.

На больших и средних реках, как правило, ведутся систематические наблюдения за режимом водотока на водомерных постах. Поэтому установление расчетной отметки уровня с заданной малой вероятностью превышения более высокими уровнями может быть выполнено статистическими приемами.

Статистический аналитический расчет можно вести только по величинам максимальных расходов с переходом к уровню после установления расчетного расхода воды. Статистический расчет непосредственно по уровням, зависящим от конфигурации поперечных сечений речной долины, может быть выполнен

Расчетные вероятности превышения паводков

Элементы перехода	Расчетные ВП для категорий дорог	
	I-III и городские	IV и V
Большие и средние мосты	1:100	1:50
Земляное полотно подходов к мосту	1:100	1:50

только графически с использованием клетчатки вероятности. Расчет по уровням непригоден для блуждающих рек, протекающих на конусах выноса.

Вероятность превышения расчетного паводка для мостового перехода нормируется техническими условиями проектирования мостов (табл. XV.1).

При пропуске расчетного паводка должны быть обеспечены неподтопляемость дорожной одежды на пойменных насыпях и достаточно малый размыв, при котором еще не происходит пластических деформаций грунта под опорами моста.

#### § XV.2. МЕТОДИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Наибольшие расходы и уровень расчетного паводка с определенной вероятностью превышения находят путем статистического расчета по данным многолетних наблюдений за режимом реки на водомерных постах.

Ряд максимальных наблюдений годовых уровней воды ранжируют и преобразуют в ряд максимальных годовых расходов путем их установления по кривой  $H=f(Q)$ , построенной в результате гидрометрических наблюдений. Для всех членов ранжированного ряда максимальных годовых расходов определяют модульные коэффициенты  $K=Q:Q_{\text{ср}}$ , где  $Q_{\text{ср}}$  — среднеарифметическое значение расхода, и вычисляют стандартные статистические параметры. По этим параметрам, пользуясь таблицами М. Ф. Менкеля и С. Н. Крицкого, находят величину модульного коэффициента расчетного паводка  $K_p$ .

Величина расчетного расхода определяется по формуле

$$Q_{\text{расч}} = K_p Q_{\text{ср}}. \quad (\text{XV.1})$$

Отметка уровня расчетного паводка устанавливается по кривой расхода.

Для определения величины  $K_p$  можно также воспользоваться графиками рис. XIV.10. Расчетный модульный коэффициент определяется по вероятности превышения расчетного паводка (см. табл. XV.1).

Статистическими параметрами ряда наблюдаемых расходов являются:

а) среднеарифметическая величина

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\sum Q}{n}, \quad (\text{XV.2})$$

где  $n$  — число лет наблюдений (не менее 15);

б) коэффициент вариации (изменчивости)

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K^2) - n}{n-1}}, \quad (\text{XV.3})$$

где  $K^2 = (Q:Q_{\text{ср}})^2$  — квадраты модульных коэффициентов всех членов ряда  $K = Q:Q_{\text{ср}}$ ;

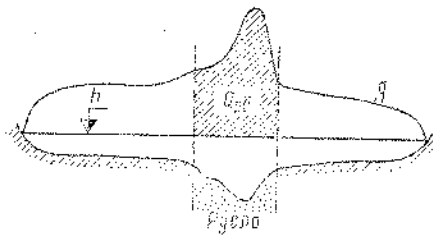


Рис. XV.1. Распределение расхода воды по ширине разлива реки

в) коэффициент асимметрии, который рекомендуется принимать равным (см. СН 435-72): для расходов талых вод равнинных рек  $C_s = (2-2.5)C_n$ ; для дождевых расходов воды равнинных и горных рек и горных рек с муссонным климатом  $C_s = (3-4)C_n$ ; для расходов воды горных рек  $C_s = 4C_n$ .

Кроме величины расхода и отметки наибольшего уровня паводка, необходимо установить относительную величину руслового расхода  $Q_p:Q$ , для чего строят эпюру элементарных расходов  $q$  при расчетном паводке по всей ширине разлива (обязательно для створа перехода) и устанавливают относительную величину той части ее площади, которая соответствует руслу реки (рис. XV. 1). При отсутствии гидрометрических данных для построения кривой расхода эпюру элементарных расходов для определения отношения  $Q_p:Q$  строят по уравнению равномерного движения. Такие расчеты называются морфометрическими. Статистический расчет в этом случае производят непосредственно по наивысшим годовым уровням графическим построением на клетчатке вероятностей (рис. XV. 2) с вычислением эмпирической вероятности превышения для каждого уровня по его номеру в ранжированном ряду по формуле

$$S_p = \frac{N_p - 0,3}{n + 0,4}, \quad (XV.4)$$

где  $n$  — общее число лет наблюдений.

### § XV.3. РУСЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Отверстия мостов через постоянные водотоки назначают по допустимым русловым деформациям. Глубины воды у опор моста, отсчитываемые от расчетного уровня, могут изменяться в результате природных деформаций речных

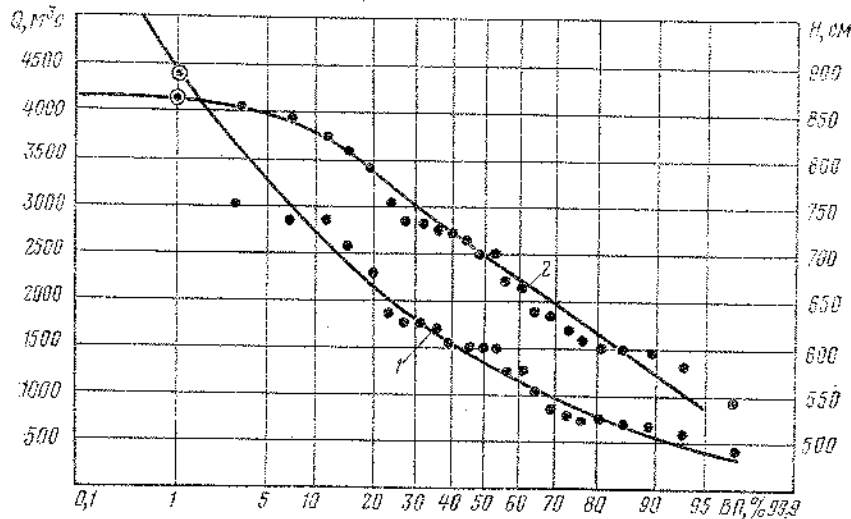


Рис. XV.2. Клетчатка нормального распределения:  
1 — по  $Q$ ; 2 — по  $H$

русел, стеснения реки подходами к мосту, местного воронкообразного размыва, возникающего при набеге струй потока на опоры моста. Размыв от стеснения реки подходами к мосту называется общим и зависит от величины отверстия моста.

**Природные русловые деформации.** Природные русловые деформации не связаны с постройкой моста и зависят от характера реки. Реки, свободно формирующие свое русло, разделяются на меандрирующие, немеандрирующие и блуждающие. Возможные природные деформации русла под мостами через эти реки показаны на рис. XV. 3.

Меандрирующим рекам свойственно боковое перемещение русла и увеличение его глубины при искривлении русловых излучин. Поэтому у любой опоры моста через меандрирующую реку возможно появление наибольшей глубины перемещающегося русла. Наибольшую бытовую глубину русла и возможное ее приращение при искривлении  $\Delta h''$  устанавливают непосредственными измерениями.

Немеандрирующим рекам свойственно неизменяемое положение русла и продольное перемещение побочной в русле, сопровождаемое поперечным перемещением наибольшей глубины только в пределах ширины русла. Соответственно этому появление наибольшей глубины под мостом через немеандрирующую реку следует ожидать только у русловых опор, если ширина русла под мостом сохраняется. Если намечается уширение русла, то появление наибольшей глубины оказывается возможным у всех опор моста. Наибольшая бытовая глубина устанавливается измерениями в глубоких створах русла (приращение  $\Delta h'$ ).

Блуждающим рекам, протекающим по конусам выноса, свойственно беспорядочное перемещение наибольших глубин. Поэтому для мостов через блуждающие реки должна учитываться возможность появления наибольших глубин у любой опоры моста. Величина наибольшей глубины зависит от ширины створа блуждающей реки, в связи с чем рекомендуется, по данным изысканий, строить графики наибольших и средних глубин по измерениям в створах различной ширины (рис. XV. 4), назначать отверстие моста не более ширины створа  $B_0$ , которому соответствует наименьшая из максимальных глубин, и принимать эту глубину за исходную бытовую глубину у каждой опоры. Для построения таких графиков измеряют глубину в створах разной ширины, в том числе в узких (теснинах), где блуждание русла невозможно. Створы, в которых измеряются глубины, должны относиться к участку однородного геологического строения и находиться в одинаковых гидрологических условиях, т. е. их расходы воды и уклоны не должны значительно отличаться.

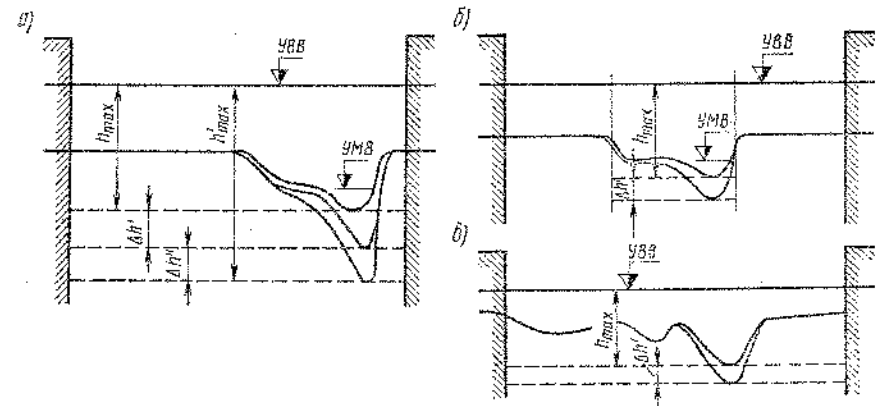


Рис. XV.3. Возможные природные деформации русел под мостами:  
а — на меандрирующих реках; б — на немеандрирующих реках; в — на блуждающих реках

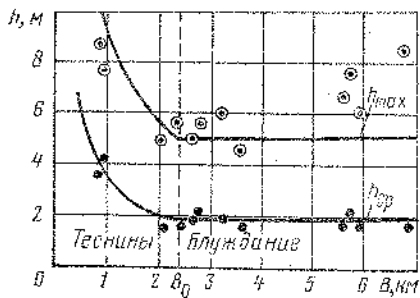


Рис. XV.4. Кривые связи глубины и ширины для блуждающих рек

Этот расчет рекомендуется производить на ЭВМ по программе, разработанной в Гипротрансмосте в 1973 г. Г. А. Федотовым («Гидрам-3»).

Следует различать три вида общего размыва под мостами:

верхний предел размыва, т. е. такой размыв, меньше которого расчетный паводок произвести не может. Верхний предел размыва наблюдается в том случае, когда расчетный паводок проходит в первый год эксплуатации моста, т. е. по дну, не размывому предыдущими паводками. Очевидно, что этот размыв нельзя считать расчетным для опор моста, так как проход расчетного паводка в конце многоводного периода по дну, существенно размывому предыдущими паводками, будет значительно больше;

нижний предел размыва, т. е. такой размыв, больше которого не может произвестись даже расчетный паводок. Нижний предел размыва достигается при весьма длительном пике паводка. Так как длительность пика паводка ограничена, то нижний предел размыва оказывается несколько больше фактически возможного. При небольшой длине зоны размыва перед мостом и небольшой степени стеснения потока фактический и нижний пределы размыва совпадают;

гипотетический предел размыва, т. е. такой размыв, который достигается при проходе ряда расчетных паводков с ограниченной фактической продолжительностью пика паводка, собственной реке. Такой размыв лежит между верхним и нижним пределами размыва и наиболее близок к тому, который может быть вызван расчетным паводком, прошедшим в конце многоводного периода.

Во многих случаях достаточно ограничиться расчетом нижнего или гипотетического пределов размыва.

Для первой группы мостовых переходов, характеризуемых малой степенью стеснения потока ( $\beta < 1,5$ ), достаточно определить нижний предел размыва. Здесь

$$\beta = \frac{Q_{расч}}{Q_{рб\ расч} + q_{пб\ расч} (L - B_{рб})} = \frac{Q_{расч}}{Q_{мб}} \quad (XV.5)$$

Для второй группы мостовых переходов, характеризуемых средней степенью стеснения ( $1,5 < \beta < 2$ ), следует определять гипотетический предел размыва.

Для третьей группы мостовых переходов с большей степенью сжатия ( $\beta > 2$ ) необходимо производить полный расчет размыва по уравнению баланса наносов в конечных разностях, пользуясь для этого программой «Гидрам-3», упоминавшейся выше. Расчет следует вести по натурной серии паводков, где завершающим должен быть проход (в конце многоводного периода) расчетного паводка.

Расчет общего размыва. Детальный расчет общего размыва может быть выполнен по уравнению баланса наносов в конечных разностях. Этот расчет выполняется по длинной серии натурных паводков, для каждого из которых строится гидрограф  $Q = f(t)$ . Расходы наносов вычисляются по одной из известных теоретико-эмпирических формул. Расчетный паводок считается проходящим примерно в конце срока службы моста обязательно в многоводный период. Основы и техника такого расчета подробно изложены в книге О. В. Андреева, М. М. Журавлева и О. А. Расказова «Вопросы мостовой гидравлики и гидрологии» (М., «Транспорт», 1967).

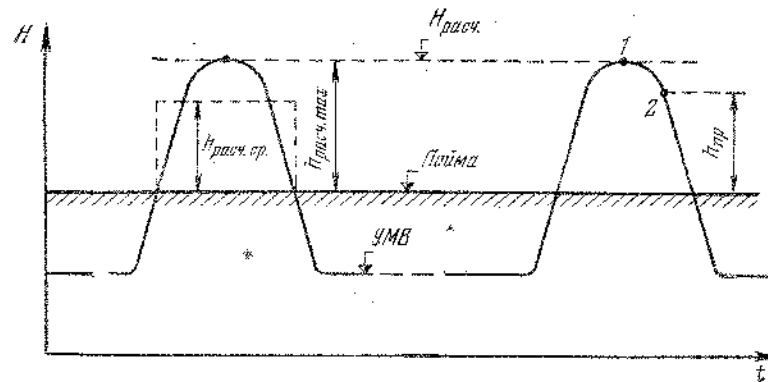


Рис. XV.5. Схема для определения расчетного уровня для первой и второй групп мостовых переходов

Расчеты нижнего и гипотетического пределов размыва выполняют по простому уравнению предельного баланса наносов. При этом за расчетный уровень принимают:

а) для определения нижнего предела размыва — наивысший расчетный уровень воды (рис. XV. 5);

б) для определения гипотетического предела размыва — расчетный уровень прекращения размыва, высота которого над уровнем поймы

$$h_{пр} = h_{расч} \Pi^{1/3}, \quad (XV.6)$$

где  $h_{расч}$  — высота пика расчетного паводка над уровнем поймы (см. рис.

$$XV. 5); \quad \Pi = \frac{h_{расч. ср.}}{h_{расч. макс.}} — полнота паводка.$$

Для обоих уровней должна быть построена эпюра элементарных расходов (см. рис. XV. 1), необходимая для определения бытовых расходов в русле и пойме  $Q_{рб}$  и  $q_{пб}$ , по которым производится расчет этих двух пределов размыва.

Расчетные формулы для определения нижнего и гипотетического пределов размыва одинаковы и различаются лишь величинами расходов, в них входящие.

Конечно, уточненный детальный расчет размыва по уравнению баланса наносов в конечных разностях может быть выполнен (с использованием программы «Гидрам-3») и для мостовых переходов со степенью стеснения  $\beta < 2$ . Однако существенное отличие полученного результата от простых расчетов по уравнению предельного баланса наносов будет лишь при  $\beta > 2$ .

Средняя скорость в русле под мостом после предельного размыва определяется по формуле

$$v_{рм} = v_{рб} \left( \frac{B_{рб}}{B_{рм}} \right)^{1/3} \left( \frac{h_{рм}}{h_{рб}} \right)^{1/3}, \quad (XV.7)$$

где  $v_{рб}$  — русловая бытовая скорость;  $h_{рб}$ ,  $B_{рб}$  — бытовая глубина и ширина русла;  $h_{рм}$ ,  $B_{рм}$  — глубина и ширина русла под мостом.

При уменьшении ширины русла под мостом  $v_{рм} > v_{рб}$ , при уширении русла  $v_{рм} \approx v_{рб}$ .

Средняя глубина в русле под мостом после размыва определяется формулой

$$h_{рм} = h_{рб} \left( \frac{Q_{рм}}{Q_{рб}} \right)^{2/3} \left( \frac{B_{рб}}{B_{рм}} \right)^{2/3}, \quad (XV.8)$$

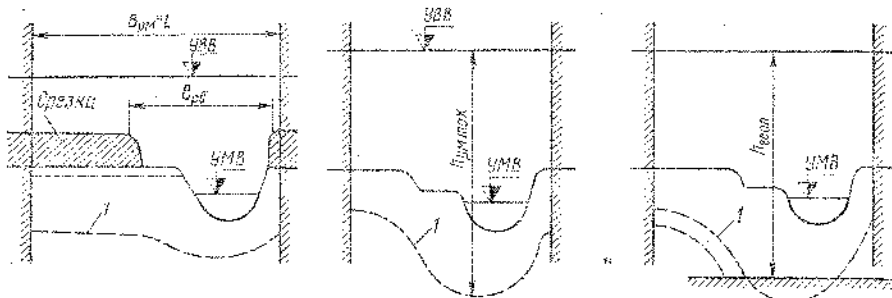


Рис. XV.6. Схема уширения русла (срезки берегов) под мостом:  
1 — линия размыва

Рис. XV.7. Схема геологического ограничения размыва:  
1 — линия размыва

где  $Q_{рм}$  — расход в русле под мостом;  $B_{рм}$  — ширина русла под мостом;  $Q_{рб}$  и  $B_{рб}$  — расход в русле и ширина русла в бытовом состоянии;  $h_{рб}$  — средняя бытовая глубина русла.

Доводя ширину русла под мостом до наибольшей возможной (рис. XV. 6), т. е.  $B_{рм} = L(1-\lambda)$ ;  $Q_{рм} = Q$ , где  $L$  — длина моста;  $\lambda$  — относительная часть длины моста, занятая опорами, получим наименьшую возможную среднюю глубину русла, соответствующую заданной длине моста:

$$h_{рм} = h_{рб} \left( \frac{Q}{Q_{рб}} \right)^{2/3} \left[ \frac{B_{рб}}{L(1-\lambda)} \right]^{2/3}, \quad (XV.9)$$

где  $Q$  — полный расход реки.

Наименьшая длина моста, при которой средняя глубина в русле не превышает заданной наибольшей величины  $h_{рм}$ ,

$$L = \frac{B_{рб}}{1-\lambda} \left( \frac{Q}{Q_{рб}} \right)^{3/2} \left( \frac{h_{рб}}{h_{рм}} \right)^{3/2}. \quad (XV.10)$$

Такое уширение русла допустимо только при частом затоплении пойм паводками. Максимальная глубина в русле под мостом  $h_{рм.маx}$  определяется (приблизительно) бытовым соотношением максимальной и средней глубины, по которому устанавливается наибольшая возможная глубина, соответствующая принятому отверстию моста:

$$h_{рм.маx} = h_{рм} \frac{h_{рб.маx}}{h_{рб}}, \quad (XV.11)$$

что наблюдается при отсутствии ограничения размыва по геологическим условиям. Иногда эта глубина определяется непосредственно положением плотного пласта грунта, лежащего на глубине  $h_{геол}$ , не размываемого донной скоростью, которая установилась в русле после восстановления баланса в движении руслоформирующих наносов (рис. XV.7), чему соответствует неравенство

$$v_{пер} > v_{рм.дон} = \delta v_{рм}, \quad (XV.12)$$

где  $\delta = 0,7$  (см. § XIV. 3).

Геологическое ограничение наибольшей глубины в русле после размыва имеет место только при условии

$$h_{геол} < h_{рм.маx}, \quad (XV.13)$$

где  $h_{рм.маx}$  — наибольшая глубина, определяемая по формуле (XV. 11).

Неразмывающие скорости для различных грунтов приведены в табл. XIV.16 и XIV.18.

Мосты через равнинные реки не устраивают меньше ширины русла, чтобы не препятствовать перемещению наносов. Поэтому наибольшая возможная глубина после размыва в русле

$$h_{рм} = \frac{h_{рб}}{(1-\lambda)^{1/2}} \left( \frac{Q}{Q_{рб}} \right)^{2/3}. \quad (XV.14)$$

При этом отверстие моста, определяемое по формуле (XV. 10), равно  $B_{рб}$ . При перекрытии мостом не только русла равнинной реки, но и участка поймы, который сохраняется под мостом и после размыва в русле, расчет ведут в такой последовательности:

а) определяют допустимую степень стеснения потока:

$$\beta = \frac{Q_{рм}}{Q_{рб}} = \left( \frac{h_{рм}}{h_{рб}} \right)^{3/2} (1-\lambda)^{1/4}, \quad (XV.15)$$

где  $h_{рм}$  — допустимая глубина после размыва;

б) ширину пойменного участка отверстия моста  $\Delta L$  (вся длина моста в этом случае равна  $L = B_{рб} + \Delta L$ ) определяют по упрощенной формуле:

$$\Delta L = B_{п} \left( \frac{1}{1-\tau} \right) \left( \frac{1}{\beta} - \tau \right), \quad (XV.16)$$

где  $\tau = Q_{рб} : Q$  — определяется морфометрическим расчетом;  $B_{п}$  — суммарная ширина пойм.

Для блуждающих рек, не имеющих пойм, принимая исходную ширину русла  $B_{рб} = B_0$  и соответствующую среднюю глубину  $h_{рб} = h_{рб0}$ , получаем формулу

$$L = \frac{B_0}{1-\lambda} \left( \frac{h_{рб0}}{h_{рм}} \right)^{3/2}. \quad (XV.17)$$

При этом максимальная глубина под мостом

$$h_{рм.маx} = h_{рб0.маx} \frac{h_{рм}}{h_{рб0}}, \quad (XV.18)$$

где глубины  $h_{рб0}$  и  $h_{рб0.маx}$  определены по графику (см. рис. XV. 4).

Проверка геологического ограничения глубины размыва обязательна.

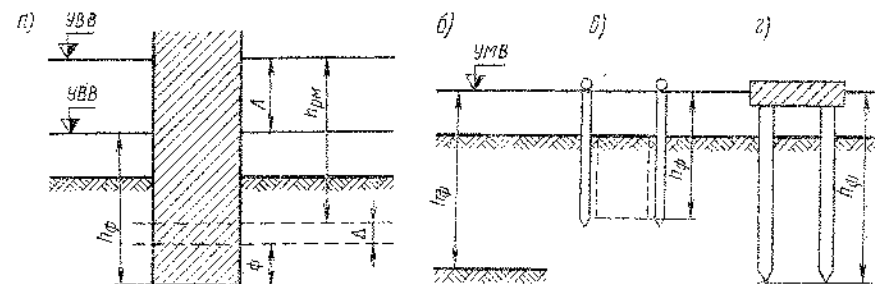


Рис. XV.8. Схемы к определению допустимых глубин размыва:

а — массивная опора; б — залегание плотного пласта; в — открытый котлован; г — свайное основание



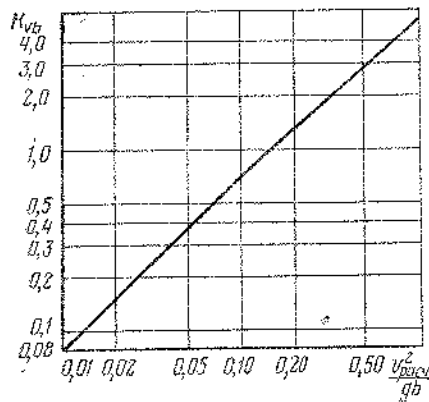


Рис. XV.9. График коэффициента  $K_{vb}$

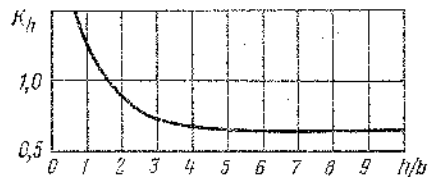


Рис. XV.10. График коэффициента  $K_h$

### Допустимые глубины размыва.

При проектировании каждой опоры моста глубину заложения фундамента опоры, отсчитываемую от межи, можно определить по формуле (рис. XV.8).

$$h_{\phi} = h_{pm} + \Phi + \Delta - A, \quad (XV.19)$$

где  $h_{pm}$  — глубина после размыва в месте расположения опоры с учетом возможности перемещения наибольшей глубины по подмостовому сечению;  $\Phi$  — заглубление фундамента или свай в грунт после размывов всех видов;  $\Phi = h_n + h_{стат}$ ;  $h_n$  — глубина воронки местного размыва;  $A$  — амплитуда изменения уровня воды в реке (УВВ—УМВ). Формула (XV.19) может быть использована двойко. Задавая глубину после размыва и соответствующее ей отверстие моста, устанавливают необходимое заглубление фундамента  $h_{\phi}$ . Задавая глубину  $h_{\phi}$ , определяют допустимую глубину размыва, по которой затем рассчитывают отверстие моста. В последнем случае расчет ведут по формуле

$$h_{pm} = \frac{h_{\phi} + A - \Phi}{1 + \frac{\Delta}{h_{pm}}}, \quad (XV.20)$$

где  $\frac{\Delta}{h_{pm}}$  — относительная погрешность расчета. Рекомендуется

считать относительную погрешность равной 0,15 при морфометрической основе проекта, и равной нулю при гидрометрической основе.

При использовании формулы (XV.20) глубина заложения фундамента  $h_{\phi}$  назначается соответственно: геологическим условиям, если в качестве основания используется определенный пласт прочного грунта; предельной глубине открытого котлована при устройстве опоры на естественном основании; длине погруженных в грунт свай (в этом частном случае каждой длине свай и, следовательно, определенной стоимости свайного основания соответствует своя допустимая глубина после размыва); допустимой свободной длине свай в свайных опорах и ростверках.

Увеличение глубины после размыва по сравнению с бытовой не должно превышать ограничений, установленных СН 200-62.

Расчет местного размыва. Глубину воронки местного размыва можно определить по преобразованной формуле И. А. Ярославцева

$$h_n = K_{vb} K_h b - 30d, \quad (XV.21)$$

где  $K_{vb}$  — обобщенный коэффициент местного размыва (рис. XV.9);  $K_h$  — коэффициент глубины (рис. XV.10);  $b$  — ширина опоры;  $d$  — крупность грунта.

$$K_{vb} = f\left(\frac{v^2}{gb}\right), \quad K_h = f\left(\frac{h_{pm}}{b}\right).$$

Для связных грунтов величина  $30d$  в формуле местного размыва заменяется на  $\frac{6v_{нер}^2}{g}$ , где  $v_{нер}$  — неразмывающая скорость, определяемая по табл. XIV. 18.

### § XV.4. РАСЧЕТ ПОДПОРА

Необходимо различать подпор под мостом, подпор перед мостом и наибольший подпор у насыпи. Расчет всех трех видов подпора может быть выполнен по уравнению сохранения энергии в конечных разностях (уравнение В. И. Чарномского). Такой расчет предусмотрен программой «Гидрам-3», предназначенной для комплексного расчета мостовых переходов на ЭВМ (см. § XV.3). Чисто гидравлический расчет подпоров без учета размывов и намывов на мостовом переходе может считаться только весьма приближенным. Поэтому программой «Гидрам-3» этот расчет предусмотрен как параллельный каждому шагу расчета размыва, т. е. подпор определяется с учетом русловых деформаций.

Наиболее опасным случаем возникновения подпоров, когда подпоры достигают возможного максимума, является случай прохода расчетного паводка по неразмытому до него дну, когда размыв достигает только верхнего предела. При этом за мостом наблюдается наибольшее возможное отложение наносов, определяющее величину максимального подмостового подпора.

