

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**

ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

Вязова Е.В., Еремеева С.С.

Основы проектирования автомобильных дорог

Методические указания к курсовому проектированию
по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги»
всех форм обучения

Чебоксары, 2016

УДК 625.7.
ББК 39.311
В-991

Вязова Е.В., Еремеева С.С. Основы проектирования автомобильных дорог. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги» всех форм обучения / Е.В.Вязова, С.С. Еремеева, Чебоксары: ВФ МАДИ, 2016. – 119 с.

Печатается по решению учено-методического совета ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), протокол № ____ от 2016.

Рецензенты:

В методическом указании изложен методический материал по основам проектирования автомобильных дорог на тему «Проект автомобильной дороги в ... области».

Методическое указание содержит исходные данные, последовательность проектирования элементов автомобильной дороги, земляного полотна, оформление чертежей и пояснительной записки. Приведены справочные таблицы, образцы графической части, нормативные данные.

Методическое указание предназначено облегчить выполнение расчетов, проводимых во время курсового проектирования и обеспечить студентов необходимыми нормативными данными, графиками, таблицами для принятия правильных и обоснованных решений.

Указание составлено для выполнения курсового проектирования для студентов направления подготовки 08.03.01. «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги».

Вязова Е.В., Еремеева С.С., 2016г.
©ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ) Волжский филиал, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ:

	Стр
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1.1. Требования к структуре курсового проекта	5
1.2. Организация выполнения курсового проекта	6
1.3. Рекомендации по оформлению курсового проекта	6
1.4. Требования к содержанию пояснительной записки	6
1.4.1. Экономическая характеристика района строительства	6
1.4.2. Климатическая характеристика района строительства	7
ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ	7
2.1. План трассы	7
2.1.1. Описание и обоснование трассы	7
2.1.2. Определение элементов и главных точек круговой кривой	10
2.1.3. Определение прямых вставок	11
2.1.4. Определение направления трассы	12
2.1.5. Оформление плана трассы	13
ГЛАВА 3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ	15-30
3.1. Вычерчивание продольного профиля	15
3.2. Нанесение грунтового профиля	15
3.3. Исходные данные для нанесения проектной линии	16
3.4. Определение величины рекомендуемой рабочей отметки	17
3.5. Проектная линия в разных условиях рельефа	19
3.6. Проектная линия на пересечении водотоков	22
3.7. Проектирование вертикальных кривых	24
3.8. Оформление продольного профиля	30
ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	32-48
4.1. Технические требования к земляному полотну	32
4.2. Земляное полотно	33
4.3. Подсчет объемов земляных работ	43
4.4. Составление ведомости попикетного подсчета объемов земляных работ	46
4.5. Поправка на уплотнение грунтов в насыпях	46
ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ	49-78
5.1. Установление исходных данных	49
5.2. Определение максимального расхода ливневого стока	51
5.3. Определение максимального расхода талых вод	53
5.4. Расчет отверстия трубы при аккумуляции воды перед сооружением	55
5.5. Определение режима работы труб	64
5.6. Расчёт скорости протекания воды в трубе. Определение скорости на выходе из трубы	66
5.7. Выбор отверстия трубы	66
5.8. Расчёт минимальной высоты насыпи у трубы	66
5.9. Проектирование укрепления за трубой. Длина плоского укрепления за трубой	68

5.10.	Определение длины трубы	72
5.11.	Назначение укрепления у трубы	72
5.12.	Пример расчета дорожной водопропускной трубы	73
ГЛАВА 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ МОСТОВ		81
6.1	Определение глубины воды перед мостом	81
6.2.	Определение отверстия моста	82
6.3	Определение минимальной высоты моста	83
6.4	Определение длины моста	83
6.5.	Укрепление у моста	84
6.6.	Пример проектирования малого моста	84
ГЛАВА 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ		85
7.1.	Расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу	85
7.1.1.	Исходные данные	86
7.1.2.	Определение расчётной интенсивности и требуемого модуля упругости	86
7.1.3.	Назначение дорожной одежды	87
7.1.4.	Минимальная толщина покрытия и других конструктивных слоёв дорожной одежды	87
7.1.5.	Определение модуля упругости грунта активной зоны земляного полотна Егр.	88
7.2.	Расчет дорожной одежды	93
7.3.	Сравнение вариантов дорожной одежды	94
ГЛАВА 8. ОБУСТРОЙСТВО ДОРОГИ		97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ		104
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Титульный лист		106
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Задание на курсовой проект № 1		107
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Образец углового штампа на листах пояснительной записки ВКР		108
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Образец углового штампа на титульных листах глав пояснительной записки		109
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Образец углового штампа на листах графической части		110
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Дорожно-климатическое районирование		111
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Элементы круговых кривых при $R = 1000$ м		112
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Пример оформления плана трассы		113
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Сетка продольного профиля		114
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Фрагмент продольного профиля автодороги		115

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методические указания по выполнению курсового проекта включают в себя общие требования по оформлению пояснительной записки и чертежей проекта с необходимыми пояснениями, примерами и рекомендациями.