Так как во многих случаях (малого и среднего сжатия потока) программа «Гидрам-3» не будет применяться для расчета мостового перехода, следует использовать расчетные формулы, полученные на основе уравнения В. И. Чарномского (см. формулы XV. 23 — XV. 25), дополненные учетом русловых переформирований, т. е. размывов и намывов на мостовом переходе. Такие формулы получены В. Ф. Гриничем на основе обобщения результатов систематических расчетов по программе «Гидрам-3» на ЭВМ. В качестве основы приняты формулы, полученные О. В. Андреевым из уравнения В. И. Чарномского для случая отсутствия размыва.

Подпоры перед мостом и у насыпи связаны между собой зависимостью

$$\Delta h_n = \Delta h + I_6 \frac{B_0 - L}{1 + I_{мн}/I_{6н}}, \quad (XV.22)$$

где  $\Delta h_n$  — подпор у насыпи;  $\Delta h$  — подпор перед мостом;  $I_6$  — бытовой уклон реки;  $B_0$  — ширина разлива;  $L$  — отверстие моста;  $I_{мн}$ ,  $I_{6н}$  — ширина малой и большой поймы.

Величина подпора перед мостом может быть найдена по формуле

$$\Delta h = \frac{3}{2} \cdot \frac{B_0 - L}{1 + \frac{I_{мн}}{I_{6н}}} \kappa_1 I_6 \left( \kappa_p \frac{\beta^2}{\epsilon^{10/3}} - 1 \right) (1 + \kappa), \quad (XV.23)$$

где  $\beta$  — степень стеснения потока (см. расчет общего размыва);

$$\epsilon = \frac{h + \Delta h}{h} = 1 + \frac{\Delta h}{h} \text{ — относительный подпор,}$$

$$\kappa = \frac{I_6}{I_{сж}} = \frac{I_6 \left( 1 + \frac{I_{мн}}{I_{6н}} \right)}{B_0 - L} \text{ — относительная длина верховых струеннаправляющих дамб;}$$

$\kappa_1$ ,  $\kappa_p$  — поправочные коэффициенты, учитывающие характер изменения потерь энергии по длине потока на трение и влияние русловых деформаций на подпор.

$$\text{При этом} \quad \kappa_1 = 1 - 0,14 (\beta - 1,4)^{1/2}; \quad (XV.24)$$

$$\kappa_p = 0,25 (2 - P_{\omega})^2 + 0,75. \quad (XV.25)$$

где  $\beta$  — прежнее обозначение;  $P_{\omega}$  — коэффициент размыва, вычисленный по площадям поперечного сечения потока после размыва и до размыва.

Подмостовой подпор обычно невелик, и его следует вычислять по формулам, опубликованным В. Ф. Гриничем, только для случаев, когда зазор между уровнем воды и опорными частями пролетных строений очень мал, а также для мостовых переходов через реки с интенсивным карчеходом.

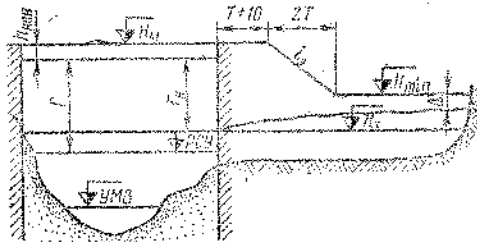


Рис. XV.11. Продольный профиль мостового перехода

Поэтому величина  $\Delta$  принимается большей из двух величин:

$$\Delta_1 = h_{до}; \quad \Delta_2 = h_{наб}; \quad (XV.26)$$

$$h_{наб} = \frac{4,3K_{ш} h_{вол}}{m}, \quad (XV.27)$$

где  $h_{до}$  — суммарная толщина конструктивных слоев дорожной одежды;  $h_{наб}$  — высота набега волн;  $m$  — крутизна откоса пойменной насыпи, принимаемая  $\geq 2$ ;  $K_{ш}$  — коэффициент гладкости покрытий откосов насыпи (табл. XV.2);  $h_{вол}$  — высота свободной волны, равная  $\sim 1/10$  ее длины. Высота волны может быть рассчитана по простейшей формуле

$$h_{вол} = 0,0212\omega^{5/4} l_b \quad (XV.28)$$

или в случае ограничения длины волны из-за малых глубин на пойме

$$h_{вол} = 0,2h_n \quad (XV.29)$$

где  $\omega$  — скорость ветра при наводках, м/с;  $l_b$  — длина разбега волн, км;  $h_n$  — глубина воды на пойме.

Фактически будет развиваться волна меньшей высоты из двух значений, найденных по формулам (XV.28) и (XV.29).

Более сложные способы расчета не уточняют результатов из-за отклонения исходных положений от фактических условий работы мостовых переходов.

Подъем от низкой насыпи на мост рекомендуется делать с уклоном, обеспечивающим наименьшие земляные работы. Такой уклон

$$i_s = \sqrt{\frac{H_m - H_{min}}{R_{вып}}} \leq i_{max}, \quad (XV.30)$$

где  $H_m$  — отметка проезда по мосту;  $H_{min}$  — отметка низкой насыпи на пойме;  $R_{вып}$  — радиус вертикальной кривой, назначаемой в зависимости от категории дороги;  $i_{max}$  — наибольший уклон, допускаемый на дороге.

Отметка проезда по мосту  $H_m$  определяется как большая из величин, получаемых двумя расчетами. Первым расчетом учитывается необходимость пропуска случайных плывающих предметов под мостом при наивысшем уровне, расчетном для моста:

$$H_m = H_{расч} + \Gamma_k + h_{кон},$$

где  $\Gamma_k = 0,75 \div 1,5$  м — зазор над уровнем воды для пропуска карчехода;  $h_{кон}$  — конструктивная высота пролетных строений.

§ XV.5. ПОЙМЕННЫЕ НАСЫПИ

Продольный профиль дороги на мостовом переходе показан на рис. XV.11. Наименьшая допустимая отметка насыпи на пойме  $H_{min}$  определяется расчетным уровнем воды для насыпи  $H_{расч}$ , подпорок у насыпи  $\Delta h_n$  и запасом  $\Delta$ , достаточным для того, чтобы дорожная одежда на насыпи не была подтоплена подертыми водами, а волны не заливали обочины.

Коэффициенты для расчета судоходного уровня

Классы водных путей	Коэффициенты для расчета судоходного уровня		Классы водных путей	Коэффициенты для расчета судоходного уровня	
	a	k		a	k
I	1:50	1:20	V	1:20	1:33
II	1:33	1:16	VI	1:25	1:50
III	1:25	1:16	VII	1:25	1:50
IV	1:20	1:20			

Вторым расчетом учитывается необходимость пропуска под мостом судов и плотов при некотором расчетном судоходном уровне (PCY):

$$H_m = PCY + \Gamma_c + h_{кон},$$

где  $\Gamma_c$  — судоходный (или сплавной) габарит.

Расчетный судоходный уровень несколько ниже, чем высота половодья, с вероятностью  $a$ , соответствующей классу водного пути. Значения  $a$  приведены в табл. XV.3. Снижение PCY по сравнению с «пиком» этого половодья определяется допустимым перерывом в работе речного флота  $t$ , устанавливаемым в долях  $k$  от продолжительности навигации (НСП 103-52).

Соответственно вероятности устанавливается номер уровня в ранжированном ряду половодий, зафиксированных на водомерном посту

$$M = a(n + 0,4) + 0,3, \quad (XV.31)$$

где  $n$  — число лет наблюдений;  $a$  — вероятность исходного расчетного половодья по табл. XV.3.

Округляя значение номеров до ближайшего целого числа, устанавливают расчетный год и фактическую продолжительность навигации в этом году  $T_n$ . Перерыв в работе речного флота вычисляют по формуле

$$t = kT_n, \quad (XV.32)$$

где  $k$  — доля неиспользуемого времени по табл. XV.3.

Отметку PCY определяют срезкой водомерного графика для расчетного года на высоту, при которой перерыв в работе речного флота равен  $t$  (рис. XV.12). Величины судоходных габаритов принимают в соответствии с классом реки по данным, приведенным в табл. VIII. 24.

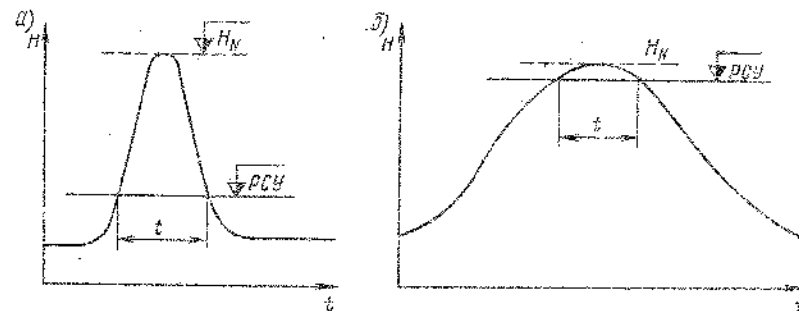


Рис. XV.12. Схема определения PCY:

a — для рек с коротким половодьем; б — для рек с затяжным половодьем

Таблица XV.2

Коэффициент гладкости покрытий откосов насыпи

Тип укрепления откосов	Значения $K_{ш}$
Бетонные покрытия	1
Монолитные	0,9
Заросшие откосы	0,75

Таблица XV.4

## Характеристики сопротивляемости укреплений размыву и волнам

Тип укрепления	Допускаемая скорость течения, м/с	Допускаемая высота волн, м
Деря плашмя	1,2	0,25
» в стенку	1,5—2,0	0,25
Однорядное мощение	3,0—4,0	0,50
Двойное мощение	4,5	0,70
Бетонные плиты	Более 5,0	В зависимости от размера плит

Проезжая часть моста может быть устроена без продольного уклона или с уклоном (односторонним или двусторонним), назначаемым с целью понизить опоры крайних пролетов моста. Такое понижение может потребоваться либо в связи с невысокими отметками улиц, к которым примыкает городской мостовой переход, либо для уменьшения объемов работ по устройству опор и подходов к мосту. Понижение крайних пролетов может быть допущено даже при возможности перемещения судового хода в крайние, низкие пролеты. При высоких водах судоходство будет производиться в других, повышенных пролетах моста. Величины всех пролетов в этом случае должны быть не меньше требуемых по условиям пропуска судоходства.

Точка перелома продольного профиля при переходе от уклона  $i_0$  к уклону на мосту относится от места сопряжения моста с насыпью на расстояние не менее  $T+10$  м, где  $T$  — тангенс вертикальной кривой.

Земляное полотно на поймах устраивают с крутизной откосов 1:2 на низкой насыпи, где отметка бровки  $H_{\text{п.н.}}$ . На подъеме к мосту и площадке перед мостом крутизна откосов сухой части насыпи назначается 1:1½ и смачиваемой 1:2 или 1:2¼ (при высоте этой части более 6 м).

Укрепление откосов земляных сооружений на пойме назначается соответственно скорости течения и высоте волн по табл. XV. 4.

## § XV.6. РЕГУЛЯЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Форма, размеры и конструкции регуляционных сооружений назначают соответственно типу реки, через которую проектируется мостовой переход. На переходах через равнинные реки основными задачами регулирования являются: плавное подведение пойменных вод к мостовому отверстию, возможное уменьшение глубин размыва и равномерное нарастание глубин при размыве. Для этого под мостами через равнинные реки делают срезку пойменных берегов русла (уширение) и устраивают пойменные незатопляемые регуляционные сооружения.

Форма срезки в плане показана на рис. XV.13. Удалению подлежат связные грунты наилка поймы. При срезке должен быть обнажен легкоразмываемый несвязный аллювий.

Для нормального пересечения реки дорогой форма пойменных струенаправляющих сооружений, обтекаемых потоком без завихрений и обеспечивающих медленный размыв под мостом, принимается близкой к эллиптической (бисинусоидальной).

Относительная длина верхних струенаправляющих дамб может быть ориентировочно определена по табл. XV.5. При односторонней пойме по этой величине назначают длину одной струенаправляющей дамбы. При двух поймах табличная величина соответствует суммарной длине двух сооружений; эта длина разделяется между двумя струенаправляющими дамбами пропорционально расходам воды, притекающей с пойм.

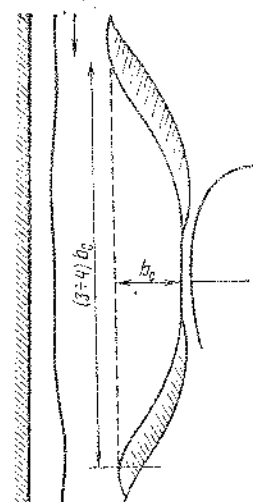


Рис. XV.13. Очертание срезки берегов русла в плане

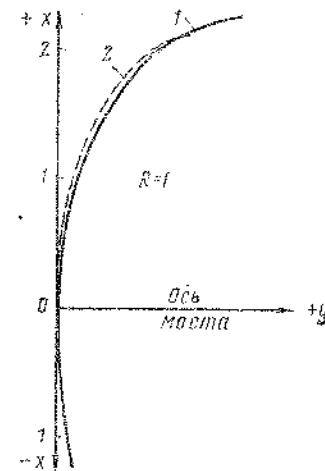


Рис. XV.14. Разбивка оси струенаправляющей дамбы по парным координатам

По длине верховой струенаправляющей дамбы определяют геометрический параметр бисинусоидальных дамб — радиус кривизны в головной точке дамбы:

$$R = \frac{l_B}{\beta} \quad (\text{XV.33})$$

Порядок расчета длин верхних струенаправляющих дамб по табл. XV. 5 следующий. Определяется отверстие моста. По табл. XV. 5 устанавливается соответственно величине  $\beta$  длина  $l_B$ .

Разбивку очертания дамбы 1 (рис. XV.14) производят по парным координатам ( $x$ ;  $y$ ), значения которых приведены в левой части табл. XV. 6. Таблица содержит координаты точек, находящихся на равных расстояниях  $0,2R$  одна от другой. В правой части таблицы приведены данные для разбивки более коротких дамб 2 (см. рис. XV.14), применяемых только в случае очень малых скоростей пойменных бытовых потоков ( $0-0,2$  м/с).

При косых пересечениях рек струенаправляющие дамбы располагают так, как это показано на рис. XV. 15 в зависимости от относительного расхода воды в русле.

Для отжима мощных пойменных течений от конуса насыпи можно устраивать прямолинейные струенаправляющие дамбы, длина которых чаще всего назначается равной половине длины отверстия моста.

Таблица XV.5

## Относительные длины верхних струенаправляющих дамб

$\beta$	$l_B : L$	$\beta$	$l_B : L$
1,0—1,2	0	1,75	0,42
1,25	0,25	2,0	0,50
1,50	0,33	2,5	0,60

Примечание.  $\beta$  — степень сжатия реки;  $l_B$  — длина верховой струенаправляющей дамбы;  $L$  — отверстие моста.

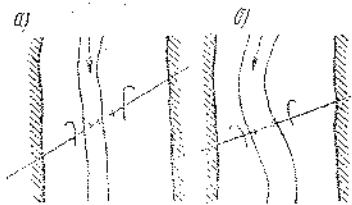


Рис. XV.15. Расположение дамб на косых мостовых переходах:  
а — при слабом русле; б — при мощном русле

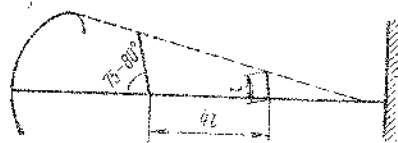


Рис. XV.16. Расположение траверсов у пойменной насыпи

Струенаправляющие дамбы устраивают из грунта с укреплением речных откосов, соответствующим скорости течения (см. табл. XV.4). Пойменные откосы дамб укрепляют дерном.

На мостовых переходах через реки с очень широкой поймой возникает дополнительная необходимость отжима водного потока откоса от насыпи. С этой целью устраивают поперечные незатопляемые сооружения — траверсы, примерное

Таблица XV.6

Координаты для разбивки струенаправляющих дамб

Номер точки	$\frac{l}{R}$	Координаты оси струенаправляющей дамбы при			
		$v = v_{кр} = const$		$v = v_{кр} \sqrt{\cos \alpha}$	
		$\frac{x}{R}$	$\frac{y}{R}$	$\frac{x}{R}$	$\frac{y}{R}$
1	0	2,321	1,435	2,084	0,875
2	0,2	2,300	1,237	2,033	0,686
3	0,4	2,243	1,036	1,860	0,545
4	0,6	2,151	0,870	1,713	0,424
5	0,8	2,027	0,710	1,543	0,324
6	1,0	1,886	0,570	1,354	0,243
7	1,2	1,532	0,453	1,168	0,177
8	1,4	1,556	0,348	0,972	0,121
9	1,6	1,375	0,254	0,773	0,077
10	1,8	1,186	0,193	0,575	0,042
11	2,0	1,000	0,134	0,381	0,018
12	2,2	0,805	0,087	0,178	0,004
13	2,38	—	—	0	0
14	2,4	0,610	0,050	—	—
15	2,6	0,410	0,023	-0,219	0,006
16	2,8	0,210	0,006	-0,421	0,022
17	3,0	—	—	-0,620	0,043
18	3,01	0	0	—	—
19	3,2	-0,192	0,005	-0,819	0,064
20	3,4	-0,393	0,020	-1,018	0,085
21	3,5	—	—	1,117	0,095
22	3,6	-0,592	0,041	—	—
23	3,8	-0,791	0,062	—	—
24	4,0	-0,990	0,082	—	—
25	4,2	-1,189	0,103	—	—

Примечание. Точка с координатами  $x=0$ ;  $y=0$  соответствует месту примыкания дамбы к мосту;  $l$  — длина дамбы от головы до данной точки.

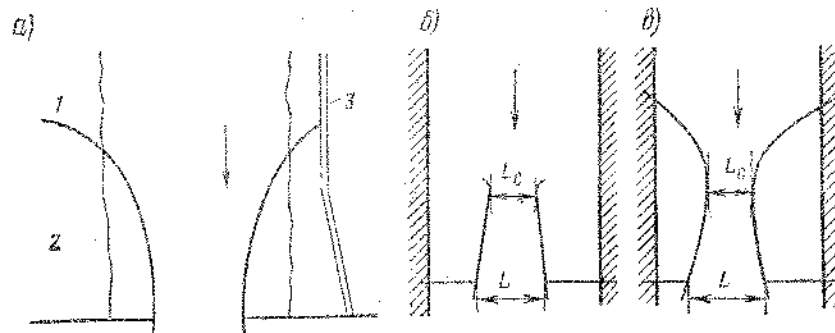


Рис. XV.17. Расположение оградительных валов на блуждающих реках:

а — обычный; б, в — с узкой горловиной;  
1 — заделка в берег; 2 — высокий берег; 3 — дамба обвалования

расположение которых показано на рис. XV.16. Головные части траверсов должны быть надежно укреплены. Устройство траверсов целесообразно только в случаях, когда нет необходимости защищать насыпь от ударов волн.

Головы струенаправляющих дамб и траверсов подвержены подмыву; воронкообразный местный размыв происходит под действием набегавшей воды и может быть рассчитан по формуле

$$h_{в} = \frac{23v^2}{g\sqrt{1+m_0^2}} - 6\frac{v_{дон}^2}{g}, \quad (XV.34)$$

где  $v$  — скорость набегавшей воды на дамбу. Для голов струенаправляющих дамб принимается  $v = v_{кр}$ ;  $m_0$  — крутизна откоса головной части дамбы;

$v_{дон}$  — допустимая скорость для грунтов на дне воронки местного размыва. Для защиты голов пойменных сооружений от подмыва целесообразно применение каменных набросок или бетонно-брызольных тюфяков. Каменно-хворостяные тюфяки не рекомендуются, так как они быстро разрушаются при попеременном смачивании и высыхании.

На мостовых переходах через блуждающие беспойменные реки основной задачей регулирования является плавное, постепенное уменьшение ширины потока от большой (при которой наблюдается блуждание) до малой, равной

отверстия моста, где блуждания нет. Новые границы русла должны быть незатопляемыми с учетом изменения уровня воды. Этими границами валами (рис. XV.17) полностью закрываются с верхней стороны подходы к мосту. Для возможно малого подъема уровня воды у новых границ русла рекомендуется очерчивать их в плане по логарифмическим кривым. Длина валов назначается  $(2 \div 4) B_0$ .

Устройство валов, постепенно сжимающих русло блуждающей реки, может быть различным. Их можно выполнить в виде гладких валов с укрепленным речным откосом, защищенным от подмыва по подошве глыбными покрытиями из тюфяков различных конструкций. Новые границы русла могут быть выполнены в виде неукрепленных земляных валов, прикрытых от размыва системой незатопляемых струеотбойников (рис. XV.18), головы которых защищены от местного размыва.

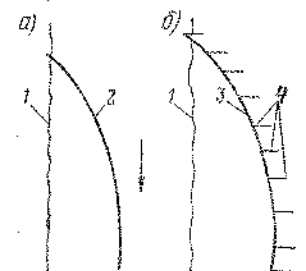


Рис. XV.18. Схема применения гладких дамб и струеотбойников:

1 — граница русловой зоны; 2 — капитальный вал; 3 — размываемый вал; 4 — струеотбойник

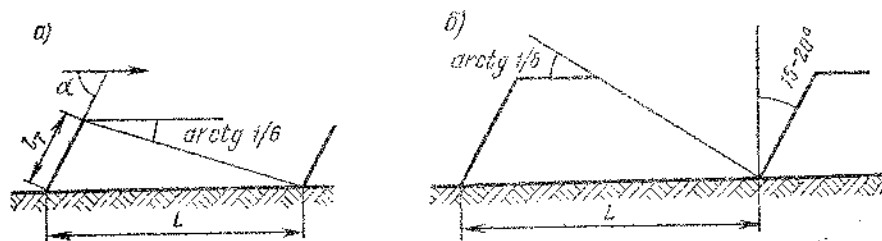


Рис. XV.19. Взаиморасположение струеотбойников:  
а — прямых; б — Г-образных

Струеотбойники размещают по схеме, показанной на рис. XV.19; в плане они могут быть Г-образными. Количество струеотбойников произвольно, но экономичнее назначать меньшее их число при большей длине каждого из них.

Струеотбойники должны быть сплошными. Применение сквозных сооружений для этих целей показало их непригодность; такие сооружения подмывались и разрушались, так как устройство береговых валов не приостанавливает перемещения скопленных наносов в русле и не исключает появления больших глубин у струеотбойников.

В качестве материалов для постройки сооружений, работающих как новые границы русел блуждающих рек, используют грунт, каменно-хворостяную кладку, камень в проволочных сетках (габионы), железобетонные элементы укрепления (неподвижные и гибкие).

На горных реках регулиционные работы часто сводятся к берегоукрепительным. Укрепляют берега прочными материалами соответственно большим скоростям течения горных рек. Особое внимание следует уделять защите подошвы укрепления от подмыва.

#### § XV.7. ИЗЫСКАНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Для выполнения проектных работ по мостовому переходу необходимо значительное количество натуральных материалов. Полнота этих материалов определяет качество проекта. Поэтому периоду проектирования предшествует период сбора материалов — период изысканий. Технические (подробные) изыскания проводят до разработки технического проекта, в котором должны быть прежде всего окончательно установлены генеральные размеры и общие формы сооружений мостового перехода по различным вариантам и выбран наилучший вариант.

Перед разработкой рабочих чертежей могут быть проведены дополнительные, предпостроечные изыскания, если в ходе разработки технического проекта была обнаружена необходимость детализации выбора конструктивных решений. Состав предпостроечных изысканий заранее наметить нельзя.

Перечень и объем исходных материалов для проектирования в сильной степени зависят от применяемых методов проектирования.

Поэтому с развитием методов проектирования может изменяться состав изыскательских работ.

**Технические изыскания.** Изыскания начинаются с камерального периода, во время которого должны быть собраны материалы, характеризующие реку и возможные места пересечений в отношении: топографическом, гидрологическом (включая гидрометрические материалы), инженерно-геологическом, эксплуатационном. Должны быть собраны: карты мест перехода (желательно разных лет съемки для суждения об изменчивости реки); планы, снимавшиеся в каких-либо инженерных целях; данные многолетних наблюдений за режимом реки на ближайших водомерных постах (ежегодные наибольшие уровни, данные для построения кривой расхода, сведения о скорости течения воды, ледоходе, дви-

жении наносов, скоростях ветра при половодьях, уклонах и т. п.); инженерно-геологические характеристики, дающие возможность составить представление о глубине залегания и характере коренных пород речной долины, составе аллювия, наилке пойм; сведения об использовании реки для судоходства, сплава, выработки энергии и т. д.; сведения о работе существующих мостовых переходов с указанием особенностей режима реки, приводящих к осложнению содержания сооружений, фактических размывов, происходящих на переходах и т. д.

Обработка данных, собранных во время камеральных изысканий, позволяет составить общее представление о местных условиях и размерах сооружений, а также выяснить, что недостает для подробного проектирования мостового перехода, и составить программу подробных полевых технических изысканий.

При подробных технических изысканиях необходимо произвести съемки, позволяющие охарактеризовать каждый вариант пересечения реки в отношении: ширины разлива, глубины и рельефа пойм, ширины, глубины и подвижности речного русла, возможности выхода дороги за пределы речной долины, условий расположения конкретных сооружений мостового перехода. Это требует в большинстве случаев съемки планов в горизонталях границ речной долины и на узкой полосе у предполагаемого створа мостового перехода, а также съемок для построения ситуационного плана на большой площади выше и ниже створа моста (1—1,5 ширины разлива — вверх против течения, 0,5—1 ширины разлива — вниз по течению). Наиболее удобно производить такие съемки аэрометодами с соответствующим наземным обоснованием. При необходимости ограничиться только наземными съемками следует применять тахеометрическую съемку.

В состав топографических съемок входят также разбивка и нивелирование поперечников (створов) речной долины. Для расчета отверстия моста необходимо знать распределение расхода воды между руслом и поймой непосредственно в створе моста. Это означает, что главный рабочий створ для производства гидрологических работ (включая гидрометрические) необходимо совмещать со створом перехода, который обязательно трассируется на местности для проектирования дороги. При расположении створа перехода в месте резкого сужения речной долины нельзя ограничиться одним главным створом, так как распределение расхода между руслом и поймой будет различным в широкой и узкой части долины; учет этой разности даст возможность вычислить размер бытовых паводочных углублений русла, которые следует вводить в расчет общего размыва.

Распределение расходов воды между руслом и поймой наиболее точно устанавливается гидрометрическим путем. Для этого скорости течения измеряют в главном створе при нескольких высоких уровнях воды. Скорости измеряют вертушками, а в отдельных случаях поплавками. При работе с поплавками наилучшим способом следует считать одноточечный с построением траекторий движения поплавков. Для соответствующих теодолитных измерений выбирают пункт на высоком берегу речной долины, а при большой ширине разлива и низких берегах долины устанавливают специальные наблюдательные вышки. По результатам гидрометрических измерений строят кривые общего и частных расходов и скоростей течения в функции от уровня воды.

При невозможности проводить изыскания во время половодья ограничиваются установлением распределения расхода воды между руслом и поймой расчетом по уравнению равномерного движения. В этом случае рабочий створ называется морфоствором и необходимо обследовать его и прилегающую к нему местность для установления коэффициентов шероховатости, вводимых в гидравлический расчет.

В подавляющем большинстве случаев створы водомерных постов, на которых проводились многолетние наблюдения за режимом реки, не совпадают со створом перехода, а иногда находятся весьма далеко от него. Для того чтобы использовать данные такого поста, необходимо перенести их на створ мостового перехода. Практически необходимо перенос уровней воды, так как скорости течения и распределение расхода воды между руслом и поймой сильно разнятся для отдельных участков реки.

Для переноса уровней наилучшим способом является построение кривой связи двух створов, для чего необходимо провести краткосрочные наблюдения

в обонх створах при возможно большей амплитуде изменения уровней. Это требует организации временного водомерного поста в створе перехода реки.

Инженерно-геологические работы на переходе начинают с обследования поймы для установления мощности и состава илняка и подстилающего его аллювия. Геологическое обследование русла и прилегающих к нему участков поим производится при помощи бурения через толщу аллювия до коренных пород. По результатам работ строят инженерно-геологический профиль на ширину, превышающую предполагаемую величину отверстия моста. На всю ширину поим строят грунтовой профиль поверхностных слоев.

Обследование существующих мостовых переходов, установление траекторий судов и плотов производится параллельно с основными топографическими и гидрологическими работами.

**Выбор места перехода.** Выбор наилучшего варианта места перехода производят путем технико-экономического анализа. Надлежит сравнивать варианты дороги, проходящие через различные возможные створы мостового перехода, в пределах между одними и теми же точками, общими для всех вариантов. Каждый из вариантов должен иметь какое-либо преимущество перед остальными. Увеличенному пробегу автомобилей должно противопоставляться уменьшение строительной стоимости или эксплуатационных затрат по содержанию сооружений. В соответствии с типовой методикой сравнения вариантов следует установить целесообразность строительства более дорогого варианта по сроку его окупаемости  $t_{ок}$  в связи с ежегодной экономией расходов на перевозки и содержание сооружений.

Сравнивать можно раздельно каждую пару вариантов по формуле

$$t_{ок} = \frac{C_1 - C_2}{Э_2 - Э_1} \approx t_{расч.} \quad (XV.35)$$

где  $C_1$  — строительная стоимость более дорогого варианта;  $C_2$  — строительная стоимость для менее дорогого варианта;  $Э_1$  — сумма эксплуатационных годовых затрат на перевозке, амортизационных годовых отчислений и текущих затрат на ремонт сооружений по более дорогому варианту;  $Э_2$  — то же, по варианту меньшей стоимости.

Дополнительные затраты на строительство ( $C_1 - C_2$ ) целесообразны только при условии, что они окупятся не позже чем через 8 лет ( $t_{расч.}$ ). Эксплуатационные затраты вычисляют на расчетный год (см. гл. II).

## Глава XVI

### ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДОРОГ

#### § XVII. АВТОБУСНЫЕ ОСТАНОВКИ И ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТОЯНОК АВТОМОБИЛЕЙ

Автобусные остановки размещают по протяжению дорог в соответствии с пассажиропотоками с целью оптимального обслуживания прилегающих территорий и с учетом строительных затрат и обеспечения высоких транспортно-эксплуатационных показателей работы автобусов при минимальном влиянии их на режимы движения основных потоков.<sup>1</sup>

На дорогах I—III категорий вне населенных пунктов расстояние между остановками принимают не менее 3—5 км, а в густонаселенных районах — 1,5 км. На дорогах IV и V категорий автобусные остановки устраивают не чаще чем через 500 м.

<sup>1</sup> Методические рекомендации по проектированию автобусных остановок. М., Союздорнии, 1975.

<sup>2</sup> Типовые проектные решения. Автобусные остановки и площадки стоянки автомобилей. М., Союздорпроект, 1974.

При проектировании автобусных остановок предусматривают остановочные площадки для автобусов, посадочные площадки и павильоны для пассажиров, переходно-скоростные полосы для торможения и разгона. Ширину остановочных площадок принимают равной ширине основных полос проезжей части, а длину — в зависимости от количества одновременно останавливающихся автобусов, но не менее 10 м.

Посадочные площадки должны быть приподняты на 0,2 м над покрытием остановочных площадок и ограждены от них бордюрами. Посадочные площадки должны иметь твердые покрытия на площади не менее 10×2 м. Ближайшую грань павильона для пассажиров располагают не ближе 3 м от кромки остановочной площадки.

Автобусные остановки вне пределов населенных мест, как правило, располагают на прямых участках или на кривых с радиусами в плане не менее 1000 м для дорог I и II категорий, 600 м для III категории и 400 м для IV и V категорий. Продольный уклон в зоне автобусных остановок должен быть не более 40‰. При этом должна быть обеспечена видимость в продольном профиле и плане для дорог соответствующих категорий.

Автобусные остановки и площадки для стоянок рекомендуется располагать за пределами пересечений автомобильных дорог с учетом обеспечения видимости.

На дорогах I категории автобусные остановки для разных направлений располагают напротив, а на дорогах остальных категорий их смежают по ходу движения на расстоянии не менее 30 м между ближайшими боковыми стенками павильонов.

На дорогах I категории, как правило, предусматривают сооружение подземного или надземного перехода с установкой на разделительной полосе барьерного ограждения протяжением не менее 100 м. На дорогах II—V категорий на проезжую часть в зоне пешеходного перехода наносят разметку по типу «зебра». От посадочных площадок до пешеходного перехода устраивают тротуар с отделением его от полос движения бордюром.

Остановочные площадки и переходно-скоростные полосы на протяжении не менее 20 м от них следует отделять от основных полос движения разделительной полосой шириной 0,75 м на дорогах I и II категорий и 0,5 м на дорогах III категории, а на дорогах IV и V категорий — сплошной линией продольной разметки. Переходно-скоростные полосы на всем протяжении отделяют от основных сплошной и пунктирной линией разметки, а отгоны — пунктирной линией. Сопрежение полос торможения и разгона с обочины выполняют, как правило, через укрепленные полосы шириной 0,75 м на дорогах I и II категорий и шириной 0,5 м на дорогах III категории, а на дорогах IV и V категорий кромки сопряжения рекомендуется разметать сплошной линией разметки. Ширину обочины, прилегающих к переходно-скоростным полосам, допускается принимать 1,5 м на дорогах I и II категорий и 1 м на дорогах остальных категорий, учитывая возможность размещения тротуара, если он предусматривается. Ширину обочины изменяют на протяжении отгона переходно-скоростных полос.

При проложении дорог через населенные пункты у общественных и торговых зданий, столовых, кафе, пунктов медицинской помощи, зрелищных предприятий и в других местах с систематическими остановками автомобилей предусматривают специальные площадки для остановки автомобилей. Размеры остановочных площадок определяют исходя из количества одновременно останавливающихся автомобилей. Остановочные площадки должны быть удалены от дорог и отделены от проезжей части специальными полосами шириной не менее 2,7 м.

На автомобильных дорогах I—III категорий на участках вне населенных пунктов (у исторических и культурных памятников, являющихся объектами осмотра туристов, а также в местах отдыха у живописных мест или водоемов и для технического осмотра автомобилей) предусматривают площадки для кратковременных стоянок.<sup>1</sup> Размеры таких стоянок назначают исходя из коли-

<sup>1</sup> Методические рекомендации по размещению и проектированию площадок для стоянок автомобилей. Союздорнии, 1973. 32 с.

Размеры знаков

чества одновременно стоящих автомобилей, но не менее чем для пяти автомобилей исходя из 10-летней перспективы. Стоянки располагают на дорогах I и II категорий не реже чем через 10—15 км, а на дорогах III категории — через 20—30 км. Площадки для кратковременных стоянок вне населенных пунктов, как правило, должны отстоять от кромок проезжей части дорог на расстоянии не менее боковой видимости.

На подходах магистральных дорог I и II категорий к крупнейшим городам рекомендуется предусматривать площадки для стоянки до 50 автомобилей с устройством помещений для организации соответствующих служб. В зонах расположения сооружений служб дорожной, автотранспортной, Госавтоинспекции предусматривают площадки для стоянок автомобилей; вне зависимости от их принадлежности вместимость площадок назначают в соответствии с мощностью объектов и местными условиями, но не менее пяти автомобилей. Через 30—60 км, т. е. через каждые две площадки на дорогах I и II категорий и через одну на дорогах III категории, рекомендуется устраивать площадки длительного отдыха вместимостью на расчетное количество одновременно останавливающихся автомобилей, но не менее 10 автомобилей. Для площадок длительного отдыха выбирают места с живописным ландшафтом, с наличием источников воды, тени, защищенные от ветра и т. д., с учетом опыта размещения и формирования мест стоянок на близлежащих дорогах в данном районе.

В целях уменьшения количества съездов и въездов по протяжению дорог I—III категорий рекомендуется въезды на площадки для стоянок автомобилей совмещать со съездами на дороги IV—V категорий, а сами площадки располагать с учетом обеспечения видимости в зонах пересечений и примыканий. В отдельных случаях могут быть использованы переходно-скоростные полосы к автобусным остановкам.

#### § XVI.2. ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

Дорожные знаки устанавливают в соответствии с ГОСТ 10807—71 «Знаки дорожные» и Правилами установки дорожных знаков (ВСН 28-76 Минавтодора РСФСР), учитывая реальные скорости движения транспортных средств на различных элементах автомобильных дорог. В соответствии с ГОСТ 10807—71 дорожные знаки разделены на четыре группы: предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные.

Дорожным знакам присвоены номера: первое число номера — номер группы, к которой принадлежит знак; второе — порядковый номер знака в группе. Для знаков, имеющих одинаковое смысловое содержание, сохраняется общий порядковый номер, а их разновидности обозначены буквенными индексами (см. цветовую вкладку). Каждая группа знаков имеет характерную форму, цвет фона и каймы.

Предупреждающие знаки (форма равностороннего треугольника с белым фоном, красной каймой и черным символом), применяют для заблаговременного оповещения водителя о характере предстоящей опасности и необходимости принять меры предосторожности, соответствующие обстановке.

Запрещающие знаки применяют для введения различных ограничений; знаки 2.1—2.14 запрещают движение всех или отдельных участников движения, отдельных типов транспортных средств или транспортных средств, имеющих определенные весовые или габаритные характеристики; знаки 2.15—2.24 запрещают выполнение определенных действий (маневров). Запрещающие знаки имеют форму круга (кроме знака 2.15) с белым фоном (кроме знаков 2.1, 2.15 с красным и знаков 2.22, 2.23 с голубым фоном) и красной каймой. Знаки 2.25, показывающие конец зоны действия соответствующих запрещающих знаков, имеют черную кайму.

Предписывающие знаки (форма круга с голубым фоном, узкой белой каймой и белым символом) применяют для введения определенных режимов движения путем указания разрешенных направлений движения, минимальной скорости движения или путем разрешения использовать участок дороги только определенным участникам движения.

Типоразмеры знаков	Условия применения знаков	Размеры знаков, мм			
		предупреждающих	запрещающих и предписывающих	указательных	
		Сторона треугольника	Диаметр <sup>1</sup> круга	Сторона квадрата	Стороны прямоугольника
I	На дорогах V категории и улицах	700	550	550	550×700
II	На дорогах III и IV категорий и магистральных улицах	900	700	700	700×900
III	На дорогах I и II категорий	1200	900	900	900×1200

<sup>1</sup> Для знака 2.15—диаметр вписанной окружности.

Указательные знаки применяют для информирования водителей об особенностях установленного на дороге режима движения, о расположении различных объектов и направлениях движения к ним. Указательные знаки имеют форму прямоугольника с голубым фоном (кроме знаков 4.1, 4.2, 4.5а и 4.6а с белым фоном).

Дополнительные средства информации (прямоугольные таблички с белым или голубым фоном) применяют отдельно или в сочетании с другими дорожными знаками для уточнения, ограничения или усиления их действия.

Дорожные знаки должны иметь размеры, установленные ГОСТ 10807—71 (табл. XVI.1), и соответствующие этим знакам размеры табличек (табл. XVI.2).

При установке знаков необходимо тщательно учитывать местные условия, оценивая возможную видимость в светлое и темное время суток, удобство содержания дороги и знаков, условия движения в плотном потоке, а также возможности предотвращения случайных или преднамеренных повреждений знаков.

Таблица XVI.2

Размеры табличек

Типоразмеры знаков	Размеры знаков, мм		Размеры табличек, мм				
	Сторона треугольника	Диаметр круга или сторона квадрата	5.1, 5.2 (а, б) 5.3 (а, б, в) 5.4—5.7	5.2в	5.3г—с	5.8	5.9, 5.10
I	700	550	150×500	420×600	280×490	280×700	500×500
II	900	700	210×700	420×600	280×490	360×900	630×630
III	—	900	210×700	—	—	—	800×800
	1200	—	300×1000	700×1000	—	480×1200	800×800

Примечания. 1. Соотношение сторон таблички 5.11—1:4,5; размеры сторон должны быть не менее 400×1800 мм.

2. Размеры таблички 5.12—210×700 мм для всех категорий дорог.

3. Для табличек 5.26 и 5.5 больший указанный размер дается без учета размера острия, представляющего собой равносторонний треугольник.

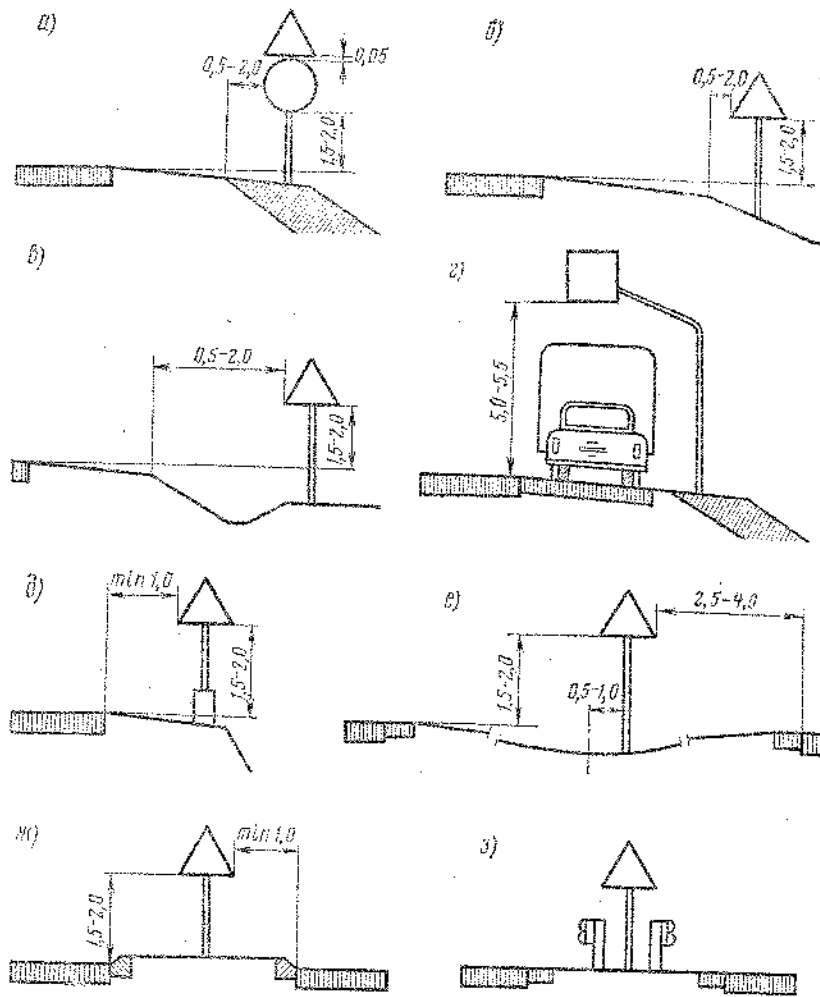


Рис. XVI.1. Способы установки знаков на автомобильных дорогах

Перед любым участком дороги должен быть установлен только один знак. В исключительных случаях, когда знаки дополняют друг друга, усиливая внимание водителя к опасному участку, разрешается установка не более трех знаков.

На автомобильных дорогах стойки знаков устанавливают на бермах, присыпанных к обочине (рис. XVI.1, а), откосах насыпи (рис. XVI.1, б) или на полосе отвода за боковой канавой (рис. XVI.1, в). Расстояние между ближним к проезжей части краем знака и бровкой дороги должно составлять 0,5—2,0 м. Нижний край знака должен возвышаться над уровнем кромки проезжей части на 1,5—2,0 м. Верхний предел высоты установки знака принимают: на участках, где знаки располагают ближе 3 м от кромки проезжей части, где возможны случаи преднамеренных повреждений знаков (на окраинах городов, вблизи мелких населенных пунктов, в туристских и курортных районах); на участках, где знаки устанавливают за выпуклыми переломами продольного профиля.

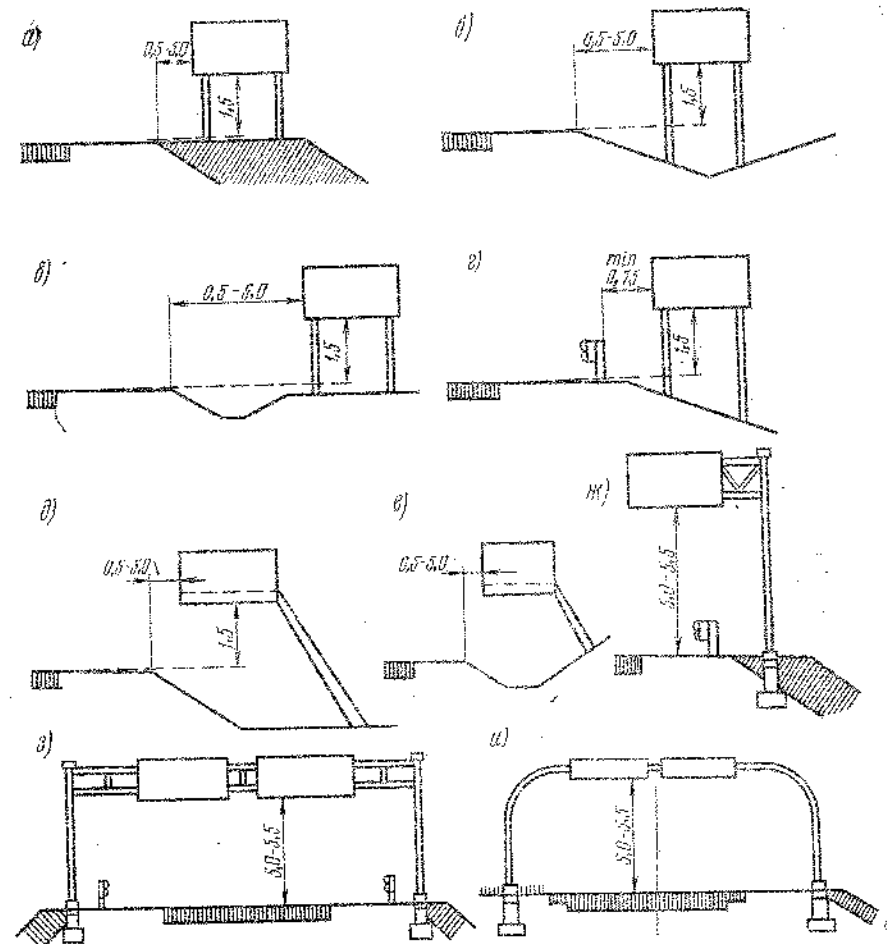


Рис. XVI.2. Способы установки больших щитов указательных знаков

На участках, где устроены полоса или площадка для стоянки автомобилей, знаки располагают до или после них или подвешивают над ними на высоте от 5,0 до 5,5 м (рис. XVI.1, г).

На горных дорогах допускается установка стоек на обочинах в стесненных условиях (у обрывов, выступов скал, парапетов и т. п.), при этом расстояние между ближним к проезжей части краем щитка знака и кромкой проезжей части составляет не менее 1 м (рис. XVI.1, д). Рекомендуется устанавливать стойки за парапетом в сторону откоса, встраивать в блоки парапета или устанавливать между отдельными блоками парапета. На участках, где установлены балясные или тросовые ограждения, рекомендуется располагать стойки за ограждениями в сторону от проезжей части, ближе к опорам, или закреплять непосредственно на опорах ограждений.

Разрешается установка знаков на разделительной полосе для дублирования знаков, расположенных с правой стороны дороги или над проезжей частью, а также при необходимости регулирования движения по внутренней полосе проезжей части, при условии, что знаки не ограничивают видимость, а стойки легко



срезаются или ломаются при наезде автомобиля, не нанося ему существенных повреждений (стойки из тонких металлических труб, деревянные стойки с ослабленным сечением и т. п.). Массивные железобетонные и металлические стойки можно устанавливать на разделительной полосе только при защите их ограждениями.

На разделительной полосе вогнутого профиля шириной более 7 м устанавливают стойки ближе к проезжей части того направления движения, для которого предназначен знак, как правило, на расстоянии не менее 0,5—1 м от оси разделительной полосы (рис. XVI.1,е). Ближний к проезжей части край знака должен находиться на расстоянии 2,5—4 м от кромки проезжей части. При установке легкодеформируемых стоек на узких разделительных полосах расстояние от ближнего к проезжей части края знака должно составлять не менее 1 м (рис. XVI.1,ж). Такое расположение знака допустимо в исключительных случаях, как правило, применительно к временным знакам. Если на разделительной полосе установлены ограждения, то стойки следует располагать ближе к их опорам на расстоянии 1 м вдоль линии ограждения (рис. XVI.1,з). Край знака не должен выступать за линию ограждения.

Большие щиты знаков 4.14, 4.16 и нестандартных указателей на автомобильных дорогах устанавливают на стойках, расположенных на присыпанных к обочине бортах (рис. XVI.2,а), откосах насыпей и выемок (рис. XVI.2,б) или на полосе отвода за боковой канавой (рис. XVI.2,в). Ближний к проезжей части край знака должен быть расположен на расстоянии 0,5—5 м от бровки земляного полотна. На дорогах I и II категорий массивные стойки указателей защищают ограждениями, если расстояние от кромки проезжей части до стойки менее 5 м. На участках, где установлены ограждения, стойки располагают ближе к их опорам так, чтобы расстояние между краем знака и опорой составляло не менее 0,75 м (рис. XVI.2,г). Расстояние между краем знака и кромкой проезжей части или краем укрепленной полосы обочины должно быть не менее 1,5 м (рис. XVI.2,а—д).

Большие щиты указательных знаков рекомендуется закреплять на наклонных стойках, установленных рядом с земляным полотном дороги или на откосах выемок (рис. XVI.2, д, е). Такая конструкция стоек позволяет располагать край знака на расстоянии 0,5—1,0 м от бровки земляного полотна без устройства ограждения. В трудных условиях (при большой высоте насыпи или при установке стоек на откосе раскрытой выемки) можно увеличивать это расстояние до 5 м.

На участках, где невозможно установить стойки на откосе насыпи или рядом с земляным полотном (на высоких насыпях с крутыми откосами, у водотоков, болот, железнодорожных линий, вблизи застройки и т. п.), щиты знаков подвешивают над обочинами на консолях, прикрепленных к массивным стойкам (рис. XVI.2,ж). Расстояние от нижнего края щита до уровня кромки проезжей части должно быть от 5,0 до 5,5 м. Стойки должны быть защищены ограждениями.

На дорогах I и II категорий знаки можно устанавливать над проезжей частью на арках, рамах, тросах-растяжках. Опоры несущих конструкций располагают на расстоянии не менее 0,5 м от бровки дороги и не менее 2,5 м от края проезжей части на разделительной полосе. Расстояние между нижним краем знака и уровнем проезжей части должно быть от 5,0 до 5,5 м (рис. XVI. 2,з, и).

Допускается установка знаков на пролетных строениях путепроводов и порталах тоннелей при условии, что они не выходят за габариты, отведенные для транспортных средств. Указатели направлений можно устанавливать на островках безопасности, обеспечивая минимальное расстояние между нижним краем знака и поверхностью земли на островке 0,6 м.

В населенных пунктах знаки устанавливают на индивидуальных стойках или колонках (рис. XVI.3,а), на одной стойке со светофором (рис. XVI.3,б), на кронштейнах, прикрепленных к осветительным мачтам (рис. XVI.3,в), опорам контактной сети трамваев и троллейбусов (рис. XVI.3,г, е) или стенам зданий (рис. XVI.3,б), на тросах-растяжках, прикрепленных к зданиям (рис. XVI.3,е), натянутых между зданием и специальной опорой (рис. XVI.3,ж) или осветитель-

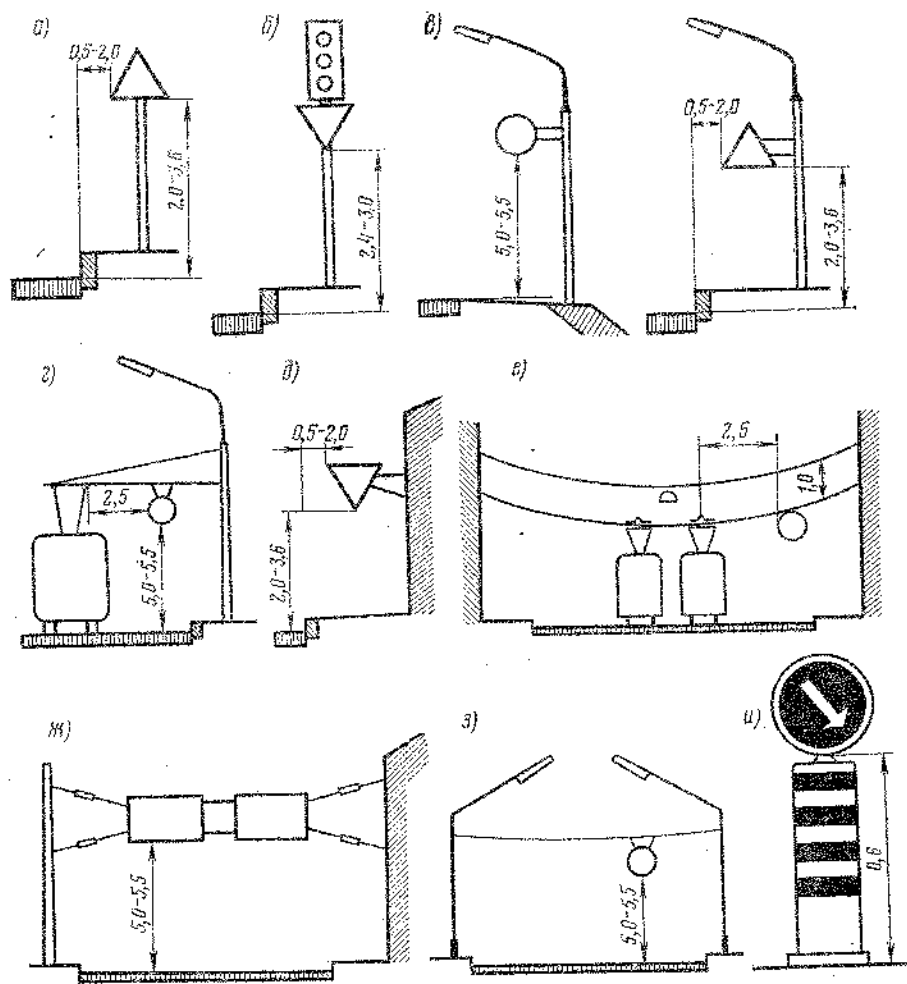


Рис. XVI.3. Способы установки знаков в населенных пунктах

ными мачтами (рис. XVI.3,з). Допускается установка знаков над сигнальными тумбами с проблесковыми огнями (рис. XVI.3,и).

При установке знаков в населенных пунктах над проезжей частью или обочинной расстояние от нижнего края знака до уровня проезжей части должно составлять 5,0—5,5 м. При установке знака за пределами проезжей части и обочины нижний край знака должен возвышаться над уровнем проезжей части на 2,0—3,5 м. Расстояние от ближнего к проезжей части края знака до границы проезжей части должно быть в пределах 0,5—2,0 м (см. рис. XVI.3, а, б, в, д).

Расстояние краев знаков от проводов осветительной сети должно составлять не менее 1 м, от проводов контактной сети трамваев и троллейбусов 2,5 м, от проводов сети высокого напряжения 2 м. В пределах охранной зоны высоковольтных линий подвеска знаков на тросах-растяжках запрещается.

Предупреждающие знаки, кроме знака 1.6, вне населенных пунктов устанавливаются на расстоянии от 150 до 300 м, а в населенных пунктах — на рассто-

Таблица XVI.3

## Области применимости знаков

Сочетания знаков	Интенсивность движения, тыс. авт./сут, при которой целесообразно установить знаки на дорогах	
	двух- и трехполосных	четырехполосных с разделительной полосой
Основной с правой стороны дороги	До 3	До 5
Основной и повторный с правой стороны дороги	3—5	—
Основной с правой стороны дороги, дублирующий на левой стороне или разделительной полосе	5—10	5—15
Подвесной над проезжей частью, или обочины	Более 9	Более 15

нии от 50 до 100 м до начала опасного участка. При необходимости эти знаки можно устанавливать на другом расстоянии, указываемом на табличке 5.2,а.