Курсовой проект работа должна быть творческим трудом каждого студента; приведенные в указанных методических указаниях последовательность, объем и методика выполнения расчетов носят рекомендательный характер и не преследуют целей сковывания творческого подхода и инициативы, за исключением той части проекта, содержание и исполнение которой определены действующими нормами, СНиПами, ГОСТами.

В методических указаниях изложена структура, основные этапы и последовательность разработки выпускной квалификационной работы. Указания могут быть использованы студентами и преподавателями в работе над дипломным проектом.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе выполнения курсового проекта должен:

иметь практический опыт

- геологических и геодезических изысканий;
- выполнять разбивочные работы.

уметь:

- выполнять работу по проложению трассы на местности и восстановлению трассы в соответствии с проектной документацией;
- вести и оформлять документацию изыскательской партии;
- проектировать план трассы продольные и поперечные профили дороги;
- производить технико-экономические сравнения;
- пользоваться современными средствами вычислительной техники;
- пользоваться персональными компьютерами и программами к ним по проектированию автомобильных дорог и аэродромов;
- оформлять проектную документацию.

знать:

- изыскания автомобильных дорог и аэродромов включая геодезические и геологические изыскания;
- определение экономической эффективности проектных решений;
- оценку влияния, разрабатываемых проектных решений на окружающую среду.

1.1. Требования к структуре курсового проекта

По структуре курсовой проект состоит из:

- введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируется цель работы, указываются используемые прикладные программы;
- расчетно – пояснительной записки, в которой приводятся все необходимые проектные решения, соответствующие расчеты, ведомости, схемы и пояснения;
- списка используемых информационных источников;
- приложения в виде компактного диска, в котором приводятся чертежи по разработанным проектным решениям.

1.2. Организация выполнения курсового проекта

Общее руководство и контроль хода выполнения курсового проекта осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

По завершении студентом курсового проекта руководитель проверяет, подписывает его и вместе с письменным отзывом отдает студенту для ознакомления. После исправления замечаний студент допускается к защите курсового проекта.

Курсовой проект оценивается по пятибалльной системе.

1.3. Рекомендации по оформлению курсового проекта

Курсовой проект разрабатывается студентом самостоятельно в соответствии с указанной руководителем темой.

Курсовой проект должен содержать:

- титульный лист (Приложение 1);
- задание;
- содержание;
- расчетно - пояснительную записку, состав которой приведен в задании на курсовой проект (Приложение 2).
- перечень использованных при проектировании информационных источников;

Титульный лист должен содержать:

- наименование образовательного учреждения;
- наименование специальности;
- наименование учебной дисциплины;
- тему проекта;
- учебную группу, фамилию и инициалы студента;
- фамилию и инициалы руководителя проекта;
- год разработки проекта.

Титульный лист не нумеруется.

Расчетно – пояснительная записка должна быть отпечатана с одной стороны листа А4 (210 x 297мм) с полями: левое 20мм, правое – 5мм, верхнее – 5мм, нижнее – 5мм. Размер шрифта - 14, пробел между строками - 1,0 интервал.

Заголовки и подзаголовки, как и весь текст, набираются только строчными буквами.

Текст расчетно–пояснительной записки должен быть выровнен по ширине листа, заголовки – по центру, жирным шрифтом. Пример оформления рамки и расчетно-пояснительной записки представлен (Приложение 3,4).

1.4. Требования к содержанию пояснительной записки

1.4.1. Экономическая характеристика района строительства

Экономическая характеристика района строительства включает в себя:

- краткую характеристику развития района проведения дорожно-строительных работ;
- развитие транспорта и дорожной сети на рассматриваемой территории;
- установление категории дороги (на вновь проектируемых дорогах).

Указанные сведения при реальном проектировании собираются в процессе проведения изысканий дороги, а при выполнении учебных проектов принимаются по энциклопедиям.