Знак 1.6 устанавливают непосредственно перед пересечением с главной дорогой. Вне населенных пунктов этому знаку должен предшествовать такой же знак с табличкой 5.2,а. Запрещающие и предписывающие знаки устанавливают непосредственно перед участками дорог, на которых необходимо ввести соответствующие ограничения. Их можно устанавливать заблаговременно с табличкой 5.2,а.

Вне населенных пунктов знаку 2.15 должен предшествовать знак 1.6 с табличкой 5.2,а.

Указательные знаки устанавливают:

4.1—4.4 — соответственно в начале или конце обозначаемых участков дороги;  
4.5, 4.6,а — в местах, где необходимо соответственно ввести или отменить требования «Правил дорожного движения», относящихся к населенным пунктам;

4.5,б, 4.7—4.10, 4.13, 4.17 — непосредственно перед обозначаемыми объектами или участками дорог. При этом знаки 4.9 и 4.10,а устанавливают за перекрестком, а 4.9,б и 4.10,б — перед перекрестком, 4.6,б — в конце населенного пункта, обозначенного знаком 4.5,б, знаки 4.11, 4.12, 4.20—4.26 — непосредственно у мест разворота, обозначаемых объектами, мест поворота к ним или на расстоянии, указанном на знаке или дополнительной табличке 5.2, а, б;

4.14 — на дорогах (вне населенных пунктов) не менее чем за 300 м, а в населенных пунктах не менее чем за 50 м до перекрестка;

4.15 — в границах перекрестка;

4.18 — в конце каждого километра дороги (маршрута).

Знаки, расположенные справа по ходу движения, следует повторять на той же стороне дороги, дублировать на ее левой стороне, разделительной полосе или над проезжей частью, если условия движения таковы, что знак, расположенный справа, может быть своевременно не замечен водителем. Эти дополнительные знаки следует устанавливать в случаях, предписанных ГОСТ 10807—71, и на участках с интенсивным движением, где знаки, установленные справа, плохо видны из-за движущихся или стоящих транспортных средств.

Рекомендуется устанавливать дополнительные знаки, главным образом, запрещающие и предупреждающие об опасностях, если они не могут быть своевременно замечены водителем при обозрении дороги, или входящие определенные правила движения (при интенсивности движения, указанной в табл. XVI.3), если информация подобного вида не дублируется на предварительных указателях направленных или других знаках.

Кроме того, знаки подвешивают над проезжей частью (см. рис. XVI.1,г; XVI.2,ж—и; XVI.3, в, а, е—з) в следующих случаях: на участках, где боковое размещение знака невозможно; когда это единственный способ, обеспечивающий хорошую видимость знака; при необходимости регулирования движения по отдельным полосам.

Независимо от интенсивности движения вне населенных пунктов следует обязательно повторять знаки: 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом», 1.2 «Железнодорожный переезд без шлагбаума», 1.8 «Разводной мост», 1.9 «Выезд на набережную», 1.20 «Дети», 1.21 «Ремонтные работы».

Второй знак устанавливают не менее чем за 50 м от опасного участка (железнодорожного переезда, разводного моста, паромной переправы, набережной, школы, зоны ремонтных работ).

В зависимости от местных условий можно повторять знак 4.1 «Главная дорога» перед перекрестком, а знак 4.19 «Номер дороги» — после перекрестков. Кроме того, на дороге могут быть расположены дополнительные знаки 4.12, 4.20—4.26 с табличками 5.2, а, б, информирующие водителей о расположении площадки для стоянки, автозаправочной станции, пунктов технического обслуживания, медпункта, милиции, полиции, питания, телефона, гостиницы, кемпинга.

Протяженность опасных участков, обозначенных знаками 1.11—1.16 и 1.20—1.23, указывают на табличках 5.1. Действие запрещающего знака 2.16 и предписывающего 3.1 распространяется непосредственно на то пересечение, перед которым знак установлен. При установке знака 3.1,а за перекрестком его зона действия распространяется до ближайшего перекрестка. Знак 3.1,а не запрещает повороты направо во дворы.

Зона действия запрещающих знаков 2.18—2.23 — до ближайшего перекрестка, а при его отсутствии в населенных пунктах на автомобильных дорогах — до конца населенного пункта. При необходимости зону действия этих знаков можно уменьшить, применяя дополнительные таблички 5.1, а знаков 2.18—2.20 — кроме того, установкой знаков 2.25 (а, б, в). Зона действия знаков 2.22 и 2.23 может быть уменьшена применением табличек 5.3, г, д.

Знаки 2.22 и 2.23 действуют только на ту сторону дороги, на которой они установлены. Если необходимо уменьшить зону действия одновременно двух или более ограничений, введенных запрещающими знаками 2.18—2.23, то может применяться знак 2.25,г. Действие указательного знака 4.8 распространяется на весь перекресток.

Действие знаков 2.1—2.3 и 2.22 не распространяется на транспортные средства общего пользования, движущиеся по установленным маршрутам. Правила установки дорожных знаков на характерных участках дорог изложена в § XVI.7 и XVI.8.

## § XVI.8. ДОРОЖНАЯ РАЗМЕТКА

Дорожной разметкой называют линии, надписи и другие обозначения на проезжей части (усовершенствованных покрытиях), бордюрах, элементах дорожных сооружений и обстановки улиц и дорог, применяемые самостоятельно и в сочетании с дорожными знаками или светофорами. ГОСТ 13508—74 «Разметка дорожная» устанавливает две группы разметки: горизонтальную и вертикальную. Каждому виду разметки присвоен номер, состоящий из цифр. Первое число — номер группы, к которой принадлежит разметка (1 — горизонтальная, 2 — вертикальная), второе — порядковый номер разметки в группе, третье — разновидность разметки (рис. XVI.4, XVI.5).

К горизонтальной разметке относятся продольная, поперечная и другие виды разметки (островки, надписи, обозначающие названия населенных пунктов, маршрутов следования, световозвращающие элементы), наносимые на проезжую часть (см. рис. XVI.4).

К вертикальной разметке относятся линии, наносимые на элементы дорожных сооружений, обстановки дорог и бордюры, а также световозвращающие элементы (см. рис. XVI.5).

Отдельные виды горизонтальной продольной разметки имеют следующее назначение:

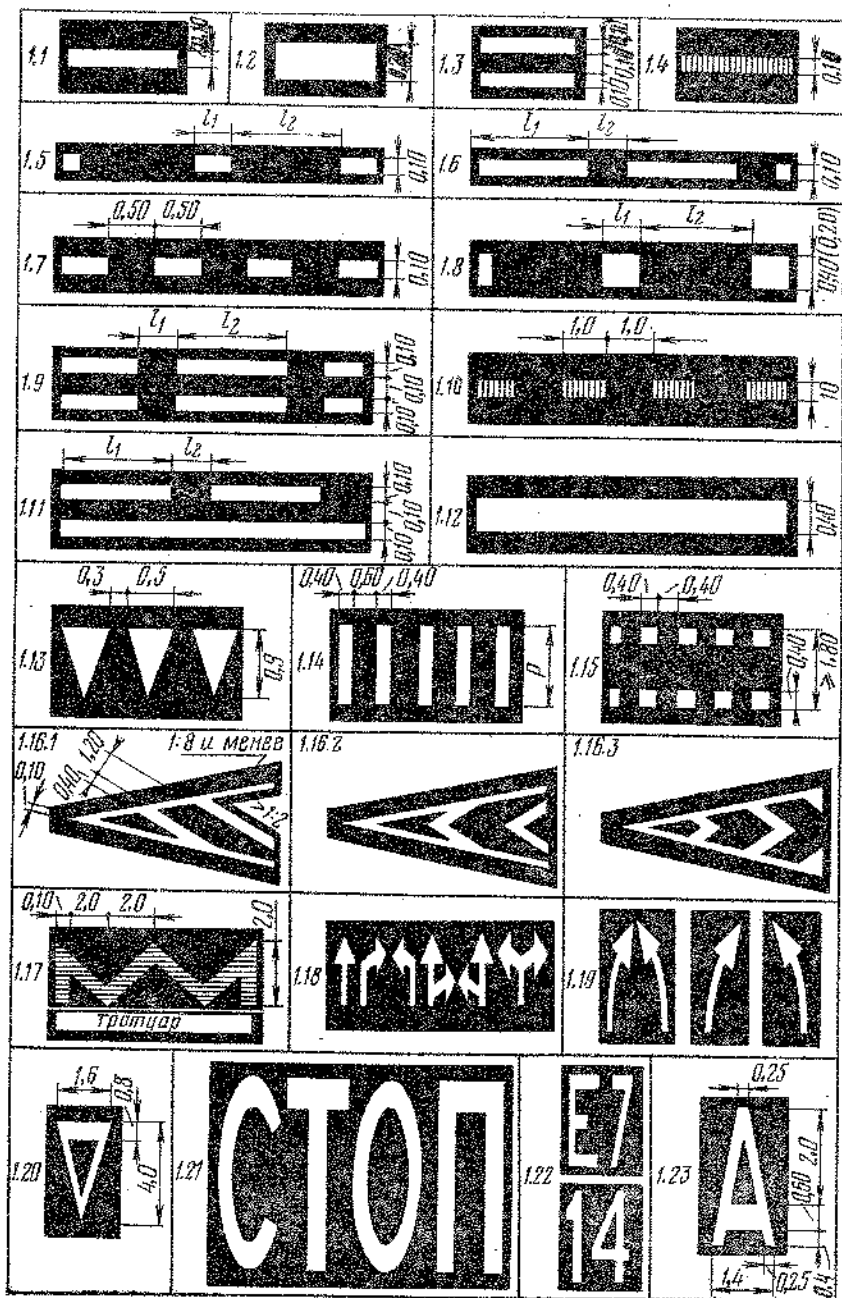


Рис. XVI.4. Виды горизонтальной разметки

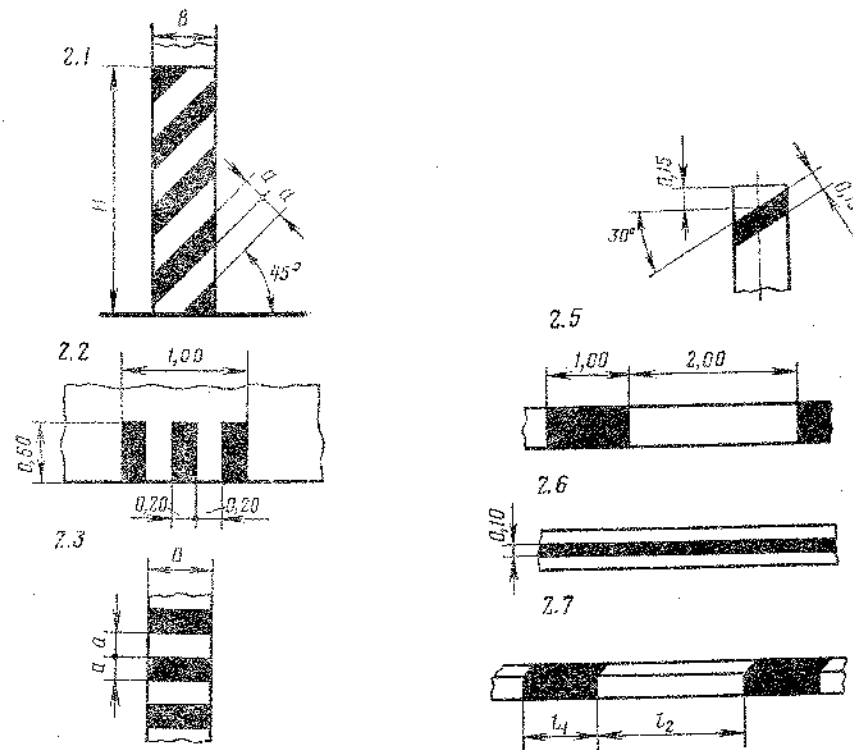


Рис. XVI.5. Виды вертикальной разметки

1.1. — разделение транспортных потоков противоположных направлений или полос движения (перед перекрестками, железнодорожными переездами, в местах сужений проезжей части, на участках с ограниченной видимостью) и обозначение края проезжей части на нескоростных дорогах, границ участков проезжей части, на которые въезд запрещен (островки, посадочные площадки, разделительные полосы), границ мест стоянки транспортных средств;

1.2. — обозначение края проезжей части на дорогах, отнесенных по условиям движения к скоростным;

1.3. — разделение транспортных потоков противоположных направлений на дорогах, имеющих четыре и более полос для движения в обоих направлениях;

1.4. — обозначение мест, где остановка транспортных средств запрещена;

1.5. — разделение транспортных потоков противоположных направлений на двухполосных дорогах и обозначение полос движения;

1.6. — обозначение приближения к сплошной линии продольной разметки;

1.7. — обозначение полос движения в пределах перекрестка при криволинейной траектории движения;

1.8. — обозначение границы между полосой ускорения или замедления (переходно-скоростной полосой) и основной полосой проезжей части;

1.9. — обозначение реверсивной полосы, по которой направление движения может изменяться на противоположное;

1.10 — обозначение мест, где запрещена стоянка транспортных средств;

1.11 — разделение транспортных потоков, противоположных или попутных направлений в местах, где необходимо ограничить маневрирование на проезжей части;

Таблица XVI.4

## Размеры разметки

Номер разметки	Скорость движения транспортных средств, км/ч						Отношение $l_1:l_2$
	≤60			>60			
	Длина линий, м						
	$l_1$	$l_2$	$p$	$l_1$	$l_2$	$p$	
1.5	1,0—3,0	3,0—9,0	—	3,0—4,0	9,0—12,0	—	1:3
1.6	3,0—6,0	1,0—2,0	—	6,0—9,0	2,0—3,0	—	3:1
1.9	1,0—2,0	3,0—6,0	—	2,0—3,0	6,0—9,0	—	1:3
1.11	3,0—6,0	1,0—2,0	—	6,0—9,0	2,0—3,0	—	3:1
1.14	—	—	2,5	—	—	4,0	—

Примечания. Под скоростью движения транспортных средств следует понимать для вновь сооружаемых улиц и дорог величины, соответствующие 0,7 от расчетной скорости, а для находящихся в эксплуатации — скорость, которую на данном участке не превышают 85% транспортных средств.

2. Штрих  $l_1$  (для разметки 1.6) длиной 1 м применяют только в населенных пунктах.

Поперечную горизонтальную разметку применяют для обозначения:

1.12 — места обязательной остановки транспортных средств (стоп-линия) при наличии перед перекрестком дорожного знака 2.15 «Проезд без остановки запрещен» и на участках, где движение регулируется светофором или регулировщиком;

1.13 — места, где водитель обязан уступить дорогу при наличии дорожно-го знака 1.6 «Пересечение с главной дорогой»;

1.14 — пешеходного перехода «зебра».

С помощью других видов горизонтальной разметки обозначают:

1.15 — проезды для велосипедистов;

1.16 — островки, разделяющие транспортные потоки противоположных направлений (1.16.1) или одного направления на разветвлениях дорог (1.16.2) и в местах слияния транспортных потоков (1.16.3);

1.17 — остановки транспортных средств общего пользования, движущихся по установленным маршрутам (автобусы, троллейбусы), и стоянок автомобилей-такси в населенных пунктах;

1.18 — направления движения по полосам;

1.19 — приближения к сужению проезжей части или к сплошной линии продольной разметки 1.1;

1.20 — приближение к поперечной разметке 1.13;

1.21 — приближение к поперечной разметке 1.12;

1.22 — номера дороги;

1.23 — полосы проезжей части, предназначенной исключительно для движения транспортных средств общего пользования, движущихся по установленным маршрутам (автобусы, троллейбусы).

Линиями вертикальной разметки обозначают:

2.1 — вертикальные поверхности дорожных сооружений (опор мостов; путепроводов, торцевых частей парапетов и т. п.);

2.2 — нижний край пролетных строений путепроводов и мостовых ферм;

2.3 — круглые тумбы на островках безопасности;

2.4 — сигнальные столбики, надолбы, опоры тросовых ограждений и т. п.;

2.5 — боковые поверхности ограждений дорог на опасных участках;

2.6 — боковые поверхности ограждений дорог;

2.7 — бордюры на опасных участках и боковые поверхности возвышающихся островков безопасности.

Для горизонтальной разметки используют два цвета: белый и желтый (для линий 1.4, 1.10 и 1.17). На рис. XVI.4 линии желтого цвета заштрихованы. Вертикальная разметка представляет собой сочетание полос белого и черного цвета. На скоростных дорогах разметка должна быть выполнена с использованием светоотражающих материалов. Размеры горизонтальной и вертикальной разметки приведены в табл. XVI.4 и на рис. XVI.4 и XVI.5.

Линия 1.6 должна иметь общую длину 50 м и более при скорости  $v \leq 60$  км/ч, а при большой скорости — 100 м и более. Прерывистая линия 1.8 на пересечениях и примыканиях должна иметь ширину 0,4 м, а в других случаях — 0,2 м. Отдельные участки сплошных линий продольной разметки 1.1 и 1.11 не должны быть менее 20 м. Расстояние от края проезжей части до линий 1.1 или 1.2 должно быть не более 0,2 м. В конце линий 1.1, обозначающих границы мест стоянки, могут наноситься штрихи длиной 0,5 м, а в начале и конце линий запрещения остановки 1.4 или стоянки 1.10 можно наносить короткую поперечную линию длиной 0,2—0,3 м.

Вертикальная разметка 2.1 (см. рис. XVI.5) должна иметь следующие размеры:

$$H < 2,0 \text{ м}; B \leq 0,3 \text{ м}; a = 0,1 \text{ м};$$

$$H < 2,0 \text{ м}; B \leq 0,3 \text{ м}; a = 0,15 \text{ м};$$

$$H \geq 2,0 \text{ м}; a = 0,2 \text{ м}.$$

При большой ширине вертикальной поверхности опор мостов, путепроводов, торцевых поверхностей порталов тоннелей, парапетов допускается размечать только ближайший к проезжей части край на ширину 0,5 м, а при большей высоте — на высоту 2 м (рис. XVI. 6).

Ширину линий вертикальной разметки 2.3 (см. рис. XVI. 5) назначают в зависимости от диаметра или ширины грани тумбы (сигнального маяка), обращенной по направлению к приближающимся транспортным средствам:

$$\text{при } B \leq 0,3 \text{ м } a = 0,1 \text{ м}; \text{ при } B > 0,3 \text{ м } a = 0,15 \text{ м}.$$

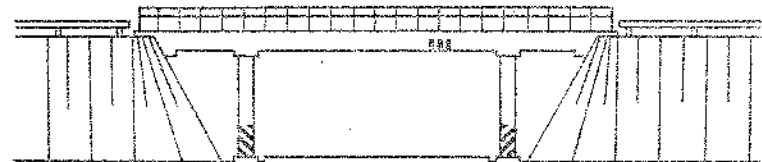
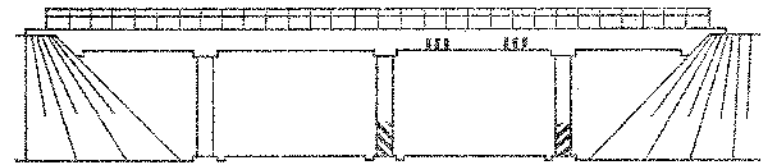


Рис. XVI.6. Разметка мостов и путепроводов вертикальными линиями

Таблица XVI.5

Рекомендуемое число стрел

Скорость движения, км/ч	Число стрел	Расстояние между стрелами 1.18, м
<40	3	20
40—60	4	25
>60	5	30

Для обозначения разрешенных направлений движения на перекрестке на полосах проезжей части могут быть нанесены указательные стрелы 1.18 (см. рис. XVI. 4). При скорости 60 км/ч и менее на каждой полосе должны быть две или более последовательно расположенные стрелы, а при скорости более 60 км/ч — три и более. Расстояние между стрелами принимают равным 20—30 м.

Для обозначения приближения к сужению проезжей части (месту, где уменьшается число полос движения в данном направлении) должны наноситься направляющие стрелы 1.19. Такие же стрелы могут быть нанесены перед линией 1.1, разделяющей транспортные потоки противоположных направлений на двухполосных дорогах. При скорости 60 км/ч и менее должны быть нанесены две и более последовательно расположенные стрелы, а при скорости более 60 км/ч — три и более.

Рекомендуемое число стрел для различных скоростей движения и расстояния между стрелами указаны в табл. XVI. 5 и XVI. 6.

Для обозначения приближения к разметке 1.13 на полосе движения может быть нанесен треугольник приближения 1.20 (см. рис. XVI. 4). Расстояние между основанием треугольника и разметкой 1.13 следует назначать в зависимости от скорости движения:

Скорость движения, км/ч	<40	40—50	50—60	60
Расстояние, м	2—10	10—15	15—20	25

На таких же расстояниях следует наносить надпись «СТОП» на подходах к поперечной разметке 1.12.

Для надписей (кроме разметки 1.21), выполненных на проезжей части (названия населенных пунктов, маршрутов следования и т. п.), следует применять буквы высотой 1,6 м при скорости  $v \leq 60$  км/ч и 4 м при скорости  $v > 60$  км/ч.

Правила разметки характерных участков автомобильных дорог изложены в § XVI.7 и XVI.8 (см. также «Указания по разметке автомобильных дорог» ВСН 23-75, Минавтодор РСФСР).

Таблица XVI.6

Расстояние между стрелами

Скорость движения, км/ч	Расстояние между стрелами 1.19, м			
	первой и второй	второй и третьей	третьей и четвертой	четвертой и пятой
$\leq 60$	15	30	45	60
$> 60$	30	60	90	120

Направляющие устройства предназначены для указания водителю направления автомобильной дороги, границ проезжей части и обочия, протяженности и формы опасных участков и дорожных сооружений преимущественно в темное время суток и при неблагоприятных погодных условиях. К направляющим устройствам относят: сигнальные столбики; световые тумбы с проблесковыми огнями; планки, кнопки и устройства со световозвращающими элементами, закрепляемые на проезжей части и дорожных сооружениях; черновые барьеры, стойки, щиты, конусы и вежи, применяемые преимущественно на участках производства дорожных работ. Направляющие устройства не должны наносить серьезные повреждения автомобилям и каких-либо травм участникам движения при случайном наезде на них.

Сигнальные столбики изготавливают из пластических материалов (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида), обладающих ударопрочной вязкостью; железобетона (железобетонные тумбы), дерева, стальных листов, изогнутых в форме уголка. На корпусе сигнального столбика, окрашиваемого в белый цвет, должна быть нанесена наклонная черная полоса разметки, в пределах которой устанавливают световозвращающие элементы (полоски из пленки или катафоты) с двух сторон столбика, обращенных навстречу движению транспортных средств. На каждом столбике устанавливают световозвращающие элементы двух цветов: красного — для обозначения правой стороны дороги (по направлению движения транспортных средств) и белого — для обозначения левой стороны дороги или разделительной полосы.

Сигнальные столбики располагают на обочине на расстоянии 0,5 м от бровки земляного полотна. В соответствии со СНиП II-Д.5-72 сигнальные столбики следует устанавливать:

на прямых участках дорог в плане при высоте насыпей от 2 до 3 м через 50 м для дорог I—III категорий, а для дорог, где не предусматриваются ограждения, и при большей высоте;

при прохождении дорог через болота, вдоль водотоков глубиной от 1 до 2 м, а также в зоне расположения малых искусственных сооружений и на подходах к ним на расстоянии 30 м с каждой стороны — через 10 м;

на ответвлениях пересечений в одном уровне с внутренней стороны закруглений (с внешней стороны следует устанавливать ограждения) в пределах кривых при радиусах менее 60 м — через 5 м, а при радиусах от 60 до 400 м — через 10 м.

При отсутствии световозвращающих элементов на сигнальных столбиках и в случае невозможности их установки расстояние между столбиками на внешней стороне кривых в плане следует принимать по табл. XVI. 7.

Применяя световозвращающие элементы на сигнальных столбиках, можно существенно увеличить расстояния между столбиками и сократить затраты на обстановку автомобильных дорог. В табл. XVI. 8 приведены рекомендуемые расстояния между столбиками на внешней стороне кривых в плане при использовании световозвращающих элементов.

На внутренней стороне кривой в плане расстояния между столбиками следует увеличивать в 2 раза по сравнению с расстояниями на внешней стороне кривой. На одном элементе дороги (трубе, насыпи, кривой в плане) рекомен-

Таблица XVI.7

Расстояния между столбиками

Радиус кривой в плане, м	Расстояние между столбиками, м	Радиус кривой в плане, м	Расстояние между столбиками, м
60	5	1000—1500	20
60—400	10		
400—1000	15	1500 и более	25

Расстояния между столбиками при использовании световозвращающих элементов

Радиус кривой в плане, м	Расстояние между столбиками, мм, при угле поворота трассы			Радиус кривой в плане, м	Расстояние между столбиками, мм, при угле поворота трассы		
	5—10°	15—20°	30—60°		5—10°	15—20°	30—60°
25	2,5	2,5	2,5	300	35	25	20
50	10	7	5	400—600	35	30	25
100	20	15	10	600—1500	50	50	30
200	25	20	15	Более 1500	50	50	50

дуются устанавливать не менее пяти столбиков с каждой стороны дороги. На участках, где часто наблюдаются густые туманы, расстояния между столбиками следует уменьшать в 2 раза по сравнению с обычными участками.

Сигнальные тумбы с проблесковыми огнями применяют преимущественно на освещенных участках автомобильных дорог и улиц для указания водителям островков безопасности, разрывов в разделительной полосе для разворота транспортных средств, начала рампового участка тоннеля, расположения пешеходных переходов, опор путепроводов и возвышающихся над проезжей частью массивных блоков островков безопасности на пешеходных переходах. Над тумбой можно располагать дорожный знак (см. рис. XVI.3, и).

Металлические, керамические и пластмассовые плитки и кнопки применяют для улучшения видимости линий продольной разметки в темное время суток и в дождливую погоду. Они могут включать световозвращающие элементы или применяться без них. Плитки и кнопки приклеивают на поверхность покрытия или встраивают в проезжую часть таким образом, что они возвышаются над поверхностью покрытия на 10—15 мм. Такие направляющие устройства целесообразно применять только в южных районах нашей страны, где они не могут быть повреждены отвалами дорожных машин при очистке проезжей части от снега и грязи.

Различные устройства со световозвращающими элементами могут быть применены для установки на ограждениях, торцовых частях перил мостов и путепроводов, железнодорожных шлагбаумах и габаритных воротах, островках безопасности, возвышающихся над проезжей частью, опорах путепроводов, порталах тоннелей, торцовых частях парапетов и бордюров.

Переносные барьеры, стойки, конусы и вежи, относящиеся к направляющим устройствам, используют на автомобильных дорогах при выполнении ремонтных или строительных работ. Барьеры, вежи и конусы должны иметь специальные приспособления для закрепления на них сигнальных фонарей. Стойки, вежи и направляющие конусы используют для ограждения мест работ и как средство обеспечения плавного изменения направления движения при объезде мест работ, а также при переезде движения с одной полосы дороги на другую. Барьеры различных конструкций применяют для ограждения непосредственно места производства работ. Конструкции и правила применения таких направляющих устройств изложены в специальной литературе<sup>1</sup>.

Направляющие штыи, размеченные наклонными черными и белыми линиями вертикальной разметки 2.1 (см. рис. XVI.5), применяют для установки в непосредственной близости к торцовым частям ограждений, расположенным у проезжей части, для улучшения видимости этой опасной зоны.

<sup>1</sup> Инструкция по ограждению мест работ и расстановке дорожных знаков при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог. ВСН 179-73, Минтрансстрой СССР, М., «Транспорт», 1974. 29 с.

Дорожными ограждениями называют устройства, применяемые для предотвращения непредвиденных съездов транспортных средств под откос, падений с мостов, путепроводов, виадуков, столкновений со встречными автотранспортными средствами при переезде разделительной полосы, наездов на неподвижные предметы и элементы конструкций сооружений в придорожной полосе, а также для упорядочения движения пешеходов и предотвращения выхода на проезжую часть животных.

По основным отличительным признакам конструкции ограждений разделяются на три группы: транспортные, пешеходные и комбинированные. К первой группе относят ограждения (балочные, тросовые, парапеты, высокие бордюрные выступы и т. п.), конструкции которых рассчитаны на ударные воздействия транспортных средств. Форма и размеры элементов этих конструкций обусловлены требованиями удерживания транспортных средств на проезжей части или обочине с допустимым воздействием инерционных сил на водителей и пассажиров.

Ко второй группе отнесены конструкции ограждений, деформативные характеристики которых назначены с учетом возможного воздействия человека, а сплошность и основные габаритные размеры (высота, длина, глубина) достаточны для полного или частичного предотвращения прохода через них пешеходов и животных (сетки, решетки, заборы, деревянные изгороди и т. п.).

К третьей группе отнесены комбинированные конструкции ограждений многоцелевого назначения, используемые как для выполнения отдельных функций двух первых групп, так и для специальных целей: защиты от ослепления светом фар встречных транспортных средств, воздействия сильного порывистого

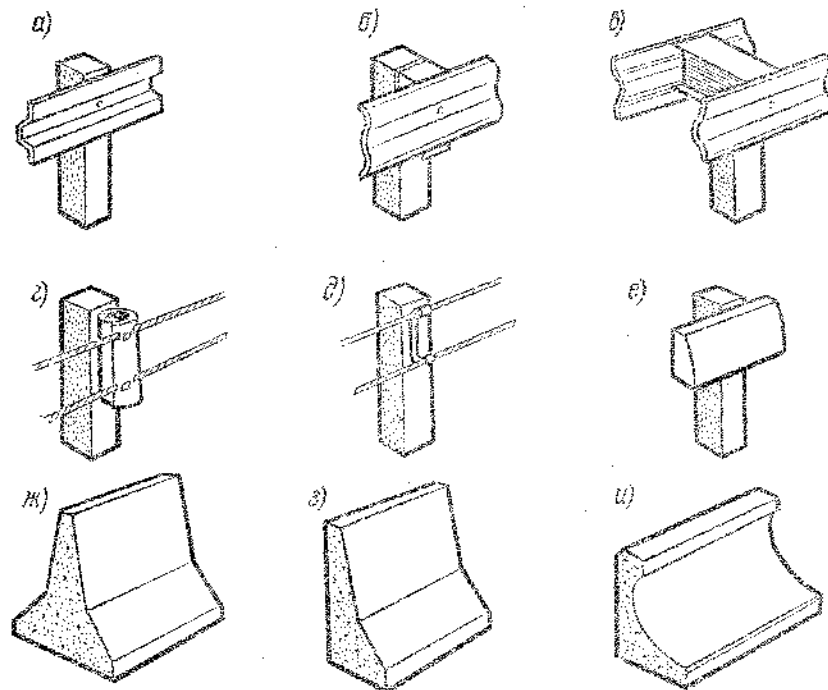


Рис. XVI.7. Разновидности транспортных ограждений

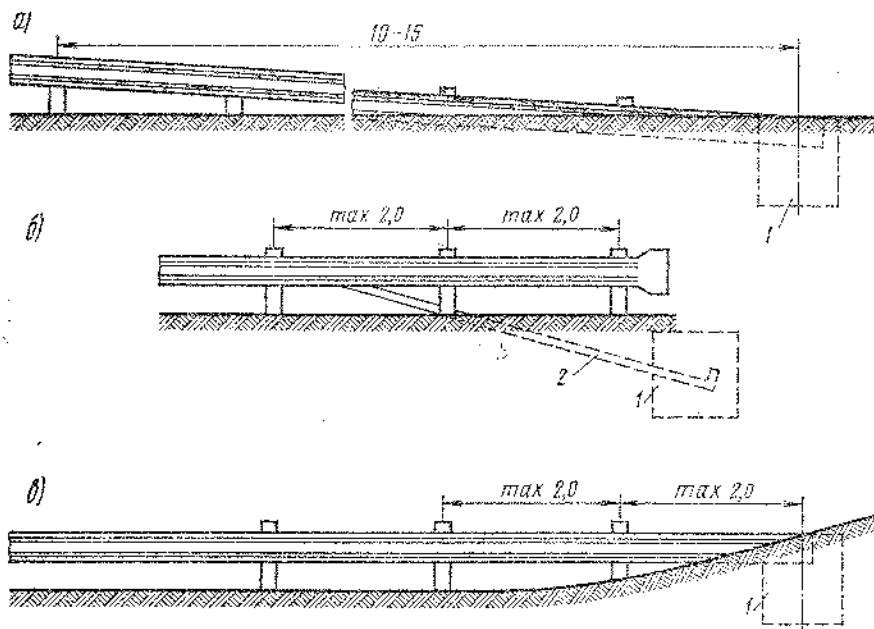


Рис. XVI.8. Способы закрепления концов ограждений с металлической профильной балкой:  
1 — анкерный блок; 2 — стальной пруток

ветра, транспортного шума и экранирования отдельных элементов или сооружений в придорожной полосе.

Первая группа включает ограждения одно- и двустороннего действия: балочные ограждения с металлической профильной балкой W-образного сечения на железобетонных, металлических и деревянных стойках (рис. XVI.7, а—г); тросовые ограждения (рис. XVI.7, г, д); железобетонные балочные ограждения (рис. XVI.7, е); ограждения парапетного типа специального профиля (рис. XVI.7, ж, з); высокие бордюры (рис. XVI.7, и).

Расстояние от поверхности земли до верхнего края балки, троса или парапета должно быть равно 0,8 м. В виде исключения допускается снижение этой высоты до 0,5 м (от уровня проезжей части) на узких участках дорог при установке ограждений непосредственно у границы проезжей части (мосты, путепроводы, виадуки, тоннели, дороги в горной местности).

Для уменьшения опасности наезда на торцевые части конструкций концы ограждений отводят за бровку земляного полотна в сторону 1,5—2 м от бровки в пределах участка длиной 10—15 м, наклоняют к поверхности земли и заанкеривают. Земляное полотно в месте расположения анкерного блока устриают. Возможные способы закрепления концов ограждений показаны на рис. XVI.8. На дорогах IV и V категорий допускается не выполнять отвод ограждений в сторону при условии использования в качестве концевых элементов балок специального профиля (см. рис. XVI.8, б) или концевых стоек для тросового ограждения (см. рис. XVI.10).

Ограждения с металлической профильной балкой рекомендуется применять в первую очередь на дорогах I—III категорий и участках дорог других категорий, где наиболее вероятны наезды на ограждения тяжелых транспортных средств, движущихся с высокой скоростью. Балки из маргеновской стали Ст.3 устанавливают на железобетонных, металлических и деревянных стойках. Расстояние между стойками принимают равным 4 м, но на кривых в пла-

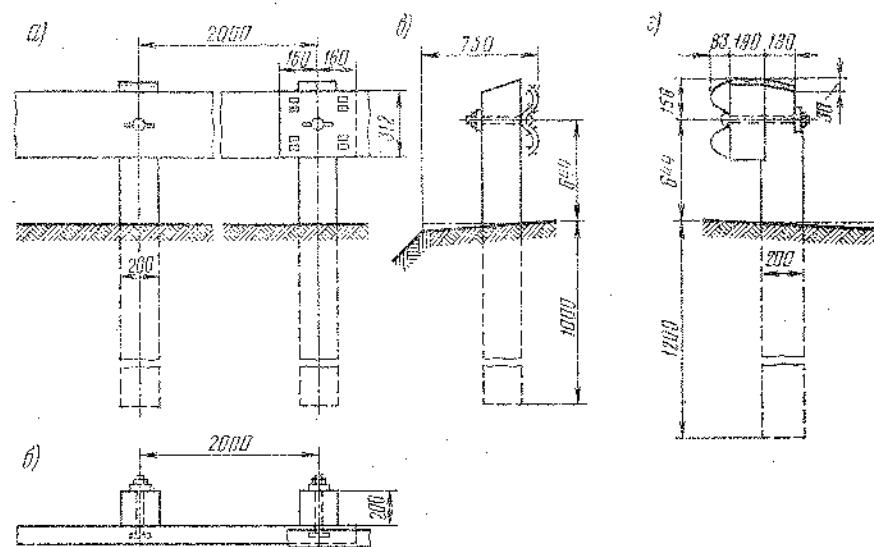


Рис. XVI.9. Конструкция ограждения с металлической профильной балкой

не малых радиусов и подходах к мостам (путепроводам) это расстояние следует уменьшать до 2 м, располагая посередине между основными стойками промежуточный столб, к которому прикрепляют балку одним болтом. На рис. XVI.9, а—в показано крепление стальных балок к железобетонным стойкам. При использовании деревянных стоек, обработанных антисептиками, стальные балки закрепляют на деревянных кронштейнах (рис. XVI.9, г). Закрепление балки на кронштейне рекомендуется применять и для других типов стоек на участках автомобильных дорог, где наиболее вероятны наезды на ограждения транспортных средств с высоким расположением центра тяжести.

На разделительных полосах автомобильных дорог применяют ограждения с двусторонними стальными балками, закрепляемыми на стойке через кронштейны (см. рис. XVI.7, в). Балки скрепляют между собой внахлестку восемью болтами с расположением выступающего торца в сторону, противоположную направлению движения по ближайшей полосе проезжей части.

Тросовые ограждения рекомендуется применять в первую очередь в районах с большой высотой снежного покрова на участках, где можно допустить прогиб тросов до 2—3 м. Стальные тросы диаметром 19,5 мм пропускают через компенсаторы, согнутые из листовой стали. На концах участков ограждений устанавливают стойки специальной конструкции и устраивают анкерное закрепление тросов (рис. XVI.10). Вместо фигурного компенсатора можно применить амортизатор-рессору (см. рис. XVI.7, д). Предпочтительна установка трех тросов.

Железобетонные балочные ограждения используют на узких участках дорог, где возможны наезды транспортных средств на ограждения под углами не более 10—12° и на дорогах III—V категорий. Железобетонные балки дли-

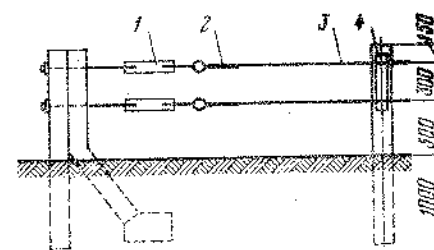


Рис. XVI.10. Ограждение из стальных тросов:  
1 — стяжка; 2 — коуш; 3 — трос; 4 — компенсатор

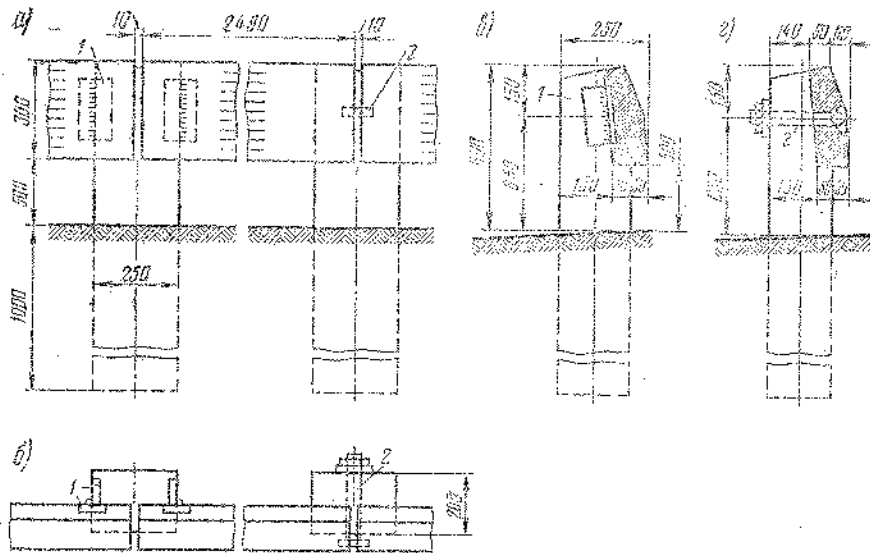


Рис. XVI.11. Конструкция железобетонного балочного ограждения:  
1 — закладной стальной элемент; 2 — болт

ной 2,49 м устанавливают на железобетонных стойках, сваривая между собой закладные стальные элементы (рис. XVI.11, а, в) или закрепляя балки Т-образными болтами диаметром 22 мм (рис. XVI.11, б, г). На подходах к мостам (путепроводам) устанавливают балки повышенной прочности и располагают их на трех стойках. Промежуточную стойку располагают посередине между основными стойками. На начальном и конечном участке ограждений применяют криволинейные балки.

Ограждения паранетного типа рекомендуется применять на узких разделительных полосах (шириной до 4 м) в районах с небольшой высотой снежного покрова, на горных дорогах и узких участках дорог (для защиты опор путепроводов, на мостах, в тоннелях и т. п.). Ограждения устраивают из монолитного или сборного железобетона (рис. XVI.12).

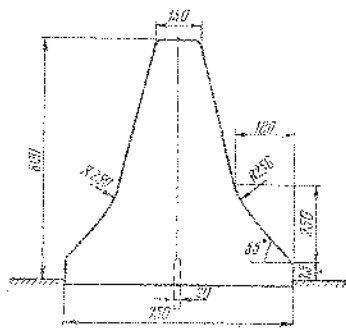


Рис. XVI.12. Конструкция железобетонного ограждения паранетного типа

Ко второй группе относятся ограждения из стальных газовых труб (рис. XVI.13, а) и сеток на железобетонных, деревянных и металлических опорах (рис. XVI.13, б).

Высота ограждений этой группы в зависимости от места установки и назначения должна изменяться от 1 до 1,8 м. Ограждение из стальных газовых труб применяют в населенных пунктах. Ограждение из сеток устанавливают на разделительной полосе автомобильных дорог в местах расположения надземных или подземных пешеходных переходов, где не требуется по условиям безопасности защищать эти конструкции от наезда транспортных средств ограждениями первой группы и не возникают трудности в очистке дороги от снега. Кроме того, ограждения из сеток устанавливают на границе полосы отвода вдоль скоростных дорог и участках дорог других ка-

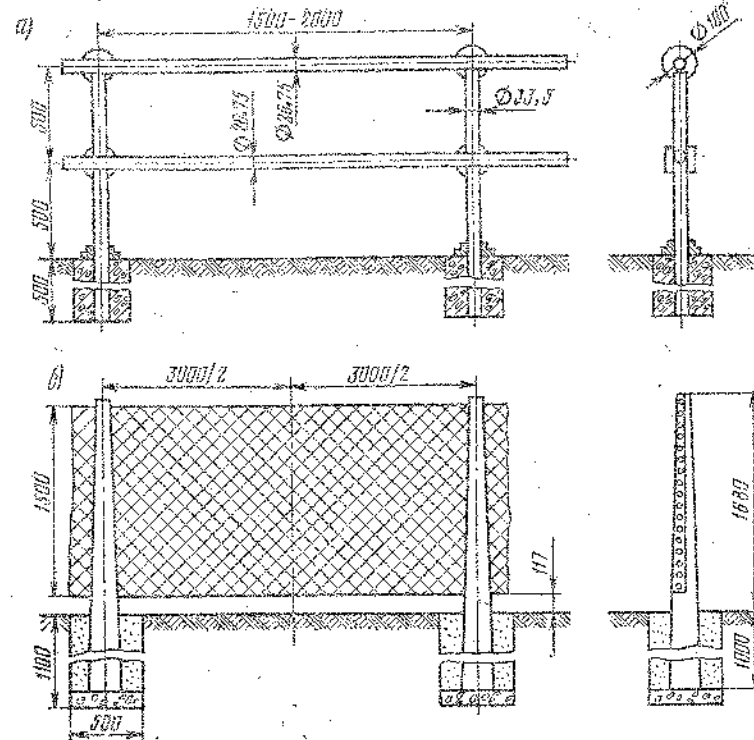


Рис. XVI.13. Конструкции пешеходных ограждений:  
а — из стальных труб; б — из ручной сетки

тегорий, проходящих через заповедники, по согласованию с администрацией заповедников.

Ограждения третьей группы включают: сетки или решетки на металлических стойках, усиленные тросами (рис. XVI.14, а), противоослепляющие, противощумовые и ветрозащитные экраны и перила мостов, совмещенные с ограждениями первой группы (рис. XVI.14, б—ж). Эти ограждения рекомендуется применять на участках, где по условиям движения недостаточно использовать конструкции ограждений первой или второй группы.

Ограждения первой группы рекомендуется устанавливать только в случаях: когда необходимо предотвратить происшествия, связанные с гибелью или ранениями людей и серьезными повреждениями транспортных средств и грузов и когда другие более эффективные решения (упложаживание откосов насыпей, уменьшение высоты насыпи, устройство широкой разделительной полосы, удаление на достаточное расстояние от проезжей части массивных предметов, устройство ударобезопасных стоек и опор и т. и.) невозможно осуществить по условиям рельефа, ситуации, экономическим или конструктивным соображениям; тяжесть последствий непредвиденных наездов транспортных средств на препятствия, съездов под откос или переездов через разделительную полосу выше, чем при наездах на ограждения.

Ограждения второй группы рекомендуется устанавливать в следующих случаях: интенсивность движения пешеходов по тротуару в населенном пункте близка к пропускной способности тротуара и пешеходы систематически скрывают на проезжую часть при интенсивном движении транспортных средств; требуется обеспечить поочередный пропуск транспортных средств и пешехо-



дов по установленным направлениям в пределах зоны ограниченной протяженности на участках дорог со светофорным регулированием; требуется запретить движение пешеходов в опасных местах, отвести его в сторону или предотвратить падение пешеходов с большой высоты; требуется предотвратить систематический выход на проезжую часть пешеходов и животных на участках дорог с высокой скоростью движения.

Комбинированные конструкции ограждений третьей группы следует применять в следующих случаях: необходимо защитить конструкции экранов, опоры освещения или опоры путепроводов и перил мостов от разрушения при наезде транспортных средств; установка экранов, не защищенных ограждениями, может привести к увеличению ущерба от происшествий при наездах транспортных средств; конструкции ограждений первой или второй группы не могут выполнять самостоятельно дополнительные функции, накладываемые условиями движения по дороге.

Транспортные ограждения первой или третьей группы независимо от категории дороги необходимо устанавливать на мостах, путепроводах и виадуках, а также перед отдельными массивными препятствиями. На дорогах I категории при интенсивности движения более 20 тыс. авт./сут устанавливают ограждения на разделительной полосе при ее ширине 3,5 м и менее.

На дорогах I—III категорий при интенсивности движения более 2000 авт./сут, достигаемой в первые пять лет эксплуатации, в соответствии со СНиП II-Д5-72 транспортные ограждения рекомендуется устанавливать: при высоте насыпи 3 м и более; с наружной стороны кривых в плане с наименьшими радиусами при высоте насыпи более 2 м; на вогнутых кривых в продольном профиле, сопрягающих встречные уклоны с алгебраической разностью 50‰ и более; на участках, идущих параллельно (на расстоянии менее 25 м от проезжей части) железнодорожным линиям, зданиям, водным потокам глубиной более 2 м, оврагам и горным ущельям, а также расположенным на склонах крутизной более 1:3, в местах с недостаточной видимостью при изменении направления дороги в плане; на участках сложных пересечений и примыканий дорог в разных уровнях.

При интенсивности движения менее 2000 авт./сут на дорогах III—V категорий ограждения устанавливают в первую очередь на кривых в плане малых радиусов, расположенных после спусков с уклонами более 40‰ (с внешней стороны кривых), при высоте насыпи, более 3 м и крутизне откоса более чем 3:1, а также при меньшей высоте насыпи, если на расстоянии менее 10 м от подошвы откоса расположены болота и водотоки с глубиной воды более 2 м и железнодорожные линии.

На мостах и путепроводах ограждения должны быть органично связаны с самой конструкцией сооружения и ограждением на подходах к нему. Высоту ограждений на мостах принимают 50 см для паралетного типа и 60 см для балочных ограждений. В исключительных случаях допускается устройство бордюров высотой 30 см. При необходимости можно применять и более высокие ограждения (на снегозащитных участках и мостах, где наиболее вероятны опрокидывания транспортных средств с высоким расположением центра тяжести), если на мостах имеются предохранительные полосы или приняты меры по регулированию скорости движения.

Ограждения моста должны быть плавно сопряжены с ограждениями, установленными на насыпи с обязательным отводом в сторону и заанкериванием концов ограждений (рис. XVI.15). Отвод должен быть сделан с уклоном 1:15 или 1:20, при этом жесткость ограждений должна плавно уменьшаться от моста за счет изменения частоты расположения стоек.

При интенсивности пешеходного движения более 200 пеш./сут необходимо устраивать тротуары или пешеходные мостики рядом с мостом.

При проектировании новых мостов с тротуарами ограждения могут быть выполнены в виде следующих конструкций: литых тротуарных блоков, объединенных с защитным ограждением из железобетона уголкового профиля (рис. XVI.16, а); рамных тротуарных блоков, объединенных с железобетонными ограждениями вогнутого профиля с тормозящим выступом (рис. XVI.16, б) или с ограждениями из металлических стоек со стальной профилем

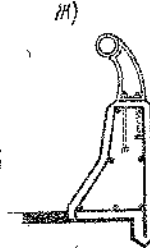
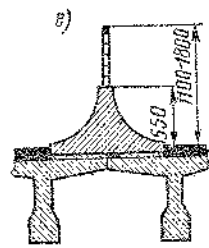
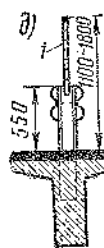
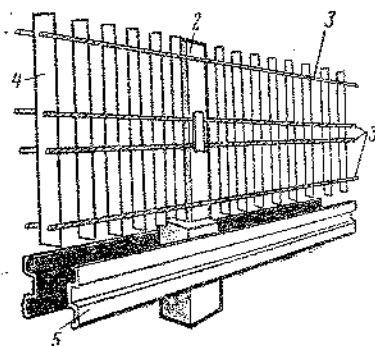
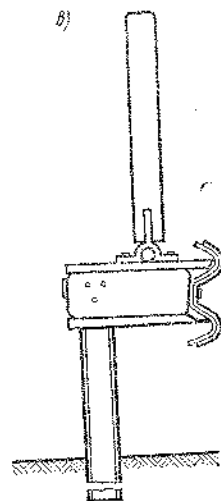
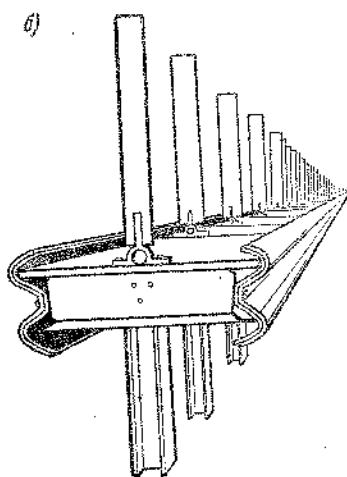
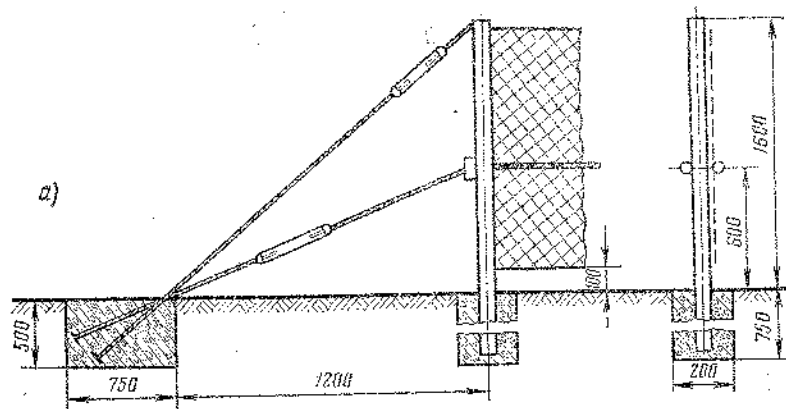


Рис. XVI.14. Конструкции комбинированных ограждений

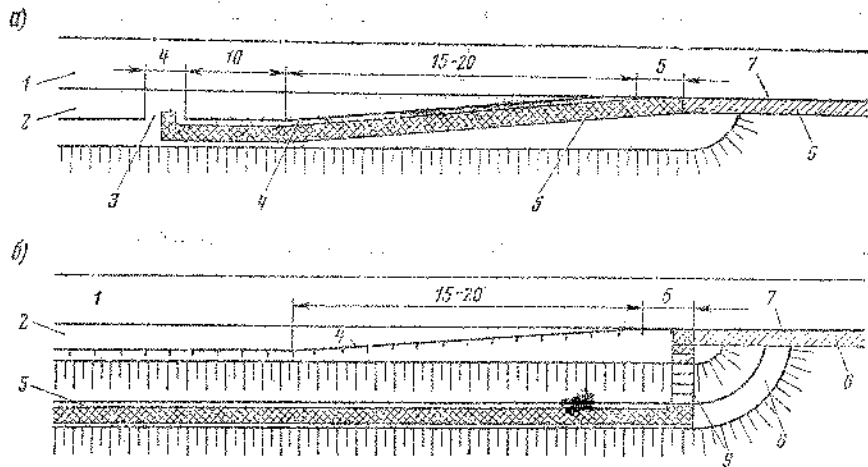


Рис. XVI.15. Расположение ограждений на мостовых переходах:

а — при расположении пешеходной дорожки на уширенном земляном пологом; б — при расположении пешеходной дорожки на берегу;  
 1 — проезжая часть; 2 — обочина; 3 — разрыв в ограждениях; 4 — ограждения на подходах; 5 — пешеходная дорожка; 6 — тротуар; 7 — ограждения на мосту; 8 — берега; 9 — лестничный сход

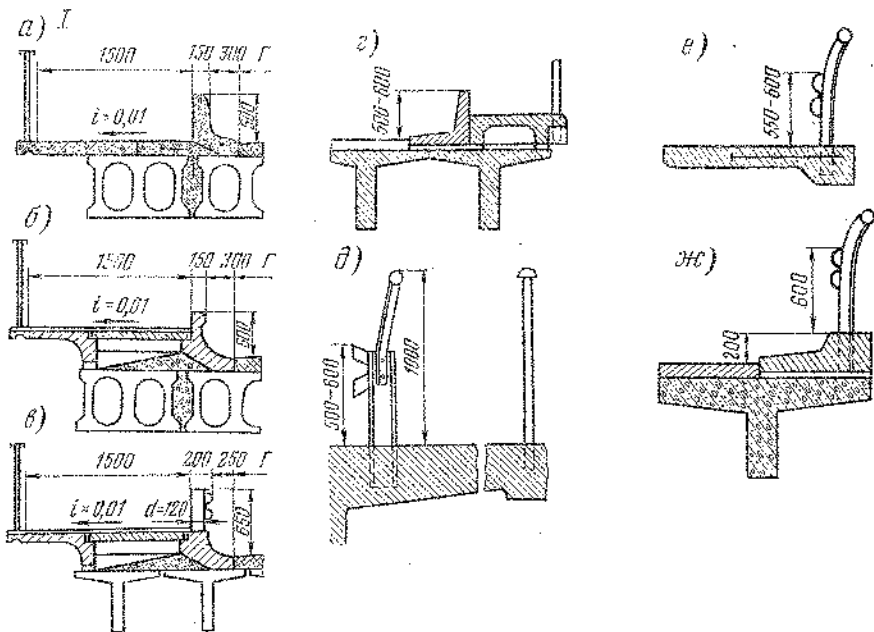


Рис. XVI.16. Конструкции ограждений на новых мостах с плитными и рамными тротуарами

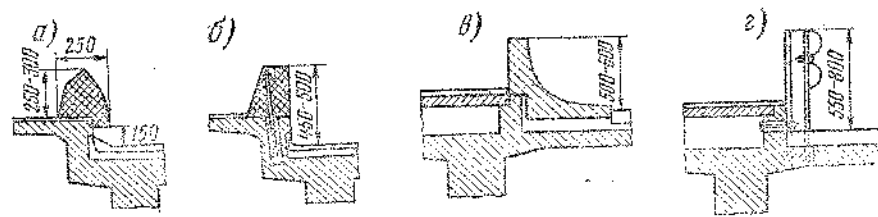


Рис. XVI.17. Конструкции ограждений на монолитных железобетонных мостах и металлических мостах с монолитной железобетонной плитой

ной балкой (рис. XVI.16, в); самостоятельных блоков, укрепленных перед тротуаром (рис. XVI.16, г); полужестких ограждений, закрепленных в монолитной железобетонной плите проезжей части (рис. XVI.16, б).