1.4.2. Климатическая характеристика района строительства

Природно-климатические условия содержат описание:

- климата;

- рельефа;
- растительности и почв;
- инженерно-геологических условий;
- гидрологии;
- гидрогеологии.

Приветствуется разработка проектных решений на основании действующих норм с применением различных программных комплексов.

В данном разделе проекта приводятся нормативные показатели проектируемой автомобильной дороги, указываются основные характеристики трассы в плане, продольном и поперечных профилях.

ГЛАВА 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ

2.1. План трассы

Проектирование плана трассы автомобильной дороги включает в себя:

- выбор направления вариантов трассы дороги по топографической карте или плану;
- учет принципов ландшафтного проектирования, клотоидного трассирования и охраны окружающей среды;
- назначение радиусов кривых в плане;
- обеспечение безопасности движения на кривых в плане;
- описание вариантов трассы;
- сравнение вариантов трассы;
- оформление чертежа плана трассы (Приложение 8).

При выборе положения трассы дороги необходимо учитывать топографические, инженерно-геологические, климатические и социально-экономические условия местности. Участок проектируемой автомобильной дороги прокладывается по топографической карте в М 1:10000, сечение рельефа 2,5м.

Выбор положения трассы дороги является одним из ответственных этапов проектирования, т.к. влияет на протяжённость, стоимость строительства, удобства и безопасности движения, окружающую среду.

При выборе положения трассы нами учитывались топографические, инженерно-геологические, социально-экономические условия местности, назначения дороги и местные строительные материалы.

Кратчайшим расстоянием между корреспондирующими пунктами является прямая линия, которая называется *воздушной*. На первом этапе проектирования рассматриваем её возможное использование в случае отклонения данного решения, трассу следует располагать как можно ближе к воздушной линии, огибая крупные формы рельефа, населённые пункты и ценные сельскохозяйственные угодий и земли.

Имеющиеся водотоки и неблагоприятные формы рельефа (овраги, лощины и т.д.) следует пересекать в наиболее узких местах, где не потребуются значительные затраты и обеспечат надёжность работы дороги.

Большие водотоки, существующие инженерные сооружения (дороги) пересекают под углом 90° и близких к нему градусов.

Начальные и конечные пункты трассы соединяют воздушной линией. Производят разбивку пикетажа с учётом масштаба карты.

2.1.1. Описание и обоснование трассы

Разбивку пикетажа начинаем с начала трассы (т. А) до вершины угла поворота (ВУ). После определения пикетажного положения вершины угла, учитывая категорию дороги, условия местности, принимаем радиус круговой кривой. Положение пикета на карте

выделяется линией длиной 4 мм. Остаток до вершины угла поворота определяем с помощью линейки масштаба плана.

Например:

Направление трассы на местности выбираем на основании данных; технических изысканий и топографической карты масштаба 1:10000, сечением горизонталей $h = 2,5$ м.

Выбор направления дороги определяется ее категорией (III категория), рельефом местности, наличием контурных препятствий, гидрологическими условиями.

Трасса должна соединить т. А и т.В в Волгоградской области.

При этом выполняем условия – кратчайшего расстояния, наименьшего числа углов поворота, пересечений с существующими коммуникациями.

Так как почвенные и гидрологические условия на карте учесть нельзя, то трассу проектируем в зависимости от условий рельефа и контурных препятствий.

Изучение топографической карты показало, что трасса проектируется в пересеченной местности и может прокладываться небольшими по протяженности прямолинейными участками, изломы трассы вызваны обходом препятствий (контурных и рельефных). Были изучены рельефные и ситуационные особенности, пересекаемые воздушной линией (воздушная линия – это соединение начального и конечного пункта дорогой по прямой).

На карте проводим воздушную линию, длина которой 1100 м. Опорными пунктами проектируемой автодороги являются:

- в начале трассы – точка А;*
- в конце трассы – точка В*

Данная воздушная линия проходит через участок лесного массива, который необходимо обойти. Пересечений с железными дорогами и дорогами с твердым покрытием не имеет. Озер и водоемов, а также оврагов и карьеров на пути трассы так же не имеется. Согласно СНиП 2.05.02-85 рекомендуемый радиус круговой кривой равен $R > 2000$ и более метров, который желательнее назначать на дорогах всех категорий для круговых кривых (кривых в плане).