Конструкцию, показанную на рис. XVI.16, а рекомендуется применять на мостах с пролетными строениями, имеющими небольшую строительную высоту, когда на тротуарах отсутствуют коммуникации. Рамные тротуарные блоки с жестким железобетонным ограждением или металлические ограждения (см. рис. XVI.16, б, в) применяют на мостах, где необходимо под тротуарами пропустить коммуникации.

На мостах с монолитной железобетонной плитой, не имеющих пешеходного движения, удобно устраивать проезжую часть без ограждающих выступов, применяя усиленные конструкции перил. На железобетонных сборных мостах трудно надежно закрепить стойки ограждений по краям пролетных строений. Поэтому рекомендуется устраивать железобетонные выступы на краю плиты для закрепления перильных стоек (рис. XVI.16, в) или устанавливать специальные железобетонные бордюрные элементы с наклонной отражающей полосой (рис. XVI.16, ж).

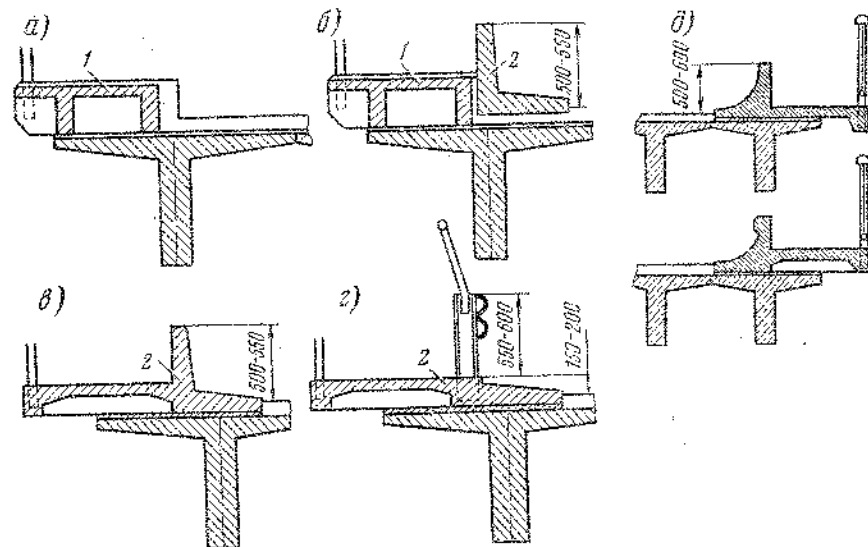


Рис. XVI.18. Конструкции ограждений на сборных железобетонных мостах: 1 — тротуарный блок; 2 — тротуарный блок, совмещенный с бордюром

Яркость проезжей части

Категория улиц	Обозначение категории улиц	Наибольшая интенсивность в обоих направлениях, авт/ч	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
Магистральные улицы общегородского значения; скоростные дороги; площади (главные, вокзальные, предместовые, транспортные); многофункциональные транспортные узлы	А	Более 3000	1,6
		От 1000 до 3000 » 500 » 1000 Менее 500	1,2 0,8 0,6
Магистральные улицы районного значения; площади перед стадионами, театрами, выставками, торговыми центрами, колхозными рынками и другими местами массового посещения, дороги грузового движения (общегосударственного значения)	Б	Более 2000	1,0
		От 1000 до 2000 » 500 » 1000 Менее 500	0,8 0,6 0,4
Улицы и дороги местного движения (жилые улицы, дороги промышленных коммунально-складских районов, поселковые улицы и дороги)	В	500 и более	0,4
		Менее 500	0,2

Примечания. 1. Яркость покрытий соединительных съездов в границах транспортного пересечения в двух и более уровнях принимают по норме освещения основной дороги, на которой они расположены.  
2. Яркость покрытий скоростных дорог принимают по норме 1,6 кд/м<sup>2</sup> независимо от интенсивности движения.  
3. Интенсивность движения транспортных средств принимают с учетом перспективы развития на ближайшие 10 лет.

в первую очередь у сложных транспортных развязок и в местах, где несколько опасных участков расположены вблизи друг от друга.

В населенных пунктах на дорогах I и II категорий, помимо мест массового посещения, тротуаров и автобусных остановок, следует освещать пересечения, кривые с ограниченной видимостью, пешеходные переходы, тоннели, площадки для стоянки автомобилей, мосты с габаритами проезжей части, равными или меньшими ширины проезжей части на подходах, и другие опасные зоны.

При расположении освещенных зон на расстоянии менее 250 м друг от друга необходимо предусматривать непрерывное освещение дороги, исключая чередование освещенных и неосвещенных участков.

Строительные нормы и правила (СНиП II-A.9-71. Искусственное освещение. Нормы проектирования), изменения и дополнения к которым утверждены Госстроем СССР 27 ноября 1974 г., нормируют среднюю яркость проезжей части для осветительных установок городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов в зависимости от категории улиц и интенсивности движения (табл. XVI.9).

При нормировании средней яркости проезжей части автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты, следует руководствоваться данными табл. XVI.10, полученными на основе интерпретации данных табл. XVI.9.

Для освещения дорог используют экономичные газоразрядные источники

<sup>1</sup> Яркость проезжей части характеризуется отношением силы света, отражаемой элементом поверхности в направлении наблюдателя, к величине площади элемента, видимой с этого направления. Единица яркости: кандела на квадратный метр (прежнее название — нит).

На эксплуатируемых мостах применение ограждений высотой 0,45—0,5 м и более затруднено из-за ограниченной ширины проезжей части. Необходимо оценить возможность ликвидации одного или двух тротуаров, организовав движение по специальным пешеходным мостикам.

На дорогах I—III категорий следует устанавливать ограждения высотой 0,5 м и более только при габарите проезжей части не менее 6,5 м и ограничении скорости движения. Если невозможно увеличить высоту бордюров, то необходимо усилить конструкцию перил.

На эксплуатируемых монолитных железобетонных мостах и металлических мостах с монолитной железобетонной плитой, у которых тротуарная конструкция монолитно связана с главными балками пролетного строения, можно применять следующие решения: наращивание бордюра прямоугольным или фасонным железобетонным брусом, прикрепляемым к бордюру полимерным клеем или закладкой арматурных анкеров (рис. XVI.17, а, б); установка высоких бордюров из железобетонных блоков за счет ширины тротуара или проезжей части (рис. XVI.17, в); закрепление стальных стоек с фасонными планками с помощью металлических анкеров или заделкой в гнезда, вырубленные в бетоне основной конструкции (рис. XVI.17, г).

На сборных железобетонных мостах рекомендуется использовать следующие конструкции ограждений: железобетонные блоки, закрепляемые на основной конструкции пролетных стропил с помощью анкеров или клея (рис. XVI.18, а, б); новые тротуарные блоки (устанавливаемые взамен старых), которые совмещены с повышенным железобетонным бордюром (рис. XVI.18, в, д, е) или с металлической фасонной планкой (рис. XVI.18, г).

#### § XVI.8. ОСВЕЩЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия ночью в 2—2,5 раза выше, чем днем. Опасность движения в ночные часы связана с неудовлетворительными условиями видимости и повышенным утомлением водителей. Хорошее освещение дорог с помощью стационарных источников света позволяет сократить на 25—70% общее число ночных происшествий (в том числе на 50% происшествий со смертельным исходом) и на 5% повысить пропускную способность дороги ночью. Освещение автомобильных дорог на всем их протяжении экономически оправдано только при высокой интенсивности движения, и поэтому в первую очередь надо освещать выборочно наиболее опасные участки, где происходят резкие изменения скорости движения автомобилей и часто фиксируются дорожно-транспортные происшествия.

Строительные нормы и правила СНиП II-Д.5-72 обязывают предусматривать искусственное освещение дорог и улиц населенных пунктов на участках автомобильных дорог I категории с расчетной интенсивностью движения более 10 000 авт./сут (достигаемой в первые пять лет эксплуатации, а в отдельных случаях и с учетом общего значения дорог). Необходимо освещать также все пересечения дорог I и II категорий с автомобильными и железными дорогами, включая все соединительные ответвления пересечений и подходы к ним по основным пересекающимся дорогам (I и II категорий) на расстоянии не менее 250 м.

«Указания по организации и обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» (ВСН 25-76) Минавтодора РСФСР рекомендуют в первую очередь освещать зоны, представляющие опасность для движения: пересечения и примыкания, тоннели, узкие мосты и путепроводы, зоны пешеходного движения, железнодорожные переезды, автобусные остановки.

На дорогах IV категории необходимо предусматривать освещение основных конфликтных зон в населенных пунктах: у кинотеатров, клубов, школ, магазинов, стадионов, вокзалов.

На дорогах III категории в населенных пунктах дополнительно следует освещать тротуары и автобусные остановки. На перегонах дорог III категории освещение устраивают только на тех участках, где нет возможности обеспечить безопасные условия движения в ночное время другими средствами. На перегонах дорог I и II категории стационарное освещение следует устраивать

Таблица XVI.10

Яркость проезжей части		
Скорость движения, км/ч	Интенсивность движения, тыс. авт/сут	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
100	Более 36	1,6
	От 12 до 36	1,2
	» 6 » 12	0,8
	Менее 6	0,6
80	Более 24	1,0
	От 12 до 24	0,8
	» 6 » 12	0,6
	Менее 6	0,4
60	6 и более	0,4
	Менее 6	0,2

Примечание. Для вновь сооружаемых улиц и дорог скорость движения следует принимать равной 0,7 от расчетной скорости для дорог, находящихся в эксплуатации, — скорость, которую на данном участке не превышают 85% транспортных средств.

света: дуговые ртутные лампы (ДРЛ), натриевые лампы высокого давления (НВД), металлогалогенные лампы (ДРИ). Натриевые лампы низкого давления из-за их неудовлетворительной цветопередачи рекомендуется применять в основном за пределами населенных пунктов. В районах с хорошими атмосферными условиями (где количество загрязняющих частиц в воздухе не превышает 150 мг/м<sup>3</sup>) рекомендуется применять дешевые открытые зеркальные или призматические светильники РКУ, РСУ, КЛБЛ, СПО с лампами мощностью 125—1000 Вт. В районах с тяжелыми атмосферными условиями, обусловленными высокой интенсивностью движения и наличием предприятий, загрязняющих атмосферу, следует применять светильники, закрытые колпаками из оргстекла — зеркально-призматические светильники ЖКУ, СКЗР, СКЗР.

Светильники подвешивают на металлических кронштейнах, прикрепленных к железобетонным или стальным опорам. Металлические опоры устанавливают на мостах и путепроводах с заделкой в стаканы. Железобетонные опоры располагают на откосе земляного полотна на расстоянии не менее 0,5 м от бровки дороги. В исключительных случаях СНиП II-Д.5-72 допускает расположение отдельных опор на обочине или на разделительной полосе (при ширине ее не менее 5 м). Расстояние от кромки проезжей части до ближайшей грани опоры в этом случае должно быть не менее 1,75 м.

Осветительные опоры на разделительной полосе с двух сторон защищают ограждениями. Расстояние между краями опоры и полужесткого ограждения должно быть не менее 1 м.

Пересечения в разных уровнях освещают с помощью светильников, подвешенных на металлических опорах высотой 20—30 м. При выборе места расположения этих опор следует предусматривать возможность подъезда к ним автомобилей с подъемными вышками для обслуживания светильников.

При проектировании осветительных установок можно руководствоваться данными табл. XVI.11.

С целью снижения затрат на электроэнергию рекомендуется на освещаемых участках дорог устраивать светлые дорожные покрытия с коэффициентом отражения более 0,25. В первую очередь СНиП II-Д.5-72 рекомендует применять осветленные покрытия для выделения пешеходных переходов, остановок автобусов, переходно-скоростных полос, дополнительных полос на

Таблица XVI.11

Типы осветительных установок						
Средняя яркость проезжей части, кд/м <sup>2</sup>	Ширина проезжей части, м	Схема расположения светильников	Номер		Высота подвеса светильников, м	Шаг светильников, м
			светильника	источника света		
0,4	7	Односторонняя	1	1	8,5	24,5
			3	2	8,5	41,5
			4	3	7,5	27,5
	10,5	»	5	4	8	42
			3	2	9,5	34
			6	4	10	46
0,6	7	»	2	1	10	23,5
			7	4	9	20
			5	4	9,5	26
	10,5	»	8	5	9	20
			8	4	10	31,5
			3	2	9,5	28
0,8	7	»	7	4	7,5	31,5
			6	4	9	33
			8	1	10	33
	10,5	»	1	1	8,5	22,5
			3	2	8,5	25,5
			9	5	9	20
10,5	7	»	4	3	8,5	32
			9	5	8,5	35
			10	5	8,5	23
	10,5	Двухрядная	3	2	9	20
			2	1	7,5	21,5
			7	4	7,5	32,5
10,5	»	4	3	7	27	
		2	1	9,5	24	
		7	4	9	38	
10,5	»	4	3	8	40	

Продолжение табл. XVI.11

Средняя яркость проезжей части, кд/м²	Ширина проезжей части, м	Схема расположения светильников	Номер		Высота подвеса светильников, м	Шаг светильников, м
			светильника	источника света		
1,0	7	Односторонняя	2	1	8	23
			8	4	8	29
			6	4	8	27
			5	3	8,5	32,5
	10,5	Двухрядная	3	2	9,5	27,5
			8	4	10	40
			6	4	9	38
	14	»	7	4	8,5	26
			5	4	8	23
			6	4	8,5	32,5
	7,5×2	Опоры с двумя светильниками на разделительной полосе	8	4	12	30
			3	2	12	22
6			4	11	30	

Примечания. 1. Типы светильников обозначены следующими номерами: 1—СКЗЛ-2×40; 2—СКЗЛ-3×40; 3—СКЗЛ-2×80М; 4—СППР-125М; 5—СПОР-250; 6—РКУ-250; 7—СЗПР-250М; 8—02.36. 10к; 9—СЗП-500М; 10—СПО-500.  
2. Типы ламп обозначены следующими номерами: 1—ЛЛ 40 Вт; 2—ЛЛ 80 Вт; 3—ДРЛ-125; 4—ДРЛ-400; 5—ЛН 500 Вт.

Таблица XVI. 12

Коэффициенты изменения яркости

Материал покрытия	Коэффициент изменения средней яркости
Песчаный асфальтобетон	1,0
Цементобетон	1,5—1,75
Мелкозернистый асфальтобетон, содержащий гранитный щебень темного цвета в количестве, %:	
30	0,88
60	0,82
То же, щебень красно-розового цвета в количестве, %:	
30	1,04
60	1,16
То же, щебень серого цвета в количестве, %:	
30	1,25
60	1,5
То же, щебень белого цвета в количестве, %:	
30	1,75
60	2,18

подъемах, полос для остановок автомобилей, проезжей части в тоннелях и под путепроводами, на железнодорожных переездах, малых мостах и других участках, где препятствия плохо видны на фоне дорожного покрытия

В табл. XVI.12 приведены коэффициенты изменения средней яркости проезжей части для различных типов дорожных покрытий (за единицу принята яркость проезжей части из песчаного асфальтобетона).

Электроснабжение осветительных установок предусматривают от сети общего пользования или от сети ближайшего промышленного предприятия. Управление освещением осуществляют централизованно с ближайшего диспетчерского пункта.

При проектировании осветительных установок следует предусматривать их эксплуатацию в двух режимах: в вечернем, когда включена вся установленная мощность; в ночном, когда выключена часть установленной мощности на период значительного снижения интенсивности движения.

Схема расположения светильников, действующих в вечернем и ночном режимах, должна быть согласована с Госавтоинспекцией. На перекрестках, пешеходных переходах, узких мостах, в тоннелях и на железнодорожных переездах светильники должны работать только в вечернем режиме.

§ XVI.7. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДОРОГИ

При проектировании дороги составляют схему оборудования дороги, которая должна быть согласована с Госавтоинспекцией. Схему рекомендуются вычерчивать в масштабах продольном 1 : 2000, поперечном 1 : 500 и на ней указывать расположение дорожных знаков, разметки, ограждений и направляющих устройств (рис. XVI.19). На сложных пересечениях продольный масштаб следует увеличить до 1 : 500. На схеме не следует изображать участки, на большом протяжении которых используется однотипная разметка и применяют стандарт-

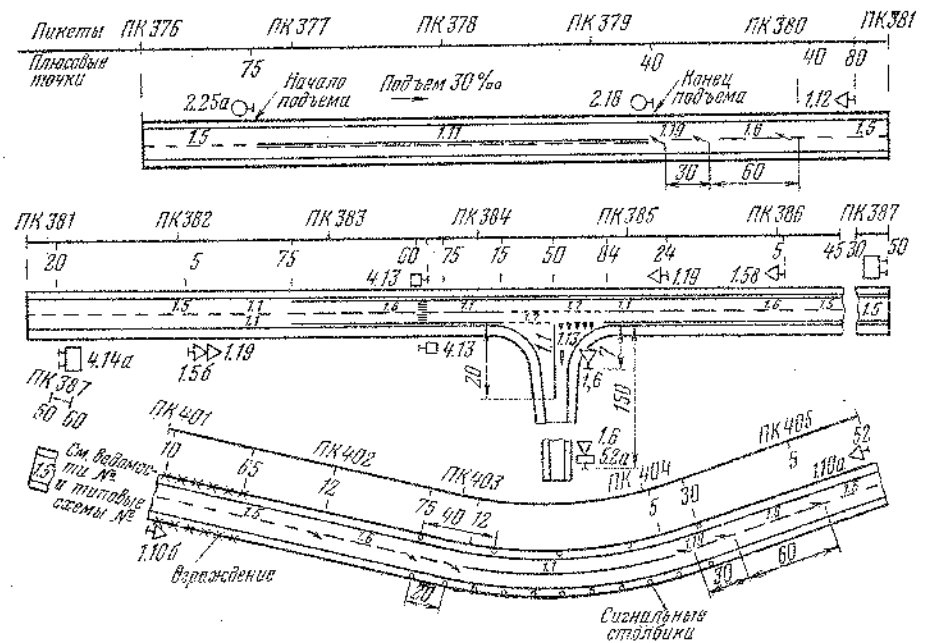


Рис. XVI.19. Схема оборудования дороги

ные схемы установки знаков (например, горизонтальные прямые участки с отдельными съездами). После изображения начала такого участка на схеме делают разрыв, в котором помещают ссылку на соответствующие типовые схемы или ведомость расстановки дорожных знаков. Границы разрыва должны быть отмечены по пикетажу.

Работу по составлению схемы рекомендуется выполнять в несколько этапов. На первом этапе размещают на схеме указательные знаки, информирующие водителей об основных направлениях движения, протяженности дороги, расположении и наименовании отдельных пунктов маршрута и участков, на которых установлен определенный порядок движения транспортных средств (скоростная дорога, населенный пункт). В соответствии с условиями применения каждого знака располагают на схеме: километровые знаки (4.13); маршрутные марки (4.19), обозначающие номер дороги; знаки с названиями населенных пунктов (4.5 и 4.6) колхозов, совхозов, рек, перевалов (4.17), через которые проходит дорога; знаки-указатели направлений движения (4.15) к пунктам следования, расположенным в стороне от дороги. — населенным пунктам, железнодорожным станциям, переправам, элеваторам, заготовительным пунктам, карьерам, заводам, складам, аэропортам, пристаням, речным и морским портам. При этом учитывают необходимость повторения на знаках надписей на национальном языке республики или повторение надписей латинским шрифтом, передающим произношение названий на соответствующем национальном языке (на дорогах, по которым намечено открыть движение иностранных автотуристов). На всех дорогах должны быть обозначены знаками подъезды к достопримечательностям и пункты обслуживания движения (знаки 4.12, 4.20—4.26). Эти знаки наносят на схему, учитывая необходимость установки дополнительных знаков для предварительной информации водителей в соответствии с правилами установки каждого знака.

На этом этапе намечают расположение и содержание изображений знаков 4.14 «Предварительный указатель направлений» и знаков 4.16 «Указатель расстояний».

На втором этапе работы вначале следует условно разделить всю дорогу по протяженности на две группы участков: населенные пункты и перегоны. Затем в пределах каждого участка следует выделить следующие элементы: перекрестки, мосты, путепроводы, тоннели, железнодорожные переезды, горизонтальные и вертикальные кривые, сужения, подьемы и спуски с уклоном более 20%, придорожные комплексы обслуживания, площадки отдыха, автобусные остановки, стоянки, места оживленного пешеходного движения. Некоторые элементы могут быть проанализированы совместно.

Для каждого элемента или группы элементов, изображенных на схеме, анализируют необходимость применения различных знаков и разметки. Для облегчения этой задачи предварительно в пределах каждого элемента или группы элементов на схеме следует выделить возможные конфликтные зоны:

зоны оживленного пешеходного и велосипедного движения вдоль проезжей части или поперек нее и зоны возможного скопления людей, ожидающих попутных автомобилей;

зоны, где часто происходят изменение скорости движения или маневры автомобилей — автобусные остановки, места кратковременной остановки и длительной стоянки автомобилей; участки, где часто происходят обгоны и смена полос движения, зоны пересечения, разветвления и слияния транспортных потоков, разворота автомобилей и изменения траекторий движения; зоны, в которых резко изменяется скорость свободного движения (коэффициент безопасности менее 0,6); зоны, где резко уменьшается скорость движения, потоков автомобилей из-за повышенной плотности движения или появления медленно движущихся тракторов, гужевых повозок, сельскохозяйственных машин;

зоны, в которых ширина проезжей части, число полос, габариты высоты или допустимая нагрузка от веса автомобилей меньше, чем на смежных участках;

зоны с ограниченной видимостью в плане и профиле;

зоны, в которых в различное время года возникают густые туманы, гололед, сильный боковой ветер, неровности покрытия, появляется опасность падения камней, выходы животных на дорогу;

зоны со светофорным регулированием и односторонним движением;

зоны, в которых по условиям, перечисленным в § XVI.4, XVI.5, требуется устанавливать ограждения и направляющие устройства.

Выявив конфликтные зоны на опасных участках, по возможности следует принять меры для устранения причин, порождающих эту опасность. При составлении схемы оборудования дороги максимально следует использовать типовые решения, рекомендованные нормативными документами.

На третьем этапе следует уточнить виды знаков, разметки и других технических средств регулирования движения, назначить их размеры и установить точное пикетажное положение (желательно с привязкой к отдельным объектам в придорожной полосе), изучить возможность сокращения числа знаков и исключения отдельных линий разметки без ущерба для безопасности движения, оценить необходимость ограничения скорости движения в отдельных зонах. В соответствии с рекомендациями § XVI.4 и XVI.5 следует наметить места расположения ограждений и направляющих устройств и нанести их на схему оборудования дороги.

#### § XVI.8. ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ЗНАКОВ И НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТКИ НА ХАРАКТЕРНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГ

**Железнодорожные переезды.** На подходах к железнодорожным переездам устанавливают предупреждающие знаки 1.1 (для переездов со шлагбаумом рис. XVI.20,а) или 1.2 (для переездов без шлагбаума, рис. XVI.20,б) с табличками 5.8а за 150—300 м от крайнего рельса (в населенных пунктах — за 50—100 м).

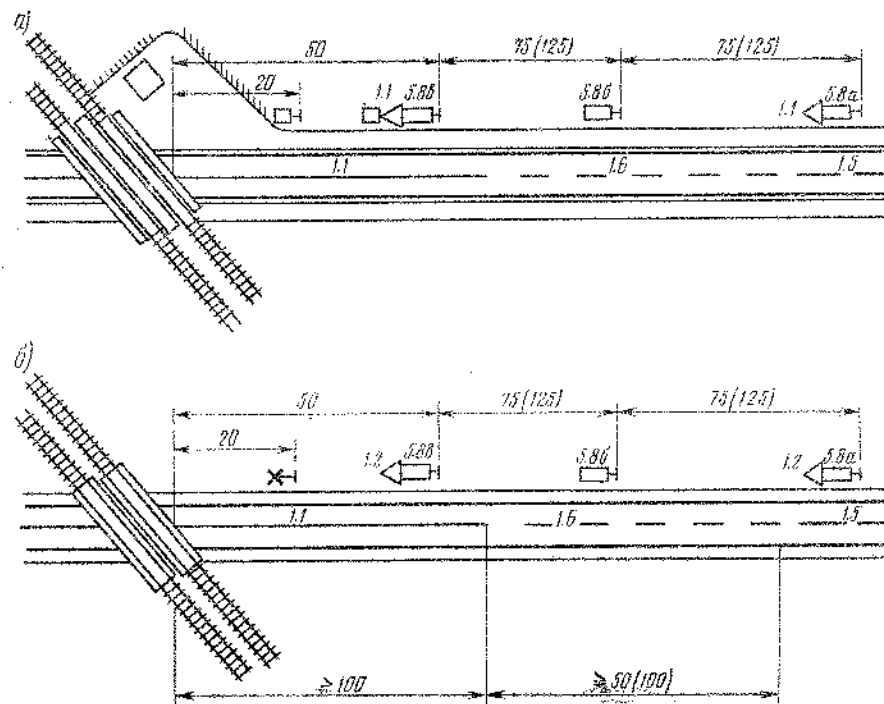


Рис. XVI.20. Знаки и разметка на железнодорожных переездах

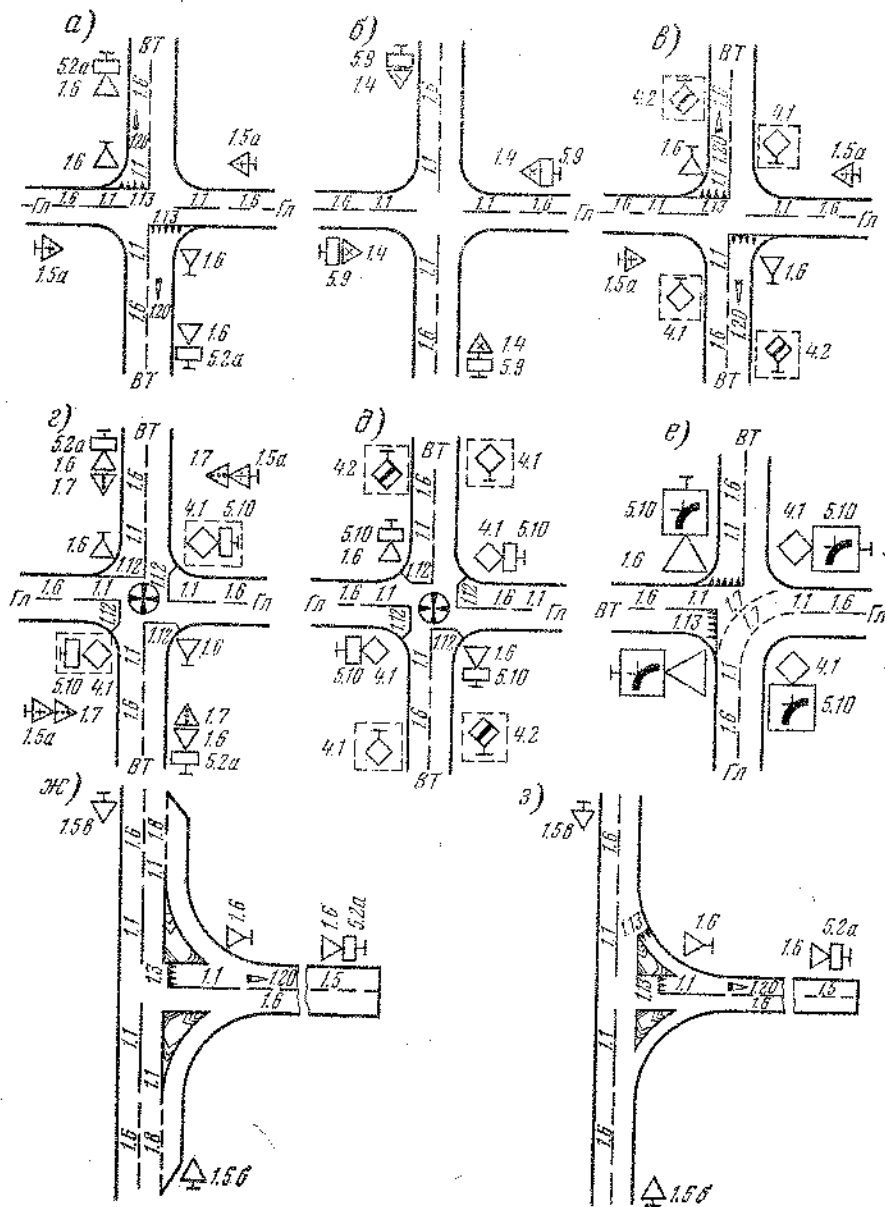


Рис. XVI.21. Обозначение преимущества в движении на перекрестках:  
ГЛ — главная дорога; ВТ — второстепенная дорога

Вне населенных пунктов не менее чем за 50 м от крайнего рельса устанавливаются дополнительный знак 1.1 или 1.2 с табличкой 5.8, в. Между этими знаками примерно на равном расстоянии от них располагают табличку 5.8б. При наличии платбаумов за 20 м от крайнего рельса устанавливают табличку «Берегись поезда!»

При наличии автоматических шлагбаумов за 50 м от крайнего рельса должна быть установлена табличка «Внимание! Автоматический шлагбаум». У переездов без шлагбаума за 20 м от крайнего рельса устанавливают железнодорожный сигнальный знак «Берегись поезда!».

Для запрещения маневрирования в зоне переезда на расстоянии не менее 100 м от крайнего рельса по оси проезжей части наносится разметка 1.1. Линия 1.1 должна предшествовать линии 1.6 (см. рис. XVI.20).

**Пересечения автомобильных дорог.** На перекрестках автомобильных дорог в первую очередь необходимо обеспечить информирование водителей об основных направлениях движения. Для этого применяют знак 4.14 (а,б) и 4.15. Знак 4.14а рекомендуется устанавливать перед перекрестками на всех дорогах I—III категорий, пересекающихся между собой или примыкающих друг к другу. На дорогах IV и V категорий, пересекающихся или примыкающих к дорогам I—III категорий, следует устанавливать знак 4.14,б, если по условиям движения требуется одновременно указать водителю основные направления движения. Знак 4.15 устанавливают в пределах перекрестка. После важных перекрестков на дорогах I—III категорий устанавливают указатели расстояний 4.16.

При разработке схемы организации движения на перекрестках следует установить преимущество в движении транспортных средств по одному или нескольким направлениям. Главной следует считать дорогу более высокой категории или дорогу с большей интенсивностью движения. Если интенсивности отличаются незначительно, то определяющими факторами назначения главной дороги могут служить: более высокая скорость движения; трудности в остановке транспортных средств у перекрестков (на подъемах-спусках и у объектов); более дальний маршрут; большее расстояние видимости зоны перекрестка.

На нерегулируемых перекрестках вне населенных пунктов преимущество в движении по одной из дорог устанавливают знаками 1.5а, 1.6 и разметкой 1.13, 1.12 (рис. XVI.21, а). На пересечении разнозначных дорог вне населенных

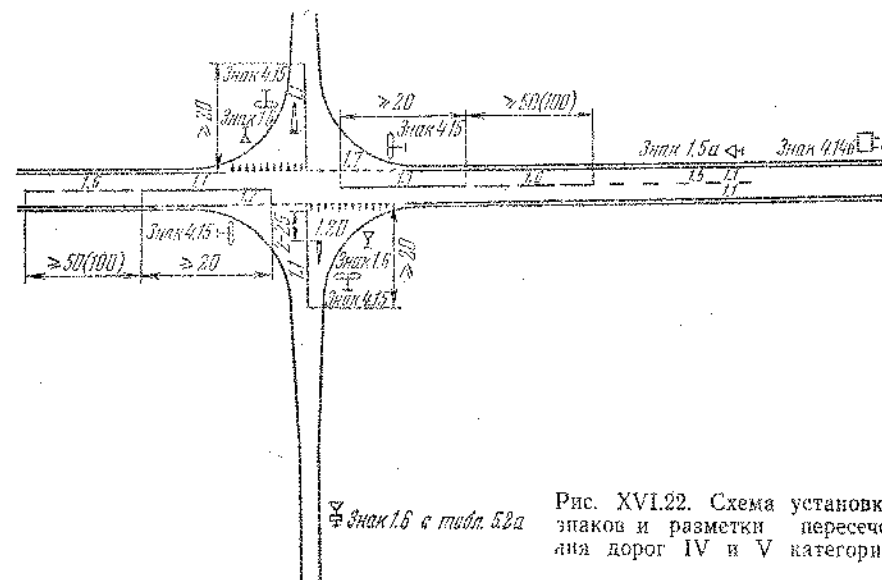


Рис. XVI.22. Схема установки знаков и разметки пересечения дорог IV и V категорий

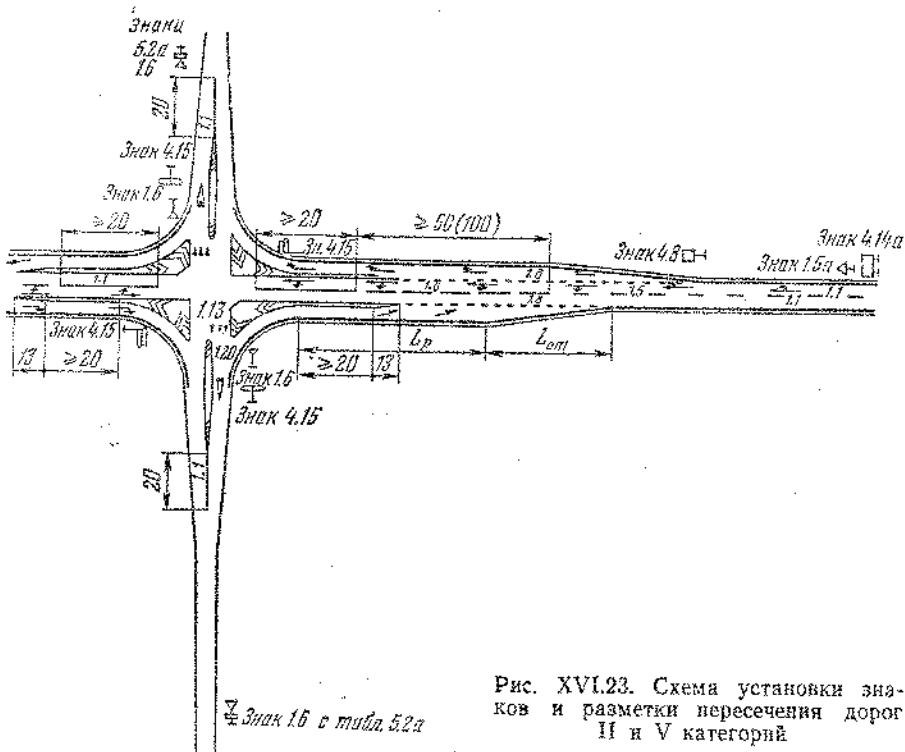


Рис. XVI.23. Схема установки знаков и разметки пересечения дорог II и V категорий

пунктов следует устанавливать знаки 1.4 (рис. XVI.21, б). Во всех случаях перед перекрестком должна быть нанесена сплошная линия разметки 1.1.

Под знаками 1.4 можно устанавливать таблички 5.9 при сложной конфигурации перекрестка.

В населенных пунктах перед перекрестками неравнозначных дорог применяют схему установки знаков и разметки, показанную на рис. XVI.21, г.

Знаки 4.1, 4.2 (обведены прерывистой линией) устанавливают, если второстепенная дорога является важной улицей населенного пункта или района.

Вне населенных пунктов на перекрестках со светофорным регулированием, где пересекаются неравнозначные дороги, используют схему, показанную на рис. XVI.21, г. Вместо разметки 1.13 и 1.20 применяют разметку 1.12. В населенных пунктах на таких перекрестках следует использовать схему, приведенную на рис. XVI.21, д. Если на перекрестках в населенных пунктах главная дорога меняет свое направление, рекомендуется использовать схему, приведенную на рис. XVI.21, е. На трех- и четырехсторонних перекрестках с переходно-скоростными полосами на второстепенной дороге устанавливают знаки и наносят линии разметки в соответствии с рис. XVI.21, ж, а при отсутствии полос по схеме, показанной на рис. XVI.21, з, если островки безопасности выделены разметкой или возвышаются над проезжей частью. На особо опасных перекрестках вместо основного знака 1.6 может быть установлен знак 2.15, а вместо линии 1.13 использована линия 1.12. Второй знак 1.6 должен использоваться с табличкой 5.2, в. На многополосных дорогах перед перекрестком следует устанавливать знаки 4.8 с правой стороны дороги (с обязательной разметкой полос движения) или применять подвесные указательные знаки типа 4.14, а. Стрелами разметки рекомендуется указывать разрешенные направления движения по полосам.

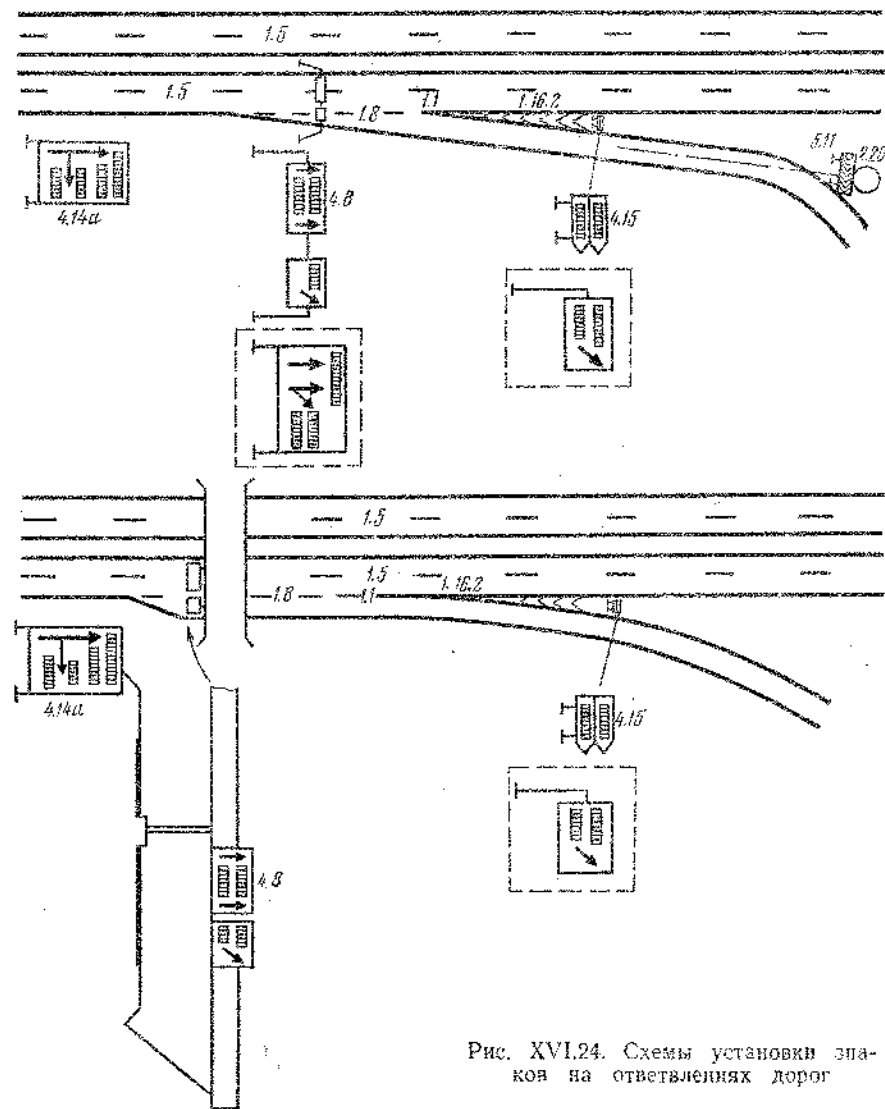


Рис. XVI.24. Схемы установки знаков на ответвлениях дорог

С помощью запрещающих и предписывающих знаков на перекрестках можно запрещать выполнение определенных маневров. Примеры разметки пересечений и установки на них знаков приведены на рис. XVI.22 и XVI.23. Подробно вопросы установки знаков и разметки на перекрестках разной конфигурации освещены в нормативной литературе.

На пересечениях в разных уровнях первый указательный знак 4.14, а устанавливают за 500—800 м от пересечения (рис. XVI.24), второй — через 20—30 м после начала ответвления дороги над проезжей частью или с правой стороны дороги. Можно подвешивать второй знак на путепроводе.

На клиновидном островке устанавливают знаки 4.15 или щиты с названиями пунктов маршрута.



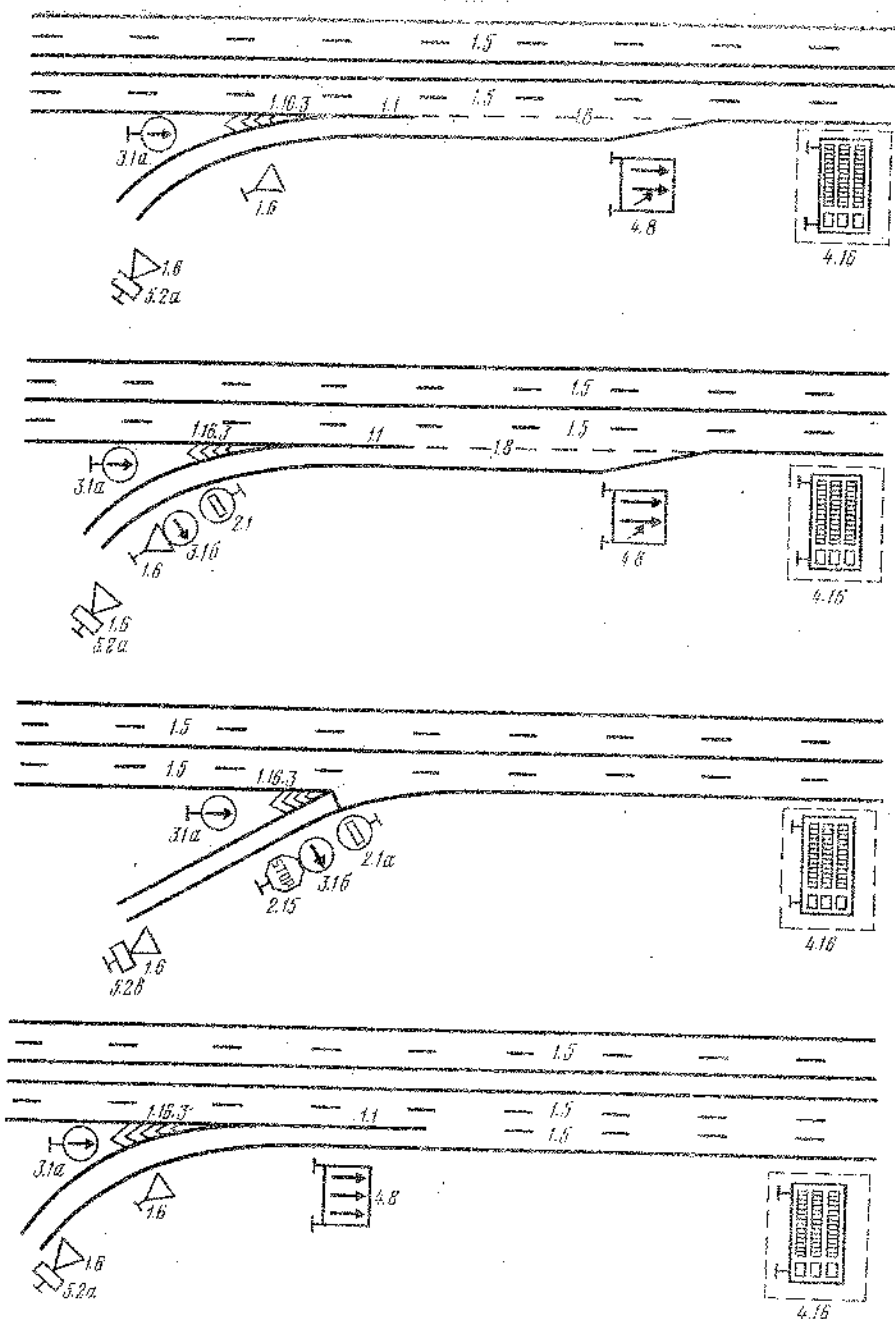


Рис. XVI 25. Схемы установки знаков на примыканиях

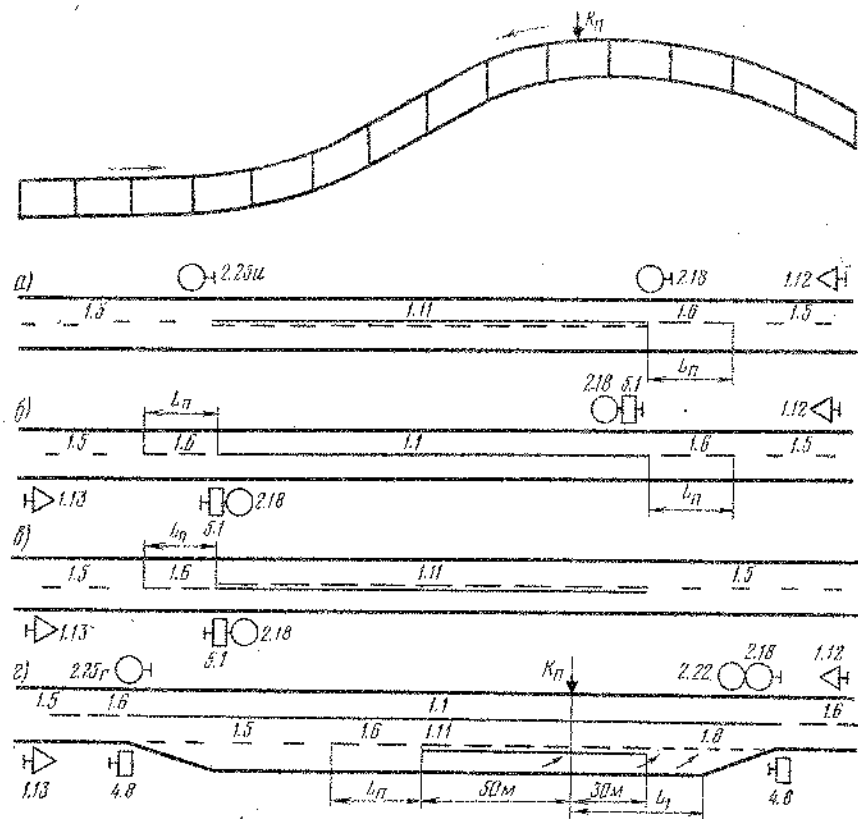


Рис. XVI.26. Схемы установки знаков и разметки подъемов и спусков

На примыканиях соединительных съездов преимущество в движении обозначают знаками 1.6 и в особых случаях — 2.15. Варианты расположения знаков и разметки на таких примыканиях приведены на рис. XVI.25. В конце переходной полосы следует устанавливать знаки, зона действия которых окончилась на данном перекрестке, а по соображениям безопасности нужно вводить запрещение и на следующий участок.

**Подъемы и спуски.** Схема установки знаков и нанесения линий разметки на участках подъемов и спусков зависит от уклонов, числа полос движения и обеспеченного расстояния видимости.

На двухполосных дорогах при обеспеченной видимости применяют схемы, показанные на рис. XVI.26, а, б, в. Первую схему применяют при длине подъема более 200 м при уклонах до 40%. При длине подъема менее 200 м запрещают обгон на подъеме и спуске (см. рис. XVI.26,б). На спусках длиной более 500 м с уклонами менее 50% можно разрешать обгон транспортных средств и в тех случаях, когда обгон на подъеме запрещен (см. рис. XVI.26,в).

Знак 1.12 «Крутой спуск» следует устанавливать перед спусками, превышающими в зависимости от уклона следующие расстояния:

Уклон спуска, ‰	55	60	70	90
Длина спуска, м	800	400	200	100

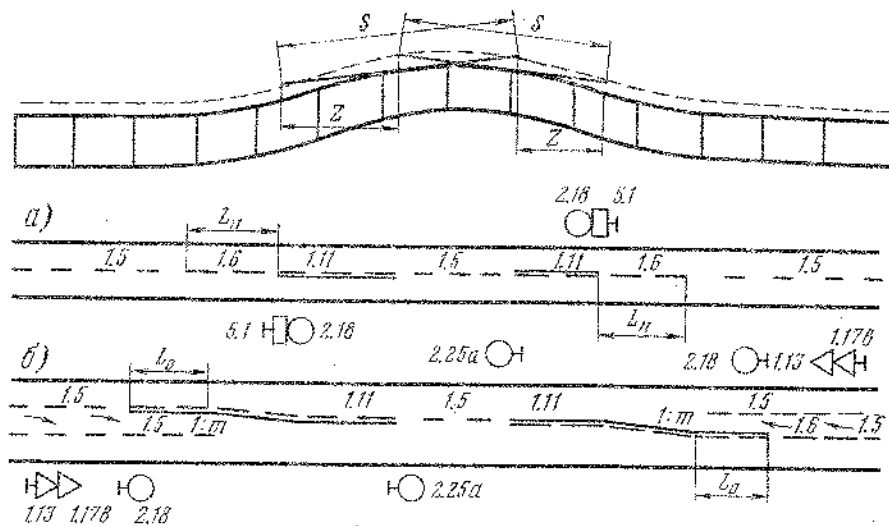


Рис. XVI.27. Схемы установки знаков и разметки вертикальных выпуклых кривых с ограниченной видимостью и подъемов

Знак 2.19 «Обгон грузовым автомобилям запрещен» устанавливают на двухполосных дорогах перед подъемами, длина которых превышает критическую длину подъема:

Уклон подъема, %	30	40	50	60	70	80
Критическая длина подъема, м	850	600	450	350	300	270

Легковым автомобилям обгон на подъеме разрешен, если обеспечена видимость встречного автомобиля в соответствии с § VIII.18. При наличии на подъеме участков с разными уклонами целесообразность установки знаков 2.19 и 1.13 оценивают по формуле

$$A = \frac{B_1}{C_1} + \frac{B_2}{C_2} + \frac{B_3}{C_3} + \dots + \frac{B_n}{C_n} \quad (\text{XVI.1})$$

где  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$  — протяженность участков подъемов с уклонами  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ ;  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  — критическая длина участков подъемов, м.

При  $A \geq 1$  целесообразно у начала подъема установить знак 2.19 с табличкой 5.1, а перед подъемом — знак 1.13. Можно вместо таблички 5.1 установить на вершине подъема, где разрешен обгон грузовым автомобилям, знак 2.25.б.

На подъемах с дополнительной полосой движения применяют схему, показанную на рис. XVI.26.г. Расстояние  $L_1$  от вершины подъема  $K_n$  принимают равным:

Интенсивность движения в сторону подъема, авт/ч	200	300	400	$\geq 500$
Протяжение полосы за пределами подъема $L_1$ , м	50	100	150	200

На таких участках перед спусками с уклоном более 30% устанавливают знак 2.18, а на спусках с уклонами более 50% запрещают остановку, устанавливая знак 2.22. В конце спуска устанавливают знак 2.25.г.

На вертикальных выпуклых кривых с ограниченной видимостью схемы разметки зависят от расположения и длины зон  $Z$ , в которых видимость менее расчетной (рис. XVI.27). В зависимости от конкретных условий эти зоны могут перекрывать или не перекрывать друг друга. На рис. XVI.27.а, б показаны схе-

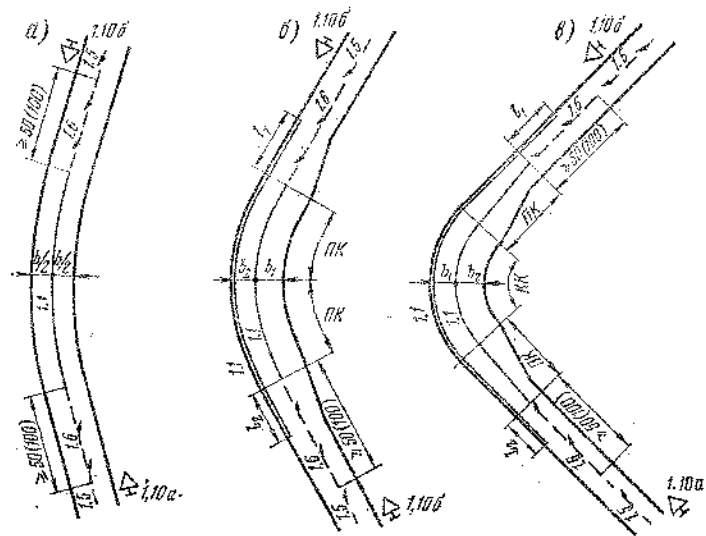


Рис. XVI.28. Схемы установки знаков и разметки кривых в плане

мы расстановки знаков и разметки для первого случая. Во втором случае на вершине перелома вместо линии разметки 1.5 применяют линию 1.1.

**Кривые в плане.** На кривых в плане с обеспеченной видимостью (см. § VIII. 18) схемы разметки и расстановки знаков изменяются в зависимости от условной плавности кривой  $P$ , определяемой по формуле

$$P = \frac{R57,3}{\alpha 100}, \quad (XVI.2)$$

где  $R$  — радиус кривой в плане, м;  $\alpha$  — угол поворота трассы, град.

При  $P > 19$  на кривых в плане двухполосных дорог с обеспеченной видимостью наносят осевую прерывистую линию разметки 1.5, а на трехполосных дорогах с помощью этих линий разделяют проезжую часть на три полосы движения. Предупреждающие знаки 1.10 «Опасный поворот» не устанавливают.

Если  $P = 5,0 \div 19,0$ , то применяют схемы, показанные на рис. XVI.28, а—г. При изменении ширины проезжей части в данном направлении наносят переходную линию 1.1, наклон которой 1:т не должен быть более 1:20 при скорости  $\leq 60$  км/ч и более 1:50 при скорости  $> 60$  км/ч (рис. XVI.28, г—е). Сплошная линия разметки 1.1 должна быть нанесена по всей длине круговой кривой (КК). На трехполосных дорогах дополнительно к знаку 1.10 устанавливают знак 1.17 «Сужение дороги» (см. рис. XVI.28, г—е).

При  $P = 1,0 \div 5,0$ , осевая линия разметки должна быть выполнена из двух переходных кривых (ПК) (рис. XVI.28, б). Отношение ширины внутренней полосы проезжей части  $b_1$  к ширине внешней полосы  $b_2$  принимают в зависимости от радиуса  $R$  по внутренней кромке проезжей части:

$R$ , м	10—15	15—20	20—30	30—50	50
$b_1 : b_2$	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

При наличии виража это отношение умножают на коэффициент  $K_v$ , учитывающий уклон виража (табл. XVI.13). Протяженность краевой разметки  $l_1$  изменяется от 90 до 120 м, а  $l_2$  — от 65 до 75 м.

На кривых в плане с ограниченной видимостью следует графическим методом установить расположение и протяженность зон  $z$  (рис. XVI.29, а, б), в которых расстояние видимости меньше расчетного. В пределах этих зон для соответствующего направления движения должен быть ограничен обгон транспортным средством (знаками 2.18 и разметкой 1.1 и 1.11). На рис. XVI.29, а показана схема установки знаков и разметки в случае, когда зоны  $z$  перекрывают друг друга, а на рис. XVI.29, б — когда эти зоны не перекрывают друг друга. На круглых поворотах с радиусами менее 250 м при необеспеченной видимости предусматривают установку с внешней стороны кривой таблички 5.11.