Если рекомендуемый радиус невозможно принять, определяют его значение путём подбора (с постепенным понижением длины), но не менее минимального радиуса круговой кривой для III технической категории $R \geq 600$, согласно СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги».*

Отношение фактической длины трассы к длине между заданными пунктами по прямой (воздушной) линии является коэффициентом удлинения трассы, который определяем по формуле (1):

$$K = L/L_{\text{возд}} \quad (1)$$

Где K – коэффициент удлинения трассы; L – длина трассы; $L_{\text{возд}}$ – длина воздушной линии

Например:

$$K = 1450\text{м}/1100\text{м} = 1,32$$

Обходя препятствие, трассу откладываем из двух прямых участков. Изменение направления трассы характеризуется углом поворота, который образуется продолжением направления трассы и ее новым направлением (рис.1).

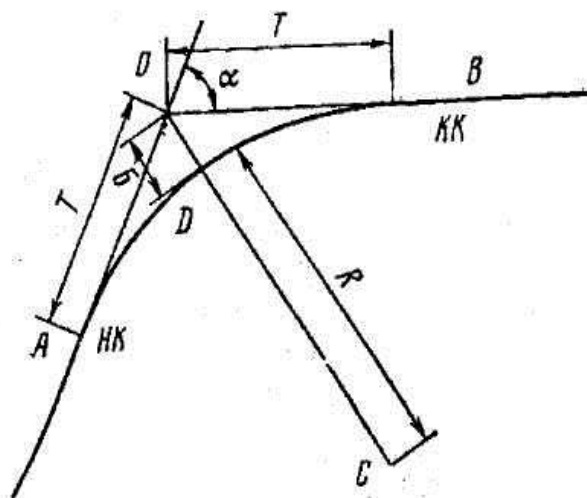


Рис. 1. Элементы круговой кривой

- Угол поворота трассы характеризуется:
- α° - углом поворота в дугах (измеряется анспортиром);
 - R - радиусом вписанной в поворот кривой;
 - К - длиной кривой;
 - Т - тангенсом, расстояниями концов кривой до вершины угла поворота;
 - Б - биссектрисой - расстоянием от вершины угла до середины кривой;
 - Д - домером - разницей в длине трассы по прямым, проходящим через вершину угла и по кривой

Намечаая по карте положение вершин углов поворота, необходимо, в первую очередь, проверить возможность вписывания рекомендуемых радиусов, т. е. более 2000 м. Для этой цели предварительно, определяют при помощи транспортира величины углов поворота. Затем по (прил.7) определяют элементы круговых кривых: тангенс, кривую, домер и биссектрису. Как указано выше, таблица (прил.7) составлена для радиуса $R=1000$ м. При иной величине радиуса данные в таблице умножают на коэффициент, равный делению принятого радиуса на 1000.

Например:

для радиуса 3000 м данные таблицы умножают на $3000/1000 = 3$,

при радиусе 500 м — на величину $500/1000 = 0,5$.

При обходе препятствия критерием для назначения радиуса является возможное расстояние от вершины угла поворота до оси будущей дороги, т. е. биссектриса.

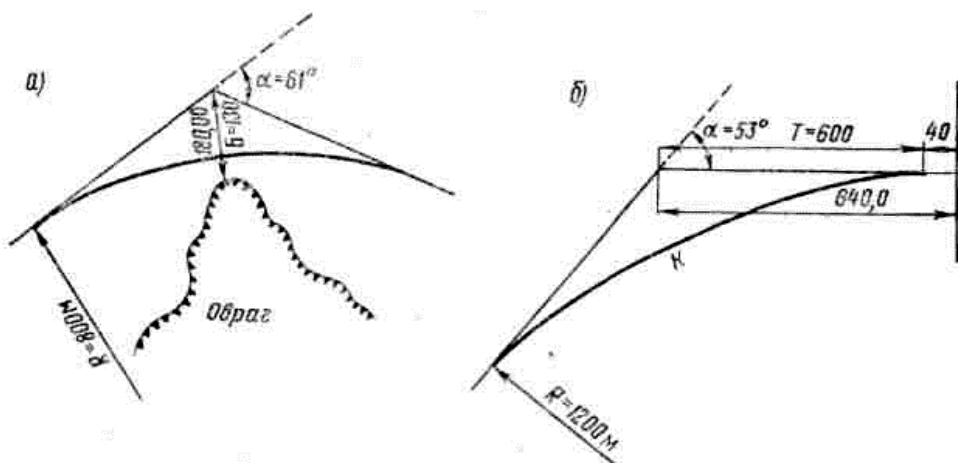


Рис. 2. Схемы определения величины радиуса при известных:
а — биссектрисе Б; б — тангенсе Т.