**Мосты и путепроводы.** При разработке схемы установки знаков в первую очередь необходимо установить грузоподъемность мостов и путепроводов. Для запрещения движения транспортных средств через мосты и путепроводы с ограниченной несущей способностью используют знак 2.11, который располагают непосредственно перед сооружением. Дополнительный знак с табличкой 5.2а

Таблица XVI.13

Оценка уклона виража

Условная плавность закругления, $P$	Значения $K_v$ при уклоне виража, %				
	-20	0	+30	+40	+60
0,1	1,16	1,11	1,07	1,00	0,97
0,5	1,10	1,07	1,05	1,00	0,98
0,8	1,08	1,06	1,04	1,00	0,98
1,0	1,06	1,04	1,03	1,00	0,98
2,4	1,04	1,03	1,02	1,00	0,99
$> 3,2$	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99

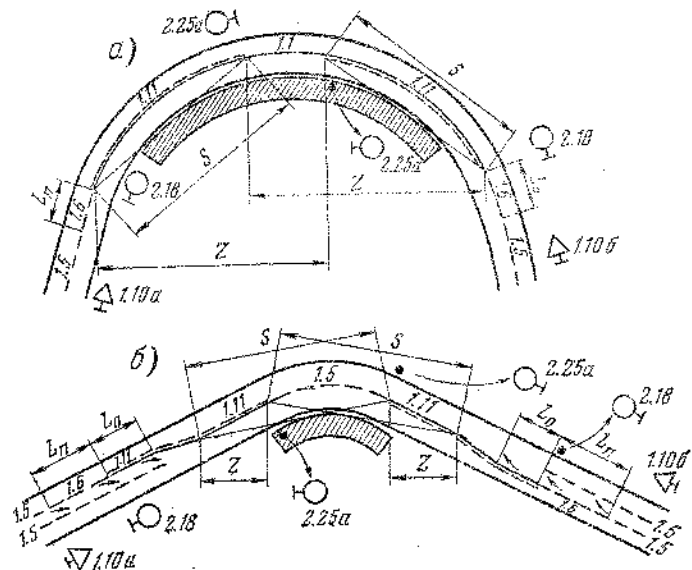


Рис. XVI.29. Установка знаков и разметка на кривых в плане с ограниченной видимостью

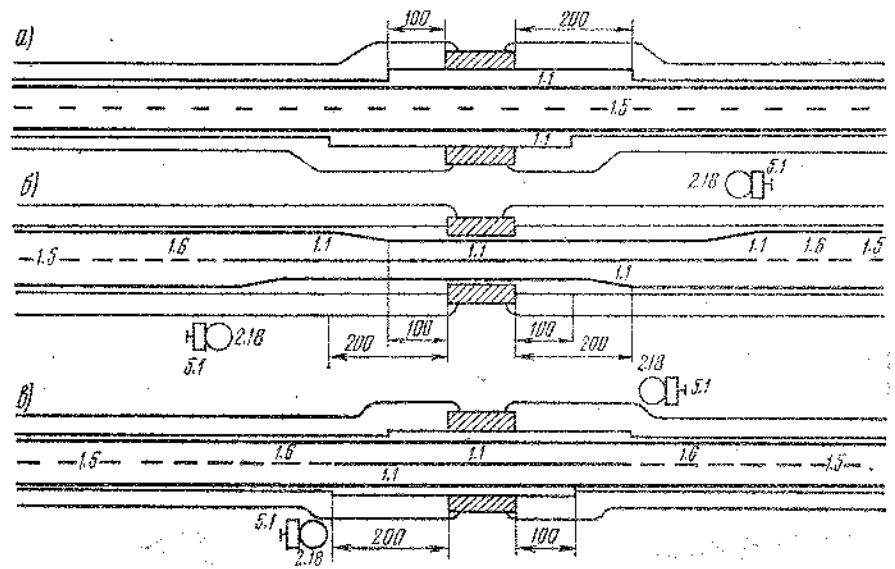


Рис. XVI.30. Установка знаков и разметка на мостах и путепроводах

устанавливают на ближайшем перекрестке с указанием направления объезда (табличка 5.5), или у места возможного разворота транспортных средств.

Знак 1.17 устанавливают на подходах к мостам и путепроводам, на которых ширина проезжей части меньше ширины проезжей части дороги на подходах к сооружению или равна ей (в последнем случае только при наличии бордюров высотой более 0,2 м). У сооружений с ограниченными габаритами ширины или высоты устанавливают знаки 2.13 или 2.14. Перед узкими мостами и путепроводами, по которым движение разрешено только в один ряд (при ширине проезжей части моста менее 6 м), устанавливают с одной стороны моста знак 4.7, а с другой — 2.24.

На двухполосных дорогах при ширине проезжей части моста более 10 м рекомендуется применять схему разметки, показанную на рис. XVI.30,а. При ширине проезжей части моста (путепровода) равной или меньшей 10 м рекомендуется запрещать обгон транспортным средствам и использовать схемы, показанные на рис. XVI.30,б (проезжая часть на подходах шире, чем на мосту) или на рис. XVI.30,в (проезжая часть на подходах уже, чем на мосту). На опасных участках мосты и путепроводы должны иметь вертикальную разметку.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автомобили:  
динамические характеристики 225—228  
технические характеристики грузовых 122  
легковых 122  
Автобусные остановки 506  
Автомобильная составляющая стоимости перевозок 18  
Автопоезд 233—236  
Автоприцеп 234  
Армирование цементобетонных плит Аэрофотосъемка 127—149  
Берма 362  
Болото 366—369  
Бурение:  
инструмент 119, 120  
на болтах 98  
на мостовых переходах 103  
производство работ 125  
станки 120  
Быстроток 476  
Вариант:  
сравнение 11, 25  
трассы 76  
Вертикальная кривая:  
вогнутая 259  
выпуклая 258  
разбивка 260, 264, 265  
таблицы 264  
условные обозначения 267  
Вероятность превышения наводки 442, 489  
Видимость:  
в продольном профиле 254  
встречного автомобиля 254  
дорога в ночное время 258 на кривых 256  
на пересечениях дорог 312  
Вираж:  
поверхности дороги 254  
схема отгона 241  
уклон 240, 241  
Влагонакопление в земляном полотне 348  
Водно-тепловой режим земляного полотна 347  
Водоотводные сооружения 440—444  
Возвышение бровки земляного полотна 358, 359  
Выемка:  
крутизна откосов 364  
поперечные профили 364  
Выработка 96  
Высотомер 129  
Габарит моста 260, 261  
Геодезические инструменты 113, 117—119  
Гидравлический расчет:  
малых мостов 474  
груб 467—473  
отверстий малых искусственных сооружений с учетом аккумуляции 468—473  
укрепления русел за сооружением 479—486  
допускаемые скорости 460—462  
Горная дорога 251, 237  
График занимаемых земель 191  
Грузонапряженность дороги 35  
Грузооборот дороги 35  
Грузоодежность автомобиля 235  
Грунтово-геологические обследования:  
задачи 95  
полевая грунтовая лаборатория 97  
при подробных технических изысканиях 97—104  
условные обозначения  
Грунтонос 96  
Грунты в земляном полотне 344  
Дальномерная посадка 119  
Данные для проектирования 164  
Движение автопоезда 233  
Динамическое преодоление подъемов 232  
Динамические характеристики:  
легковых автомобилей 227  
грузовых автомобилей 226  
Дирекционный угол 94  
Дорожная одежда жесткого типа  
допустимые прогибы 437  
цементобетонные покрытия 427

Дорожная одежда нежесткого типа:  
допускаемая относительная де-  
формация 409  
дренирующие слои основания 417  
конструирование 407  
минимальные толщины слоев 410  
модуль упругости грунта 419—420  
— — материала 420—421  
расчет 409  
слой 405  
тип 406  
требования 411  
требуемый модуль упругости 411  
указания по проектированию  
характеристики 419—420  
Дорожная составляющая стоимости  
перевозок 17  
Дорожно-климатический район (зо-  
на) 348  
Дорожно-строительные материалы  
104, 184  
Дорожно-экономические изыскания  
42  
Дорожно-эксплуатационные затра-  
ты 17  
Дренаж:  
конструкция 447  
расчет 486  
типы 447  
Единые районные единичные рас-  
ценки (ЕРЕР) 208  
Естественная влажность грунта  
352, 419  
Журнал полевой 116  
Задание на проектирование 161  
Законоположение о проектных ра-  
ботах 161  
Записка пояснительная 176  
Записка сводная 176  
Запас автомобиля 239  
Засоленные грунты 101  
Земляное полотно:  
водно-тепловой режим 347  
изолирующие прослойки 352  
возвышение бровки 358  
в орошаемых районах 77, 78  
в подвижных песках 78  
капиллярный прерыватель 353  
коэффициент устойчивости 386  
на болотах 366—369  
осенне-зимнее влагонакопление  
347, 348  
поперечные профили 360—366  
расположение грунтов 344  
резервы 365  
укрепление откосов каналов 364  
уплотнение грунтов 350  
Зона видимости на пересечениях 321  
Износ шин 440

Изыскания:  
грунтово-геологические 95  
инженерно-геологические 97  
категория трудности 97  
классификация экономических  
изысканий 29  
партия 112  
подробные технические 73  
стадии 73  
экономические 29  
Изыскательская партия:  
имущество 113  
состав 112  
Инструкция:  
по вопросам проектирования 167  
по вопросам строительства 171  
Инструменты геодезические:  
тахеометры 117  
нивелир 118  
теодолит 117  
Интенсивность движения 5, 65  
Календарный график организации  
строительства 196  
Канавы:  
боковые 441  
водоотводные 442  
гидравлический расчет 463  
нагорные 442  
скорости размывающие 460, 462,  
463  
укрепление откосов 464  
Карты 73  
Карьер 104  
Классификация дорог:  
административная 5  
техническая 5  
Координаты 73  
Коэффициент:  
устойчивости 386  
использования грузоподъемности  
64  
использования пробега 64  
линейного расширения цементобе-  
тона 431  
поперечной силы 238  
поперечного скольжения 240  
сопротивления воздуха 223  
сопротивления качению 223  
сцепления 229  
фильтрация грунтов 403  
фильтрация песков 403, 355  
эксплуатационных условий тор-  
можения 216  
Кривая:  
вертикальная 258  
горизонтальная 238  
радиусы 238, 258  
круговая 260  
клотоида 247, 296  
компрессионная 98

переходная 247  
назначение длины переходной 246  
разбивка 249  
таблицы 249  
расчет элементов 260  
Кромка проезжей части 218  
Крутизна откоса:  
выемки 360  
насыпи 360  
Лабораторные испытания грунтов 96,  
97, 98  
Ландшафтное проектирование 274  
Ливневый сток 448  
Линейный календарный график орга-  
низации строительства 196  
Масштаб:  
плана 81  
поперечного профиля 81  
продольного профиля 81  
Меридиан 73  
Метод сравнения вариантов 25  
Модуль упругости:  
грунта 419  
расчетный 411  
материала 420  
эквивалентный 413  
Мост:  
габарит 260, 261  
типовые проекты 166  
Мостовой переход 488  
Нивелирование:  
инструменты 118  
поверки 85  
Номенклатура карт 73  
Обгон автомобиля 255  
Оборудование для буровых работ  
119, 120  
— изыскательской партии 113  
Обоснование проектных решений 26  
— эффективности дорожного строи-  
тельства 11  
Обстановка дороги 506  
Оползень 99  
Определение стоимости работ:  
на изысканиях 168  
строительных 208  
Осадка насыпей:  
напряжения от сооружений 389  
общий случай расчета 391  
скорость осадки 395  
ускорение осадки вертикальными  
дренажами 397  
Отвод грунтовых (подземных вод)  
447  
Отвод поверхностных вод 441  
Откос земляного полотна 360  
Оформление проектной документа-  
ции 185  
Паспорт месторождения 193

Пассажирские перевозки 53  
Перепады 476, 477  
Пересечения автомобильных дорог  
302  
Пересечения железных дорог 321  
Пикетаж 83  
Плани мостового перехода 192  
Плотность грунта, стандартная 352  
— — трассы 187  
Проверки инструментов:  
нивелира 85  
теодолита 83  
Поперечный уклон:  
выража 241  
обочины 222, 440  
проезжей части 222  
Привязка трассы 93  
Проезжая часть 218  
Продольный профиль 190, 263  
Промерзание грунта 358  
Пропускная способность:  
дороги 216  
круглых труб 470  
прямоугольных труб 470  
Противоупучивающие мероприятия 354  
Рабочие чертежи 161  
Радионадальная спираль 247  
Радиус вертикальной кривой 258  
— горизонтальной кривой 238  
Разгон автомобиля 230  
Район изыскания 33  
— тяготения 33  
Расход воды:  
при ливневом стоке 449  
при стоке талых вод 452  
Расчет быстротока 476  
— дренажа 486  
— дорожного водоотвода 463  
— народнохозяйственной эффективно-  
сти дорожного строительства 11  
— осадки насыпей 389  
— отверстий малых искусственных  
сооружений с учетом аккумуляции  
469—472  
Расчет устойчивости:  
в сейсмических районах 388, 389  
земляного полотна 373  
насыпи 385  
откосов 373  
пойменных насыпей и впадин 378  
Резерв 365  
Сборное цементобетонное покрытие  
438  
Сдвиг в однородных грунтах 413  
Себестоимость перевозки 17  
Серпантинная 251  
Сила тяги автомобиля 224  
Скорость:  
допускаемая для искусственных со-  
оружений 463

осадки сооружений 393
расчетная для дорог 6
Служба эксплуатации 192, 193, 506
Сметная документация 204
Снижение уклонов на кривых малых радиусов 237
Согласования
Сопротивление движению 223
Состав изыскательской партии 112
— технического проекта 176
Стадии проектирования 161
Степень уплотнения грунтов 351
Стеротрассирование 149, 151
Строительные материалы 104
Теодолит 117
Тахеометрическая съемка 117
Технико-экономические обоснования 26
Технико-экономическое сравнение вариантов 11
Техническая классификация дорог 5
Технические правила строительства 169—170
Технический проект 161
Типовой проект 165
Тоннель 262
Тормозной путь 236
Транспортно-экономическая характеристика 34, 53
Транспортные связи 35
Транспортные средства 226, 227
Трасса 75
Триангуляция
Тяговый расчет 236
Угловые сближения меридианов 73
Ударное бурение 120
Уклон виража 240, 241
— обочины 222, 440
— отгона виража 240
— продольного профиля 236
— проезжей части 222
Уплотнение грунтов 350
Уравнение тягового баланса 222
Ускоренное движение автомобиля 230
Условные обозначения:
вертикальной кривой 267
грунтов 190
Устойчивость автомобиля 239
Устойчивость земляного полотна в сейсмических районах 388

Устойчивость насыпи:
против выпирания грунта 386
против расползания 385
Устойчивость откосов земляного полотна:
коэффициент 377
на сдвиг по фиксированной поверхности 378
принципы расчета 371
Утверждение ТЭО и просктов 163
Уширение проезжей части на кривых 242
Хозяйственный инвентарь изыскательской партии 113
Цементобетонные покрытия и основания:
длина плиты
расчет толщины плиты 432, 434
сборное покрытие
требования к бетону 427
Чертежные принадлежности 116
Шаблон для разбивки вертикальных кривых 264
Швы в цементобетонных покрытиях 426
Ширина земляного полотна 213
— обочины 213
— проезжей части 213
— разделительной полосы 214
Штат экспедиции 112
Шурфы 96
Экономические изыскания 29
Эксплуатационные показатели дорог 7
Эталон проектно-сметных материалов 185
Эффективность дорожного строительства 11
ЭЦВМ:
в проектировании продольного профиля 271
в расчетах трассы 323
— — пересечений 323
— мостовых переходов 492
программы 174, 175

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I	
Классификация и основные транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильных дорог	
§ 1.1. Классификация автомобильных дорог	5
§ 2. Основные технические нормы и транспортно-эксплуатационные характеристики	8
Глава II	
Определение экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог	
§ II.1. Методы определения экономической эффективности	10
§ II.2. Расчет сравнительной экономической эффективности при оценке вариантов проектных решений	11
§ II.3. Определение величины единовременных затрат	12
§ II.4. Определение величины текущих затрат	17
§ II.5. Расчет экономической эффективности капитальных вложений	25
Глава III	
Технико-экономическое обоснование дорожного строительства	
§ III.1. Задачи технико-экономического обоснования строительства автомобильных дорог	26
§ III.2. Порядок разработки технико-экономических обоснований	29
§ III.3. Порядок разработки и состав схем развития сети автомобильных дорог	32
§ III.4. Состав технико-экономических обоснований	37
§ III.5. Получение и обработка исходной информации для разработки ТЭО и обоснования проектных решений	42
§ III.6. Определение объема грузовых перевозок	46
§ III.7. Определение объема пассажирских перевозок	53
§ III.8. Особенности экономических обследований для ТЭО строительства отдельных дорожных сооружений	56
§ III.9. Получение информации о фактической интенсивности движения	59
§ III.10. Расчет исходных показателей для экономического проектирования	63
Глава IV	
Технические (наземные) изыскания автомобильных дорог	
§ IV.1. Трассирование автомобильных дорог	73
§ IV.2. Топографо-геодезические работы	81
§ IV.3. Привязка трассы автомобильной дороги к пунктам государственной триангуляции и полигонометрии	91

§ IV.4. Инженерно-геологическое обследование трасс автомобильных дорог	95
§ IV.5. Инженерно-геологическое обследование мест индивидуального проектирования автомобильных дорог	97
§ IV.6. Поиски и разведка строительных материалов	104
§ IV.7. Гидрологические обследования на изысканиях автомобильных дорог	110
§ IV.8. Состав изыскательской партии и табель ее имущества. Инструменты, механизмы и оборудование для производства изысканий автомобильных дорог	111
§ IV.9. Техника безопасности при изыскательских работах	122

## Глава V

### Аэроизыскания и стереотрассирование автомобильных дорог

§ V.1. Виды аэроизысканий	127
§ V.2. Воздушные обследования	128
§ V.3. Аэросъемка	129
§ V.4. Аэроснимки	133
§ V.5. Геометрическая и стереоскопическая модели местности	138
§ V.6. Определение превышений по аэроснимкам	139
§ V.7. Стереокмпараторы и стереометры	140
§ V.8. Фотосхемы и стереосхемы	142
§ V.9. Трансформирование аэроснимков, фотопланы	143
§ V.10. Дешифрирование аэроснимков	144
§ V.11. Плано-высотное обоснование аэросъемок, аналитическая фототриангуляция	146
§ V.12. Аэрофототопографические съемки	148
§ V.13. Виды трассирования. Аналитическое трассирование автомобильных дорог	149
§ V.14. Пространственное стереофотограмметрическое трассирование автомобильных дорог	151
§ V.15. Нивелирование трассы на фотограмметрических приборах	154
§ V.16. Комбинированное трассирование дорог	155
§ V.17. Ортогональный след трассы на поверхности стереомодели местности	157
§ V.18. Перенесение проекта трассы с материалов аэросъемки в натуру	158
§ V.19. Аэроизыскательские работы при реконструкции	161

## Глава VI

### Организация проектирования дорог

§ VI.1. Стадии проектирования	161
§ VI.2. Документы, типовые проекты, используемые при проектировании автомобильных дорог	164
§ VI.3. Применение ЭВМ в проектировании дорог	173
§ VI.4. Охрана окружающей среды	175
§ VI.5. Состав проекта	176
§ VI.6. Оформление проектной документации	185
§ VI.7. Согласование проектных решений	193

## Глава VII

### Подсчет объемов строительных работ и порядок составления смет

§ VII.1. Определение объемов основных строительных работ	204
§ VII.2. Основные сведения о сметной документации	208
§ VII.3. Составление смет на строительство в районах Крайнего Севера	209

## Глава VIII

### Геометрические элементы автомобильных дорог

§ VIII.1. Ширина проезжей части и земляного полотна	213
§ VIII.2. Пропускная способность дороги	216
§ VIII.3. Краевые укрепительные полосы и бордюры	218
§ VIII.4. Поперечные уклоны элементов дороги	220
§ VIII.5. Основы тяговых расчетов автомобилей	222
§ VIII.6. Ускоренное движение автомобилей	230
§ VIII.7. Инерционное преодоление подъемов	232
§ VIII.8. Движение автопоездов	233
§ VIII.9. Наибольшие продольные уклоны автомобильных дорог	236
§ VIII.10. Особенности движения автомобилей в горной местности	237
§ VIII.11. Радиусы кривых в плане	238
§ VIII.12. Выражи	240
§ VIII.13. Уширение проезжей части на кривых	242
§ VIII.14. Переходные кривые	245
§ VIII.15. Серпантин	251
§ VIII.16. Видимость дороги в плане и профиле	254
§ VIII.17. Обеспечение видимости в плане	256
§ VIII.18. Обеспечение видимости в продольном профиле	258
§ VIII.19. Мосты и трубы	261
§ VIII.20. Тоннели	262
§ VIII.21. Проектирование продольного профиля	263
§ VIII.22. Проектирование продольного профиля на ЭВМ	271
§ VIII.23. Определение средней скорости движения автомобиля	273

## Глава IX

### Ландшафтное проектирование

§ IX.1. Цели и задачи ландшафтного проектирования	274
§ IX.2. Согласование элементов трассы с ландшафтом	275
§ IX.3. Особенности проложения трассы в характерных ландшафтах	276
§ IX.4. Согласование земляного полотна с ландшафтом	281
§ IX.5. Принципы проектирования криволинейной трассы	283
§ IX.6. Правила обеспечения пространственной плавности трассы	285
§ IX.7. Использование перспективных изображений и моделей для контроля плавности трассы	293
§ IX.8. Расчет криволинейной трассы с использованием ЭВМ	296
§ IX.9. Построение перспективных изображений автомобильных дорог и сооружений на них с помощью ЭВМ	300

## Глава X

### Пересечения автомобильных дорог

§ X.1. Общие положения по проектированию пересечений автомобильных дорог	302
§ X.2. Проектирование пересечений автомобильных дорог в одном уровне	304
§ X.3. Проектирование пересечений автомобильных дорог в разных уровнях	306
§ X.4. Пропускная способность пересечений в разных уровнях	313
§ X.5. Техничко-экономическое обоснование строительства пересечений автомобильных дорог в разных уровнях	314
§ X.6. Переходно-скоростные полосы проезжей части	315
§ X.7. Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами	319
§ X.8. Применение ЭВМ при проектировании транспортных развязок в разных уровнях	323

## Глава XI

### Оценка безопасности движения при проектировании дорог и их реконструкции

§ XI. 1. Влияние дорожных условий на безопасность движения	334
§ XI. 2. Методика оценки относительной опасности дорожных происшествий и выявления опасных мест	335
§ XI. 3. Оценка обеспеченности безопасности движения на пересечениях в одном и разных уровнях	341

## Глава XII

### Земляное полотно

§ XII. 1. Требования к земляному полотну автомобильных дорог. Выбор и расположение грунтов в земляном полотне	344
§ XII. 2. Водно-тепловой режим местности и проектирование водного режима земляного полотна	347
§ XII. 3. Противовучинные мероприятия	354
§ XII. 4. Возвышение бровки земляного полотна	358
§ XII. 5. Поперечные профили земляного полотна	360
§ XII. 6. Земляное полотно на болотах	366
§ XII. 7. Земляное полотно в области вечной мерзлоты	369
§ XII. 8. Принципы расчета устойчивости земляного полотна	371
§ XII. 9. Расчет устойчивости грунтовых откосов	373
§ XII. 10. Расчет устойчивости подпорных стенок	381
§ XII. 11. Устойчивость насыпей	385
§ XII. 12. Особенности расчета устойчивости земляного полотна в сейсмических районах	388
§ XII. 13. Расчет осадок насыпей и искусственных сооружений	389
§ XII. 14. Характеристики прочности грунтов при расчете устойчивости земляного полотна	399

## Глава XIII

### Дорожные одежды

§ XIII. 1. Общая характеристика дорожных одежд и их классификация	404
§ XIII. 2. Принципы проектирования жестких дорожных одежд	407
§ XIII. 3. Расчет жестких дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу (модулю упругости)	409
§ XIII. 4. Расчет дорожных одежд по сдвигу в подстилающем грунте и слабосвязных материалах конструктивных слоев	413
§ XIII. 5. Расчет конструктивных слоев из монолитных материалов на растяжение при изгибе	415
§ XIII. 6. Осушение и обеспечение морозоустойчивости дорожной одежды	417
§ XIII. 7. Расчетные характеристики грунтов и материалов	418
§ XIII. 8. Проектирование усиления одежд на существующих дорогах	423
§ XIII. 9. Конструктивные особенности жестких дорожных одежд	425
§ XIII. 10. Расчет монолитных жестких покрытий и оснований	428
§ XIII. 11. Расчет сборных дорожных покрытий	438

## Глава XIV

### Дорожный водоотвод

§ XIV. 1. Система поверхностного и подземного водоотвода	439
§ XIV. 2. Определение объемов и расходов поверхностных вод на малых водосборах	448
§ XIV. 3. Нормы допускаемых скоростей течения воды	459
§ XIV. 4. Гидравлический расчет дорожных канав	463
§ XIV. 5. Гидравлический расчет отверстий малых мостов и вэуб	466

§ XIV. 6. Косогорные сооружения поверхностного водоотвода	475
§ XIV. 7. Укрепления русел за сооружениями	479
§ XIV. 8. Расчет дренажа	486

## Глава XV

### Проектирование мостовых переходов

§ XV. 1. Основные сведения о проектировании переходов через большие водотоки	488
§ XV. 2. Методика гидрологических расчетов	489
§ XV. 3. Руслевые расчеты	490
§ XV. 4. Расчет подпора	497
§ XV. 5. пойменные насыпи	498
§ XV. 6. Регуляционные сооружения мостовых переходов	500
§ XV. 7. Изыскания мостовых переходов	504

## Глава XVI

### Инженерное оборудование дорог

§ XVI. 1. Автобусные остановки и площадки для стоянок автомобилей	506
§ XVI. 2. Дорожные знаки	508
§ XVI. 3. Дорожная разметка	515
§ XVI. 4. Направляющие устройства	521
§ XVI. 5. Ограждения автомобильных дорог	523
§ XVI. 6. Освещение автомобильных дорог	532
§ XVI. 7. Составление схемы оборудования дороги	537
§ XVI. 8. Особенности установки знаков и нанесения разметки на характерных участках дорог	539
Предметный указатель	551



*Олег Владимирович Андреев*  
*Валерий Федорович Бабков*  
*Александр Константинович Бирули*  
*Евгений Николаевич Гарманов*  
*Татьяна Николаевна Глаголева*  
*Михаил Александрович Григорьев*  
*Владимир Петрович Залуга*  
*Константин Алексеевич Казанский*  
*Степан Васильевич Коновалов*  
*Евгений Владимирович Крутецкий*  
*Юрий Степанович Крылов*  
*Мстислав Леонидович Соколов*  
*Владимир Афанасьевич Федотов*  
*Валентин Иванович Федоров*  
*Героним Исерович Шейнис*  
*Юрий Михайлович Яковлев*  
*Марк Семёнович Коганзон*

## **СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА-ДОРОЖНИКА**

**Изыскания и проектирование  
автомобильных дорог**

Предметный указатель составил **О. В. Андреев**

Редактор *Л. П. Топольницкая*  
Обложка художника *Н. М. Морозова*  
Технический редактор *Р. А. Иванова*  
Корректоры *С. М. Лобова, Л. А. Сашенкова*  
ИБ № 804

---

Сдано в набор 25.04 1977 г. Подписано к печати 27.10. 1977 г.  
Формат 60×90/16. Бумага тип. № 2. Печ. л. 35+0,25 вкл. Уч.-изд. л. 51,29.  
Тираж 37000. Г-15699. Изд. № 1-2-1/15 № 7925. Зак. тип. 2719. Цена 3 р. 90 к.  
Изд-во «ТРАНСПОРТ». Москва, Басманный туп., 6а

---

Гор. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201. Тип. изд-ва «Волжская коммуна».