Например:

Зачастую при трассировании для пересечения водотока или железной дороги под прямым углом критерием для назначения радиуса круговой кривой является возможная величина тангенса.

Например:

Для пересечения по нормали железной дороги в одном уровне вершина угла поворота с $\alpha=53^\circ$ намечена на расстоянии 640 м (рис. 2).

Задавшись целью, чтобы конец кривой был удален от железнодорожного полотна не менее чем на 40 м, возможная величина тангенса кривой $T = 640 - 40 = 600$ м.

По таблице (Приложение 7) находим, что при $R=1000$ м и угле поворота $\alpha=53^\circ$ тангенс равен 498,58 м. Отсюда на данной кривой можно применить радиус

$$R = 600,00/498,58 \times 1000 = 1200 \text{ м}$$

Естественно, что принятый радиус кривой должен быть возможно большим, но в исключительных случаях при соответствующем обосновании не менее минимально допустимого для категории проектируемой дороги.

2.1.2 Определение элементов и главных точек круговой кривой

Согласно углу поворота (α°), определенной категории дороги и принятого радиуса круговой кривой по «Таблицам для разбивки круговых кривых на автомобильных дорогах» [9] определяем выше перечисленные элементы круговой кривой: Т, К, Б, Д (рис.3).

На измеренном угле поворота, в точке перелома трассы проектируем закругление - круговую кривую, производим расчет начала (НК), середины (СК) и конца кривой (КК).

От точки А до вершины угла (ВУ) - точки перелома выполняем разбивку пикетажа. Пикет (ПК) равен 100 метрам.

На карте с масштабом 1:10000 пикет равен 1 см, таким образом, определяем положение вершины угла (ПК+...).

От вершины угла в сторону точки А откладываем величину тангенса (Т) в масштабе и получаем точку начала круговой кривой (НК). Тангенс отложенный от вершины угла в сторону точки Б определяет точку конца круговой кривой (КК) и ее пикетное положение.

Домер (Д) определяется по формуле (2):

$$Д = 2Т - К \quad (2)$$

Далее внутренний угол делим пополам и от вершины угла откладываем величину Б (биссектрису), получаем точку середины круговой кривой (СК). Через полученные три точки НК, СК и КК по лекалу проводим круговую кривую, плавно смягчающую перелом трассы. После этого выполняем разбивку трассы на пикеты по кривой до точки Б (конца трассы). Таким образом, определяем пикетажное положение конца трассы (КТ ПК+...).

Все данные заносим в ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых (прил. 6).

Все построения на карте выполняются красной тушью тонкими линиями. Сама линия трассы выполняется красной тушью толщиной 1 мм.

Например:

Приняв радиус круговой кривой, пользуемся таблицей Митина [20] рассчитывают элементы круговой кривой (Т, К, Б, Д). Угол поворота измеряется транспортиром. После определения элементов круговой кривой от вершины угла поворота по новому направлению откладывают недостающие до целого пикета метры. Далее продолжают разбивку пикетажа, согласно масштабу плана до конца трассы.

Угол поворота трассы характеризуется:

α° - углом поворота в градусах;

R – радиусом вписанной в поворот кривой, м;
 K – длина кривой, м;
 T – тангенсом, расстояниями от концов кривой до вершины угла поворота, м;
 B – биссектрисой – расстояние от вершины угла до середины кривой, м;
 D – домером – разниця в длине трассы по прямым, проходящим через вершину угла и по кривой.

Угол поворота $\alpha_{лев} = 80^\circ$, $R = 700$ м, $ВУ_1$ ПК 7+60.

$T = 839,100 \times 0,7 = 587,37$ м,

$K = 1396,263 \times 0,7 = 977,384$ м,

$D = 281,937 \times 0,7 = 197,356$ м,

$B = 305,407 \times 0,7 = 213,785$ м.

Проверка: $D = 2T - K = 2 \times 587,37 - 977,384 = 197,356$ м.

-ВУ (ПК 7 +60)	760,00
<u>Т</u>	<u>587,37</u>
НК (ПК 1 +72,63)	172,63
+К	977,38
КК (ПК 11+50,01)	1150,01

Далее внутренний угол делим пополам и от вершины откладываем величину B , получаем точку середины круговой кривой (СК). Через полученные точки НК, СК и КК по лекалу проводим круговую кривую, плавно смягчающую переломы трассы.

2.1.3. Определение прямых вставок

Для составления ведомости углов поворота трассы линейного сооружения, определяем по формулам (3-7) данные о прямых участках и расстояния между вершинами углов поворота (рис.3), которые необходимо внести в соответствующие колонки (табл.9):

$$P_1 = НЗ-НТ \quad (3)$$

$$P_2 = КТ-КЗ \quad (4)$$

$$S_1 = ВУ_1-НТ \quad (5)$$

$$S_2 = КТ-ВУ_1+Д \quad (6)$$

$$L_{тр} = КТ-НТ \quad (7)$$

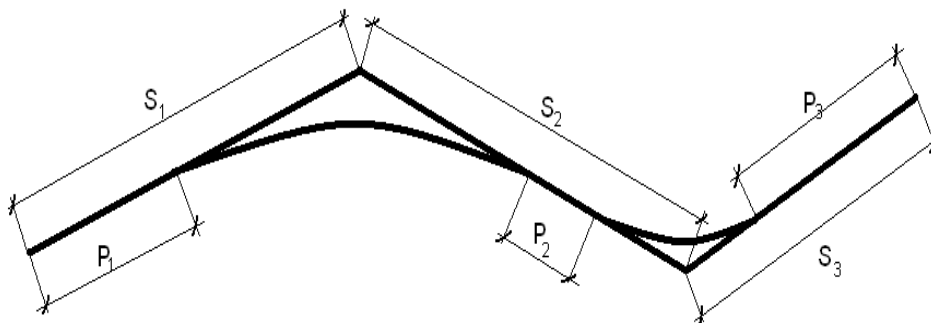


Рис 3. Схема определения прямых вставок и расстояний между вершинами

Например:

$$P_1 = HЗ - HT = P_1 = (ПК1 + 72,63) - (ПК + 00) = 172,63 м$$

$$P_2 = КТ - КЗ = P_2 = (ПК14 + 50) - (ПК 1 + 50,01) = 299,99 м$$

$$S_1 = ВУ_1 - HT = (ПК7 + 60) - ПК0 + 00 = 760,00 м$$

$$S_2 = КТ - ВУ_3 + Д = (ПК14 + 50 - ПК7 + 60) + 197,36 = 887,36 м$$

$$\Sigma K = 977,38 м$$

$$\Sigma P = 472,62 м$$

$$\Sigma S = 1647,36 м$$

$$\Sigma Д = 197,36 м$$

$$L_{тр} = КТ - HT = ПК 1450 - ПК0 + 00 = 1450 м$$

$$\text{Контроль: } \Sigma K + \Sigma P = \Sigma S - \Sigma Д = L_{тр},$$

Где $L_{тр}$ – длина трассы.

$$977,38 + 472,62 = 1647,36 - 197,36$$

$$1450 м = 1450 м$$

2.1.4. Определение направления трассы

Румб начальной прямой определяем по карте, считая вертикальный край карты направлением магнитной стрелки (север – юг); при пользовании вертикальными линиями координатной сетки следует учесть склонение, указанное на карте. Определив начальный румб, румбы последующих прямых вычисляем по направлению и величине углов поворота.

Направление трассы определяется румбом – острым углом от ближайшего направления меридиана до направления линии; он обозначается буквой – г.

Пределы изменения румба от 0° до 90° .

Для однозначного определения направления по значению румба он сопровождается названием четверти:

1 четверть - СВ (северо-восток),

2 четверть - ЮВ (юго-восток),

3 четверть - ЮЗ (юго-запад),

4 четверть - СЗ (северо-запад).

Румб начальной прямой определяем по карте, считая вертикальный край карты (в нашем случае) направлением магнитной стрелки "север - юг" (рис.6).

Измеряем транспортиром угол между ближайшим концом линией, проведенной параллельно указанному направлению (север - юг) и направлением первого прямого участка трассы.

Контроль вычисления дирекционных углов производим по формуле (8):

$$\sum \beta_{пр} - \sum \beta_{лев} = \alpha_n - \alpha_1, \quad (8)$$

где $\sum \beta_{пр}$ – сумма правых углов поворота трассы, $\sum \beta_{лев}$ – сумма левых углов поворота трассы, α_n и α_1 – соответственно дирекционные углы начального и конечного направления трассы.

Все данные заносим в ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых (табл. 1).

Пример 1. Румбы начальной прямой каждого варианта трассы определяем по карте (рис. 4, 5), считая вертикальный край карты направлением магнитного меридиана.

$$\dot{A}_i = \alpha_i = 197^\circ 00' \text{ ЮЗ:}$$

$$r_{\text{ЮЗ}} = \alpha_n - 180^\circ = 197^\circ - 180^\circ = 17^\circ,$$

$$A_1 = \alpha_n - \beta_{\text{лев}} = 197^\circ - 80^\circ = 117^\circ$$

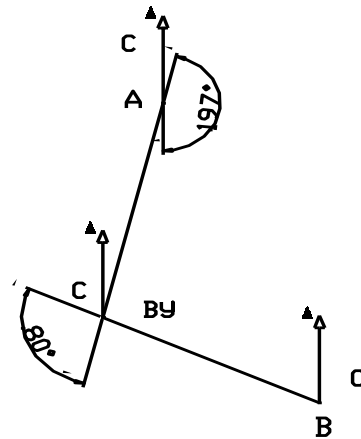
$$\text{ЮЗ: } r = 180^\circ - 117^\circ = 63^\circ.$$

$$\sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{лев}} = \alpha_n - \alpha_1,$$

$$0 - 80^\circ = 197^\circ - 117^\circ,$$

$$80^\circ = 80^\circ$$

Рис. 4. Схема направления трассы



Пример 2. Начальный румб прямой основного хода ЮВ: 86° (рис. 5), первый угол поворота – вправо 56° , таким образом, румб участка трассы между углами поворота №1 и 2 будет ЮВ: $(86^\circ - 56^\circ)$, т.е. 30° . При начальном румбе трассы варианта (рис. 37,б) ЮЗ: 10° и угле поворота влево 89° , румб участка трассы между углами поворота №1 и 2 будет ЮВ: $(89^\circ - 10^\circ)$, т.е. ЮВ: 79° .

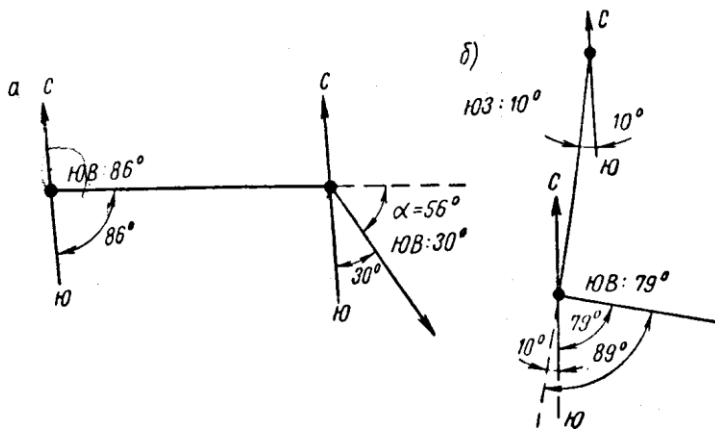


Рис. 5. Схема к определению румбов направления трассы:
а – одноименные румбы;
б – разноименные румбы.

Сумма всех левых углов поворота минус сумма всех правых углов поворота равна разнице начального и конечного азимутов, т.е.

$$\sum \alpha_{\text{лев.}} - \sum \alpha_{\text{пр}} = A_{\text{нач}} - A_{\text{кон}}$$

В нашем примере $\sum \alpha_{\text{лев}} = 0$ и $\sum \alpha_{\text{пр}} = 98^\circ$;

румб начальный ЮВ: 86° или азимут $180^\circ - 86^\circ = 94^\circ$;

румб конечный ЮЗ 12° или азимут $180^\circ + 12^\circ = 192^\circ$ и $0^\circ - 98^\circ = 94^\circ - 192^\circ$

2.1.5. Оформление плана трассы

Расположение трассы на листах плана принимают таким расчетом, чтобы верх листа по возможности, был обращен на север, а при меридианальном направлении трассы (с юга на север) – на запад. Масштаб плана принимают: для равнинной и пересеченной местности 1:10000, для горной 1:5000.

Таблица 1

Ведомость угла поворота, прямых и круговых кривых

Углы		Вершина угла		Элементы круговой кривой, м					Главные точки кривой				Прямые		Азимуты, А	Румбы, град		
Положение верш. угла																		
ПК	+	право	лево	R	Т	К	Б	Д	НКК		ККК		S, м	Пр, м				
									ПК	+	ПК	+						
0	00	<i>Начало трассы</i>																
7	60	80°	--	700	587,37	977,384	213,785	197,356	1	73	13	50	760		197	17		
14	50	<i>Конец трассы</i>													690		117	63

$$\sum P_n + \sum K_n = 977,38 + 472,62 = 1450 \text{ м}$$

$$D = 2T - K = 2 \times 587,37 - 977,384 = 197,356 \text{ м}$$

$$\sum S_n - \sum D_n = 1647,36 - 197,36 = 1450 \text{ м}$$

$$L = PKKT - PKHT = PK_{14+50} - PK_{0+00} = 1450 \text{ м}$$

$$\sum \beta_{np} - \sum \beta_{лев} = \alpha_n - \alpha_1,$$

$$0 - 80^\circ = 197^\circ - 117^\circ,$$

$$80^\circ = 80^\circ,$$

Составил:

Проверил:

Трассу на плане наносят сплошной жирной линией. Прямые участки от кривых отделяют черточками с направлениями конечного и начального радиусов, на которых указывают пикетажное положение начала и конца кривой. Тангенсы наносят тонким пунктиром.

На углах поворота при большом их количестве выписывают только номера, а элементы закруглений, длины прямых (округленные до 0,1м) и вычисленные румбы приводят в таблице 1. Элементы переходных кривых в эту таблицу не записывают.

Ситуацию на плане трассы показывают по данным топографической карты. Ситуационные знаки и надписи наносят параллельно в рамке. Пикеты и другие надписи пишут вдоль трассы или перпендикулярно к ней; рубленные пикеты накладывают с соблюдением масштаба.

Условные обозначения и знаки должны соответствовать действующим условным обозначениям.

В начале и в конце плана указывают пункты, между которыми проложена автомобильная дорога и направления существующих дорог, выходящих за рамку чертежа.

На плане трассы, проложенной в равнинной или слабопересеченной местности, горизонтали показывают только в местах, где они необходимы для обоснования направления трассы. Если трасса проложена в сильно пересеченной местности, горизонтали показывают на всем ее протяжении. Рекомендуется наносить горизонтали и увязывать их с отметками пикетов трассы предварительно карандашом на кальке, наложенной на план трассы. Затем горизонтали переводят на план и вторично обводят карандашом с выделением десятых горизонталей.

При пересечении трассы с железными и автомобильными дорогами в плане указывают угол и пикетажное положение пересечения. При проходе по улицам населенных пунктов на поле чертежа вычерчивают схематический поперечный профиль улицы с указанием расстояния до построек; на плане показывают общие контуры населенных пунктов и отдельные здания, если подлежат сносу.

Закрепление трассы показывают в виде схем и таблиц на свободных от ситуации местах плана или в отдельной таблице.

Следует показывать схемы закрепления начала и конца трассы, вершин углов поворота к местным постоянным предметам или специальным закрепительным столбам с указанием расстояний до них (желательно не более длины ленты, т.е. не более 20 м).

Штамп на плане помещают справа независимо от хода пикетажа.

ГЛАВА 3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

3.1. Вычерчивание продольного профиля

Продольный профиль вычерчивают на миллиметровой бумаге шириной 29 см в рамке высотой 28 см в масштабах: горизонтальный 1:5000, т.е. в 1 см – 50 м; вертикальный 1:500, т.е. в 1 см – 5 м; грунтовый разрез 1:50, т.е. в 1 см – 0,5 м (Приложение 10). В зависимости от степени пересеченности местности продольный профиль можно составлять и в других масштабах. Так, горизонтальный масштаб для профиля в горной местности принимают 1:2000, а в равнинной 1:10000. Отношение масштабов горизонтального к вертикальному во всех случаях принимают 1:10.

Построение профиля начинают с сетки. Наименование граф сетки указаны в чертеже (Приложение 9).

3.3. Нанесение грунтового профиля

Грунтово-геологический разрез наносят на продольный профиль по данным геологопочвенных обследований. Разрез характеризуется *шурфами, шурфо-скважинами, скважинами*, закладываемыми при технических изысканиях в характерных местах.

Шурф - столбообразная вертикальная или наклонная выработка (малого сечения и небольшой глубины), предназначенная для обследования почвенно-грунтовых слоев и разведки полезных ископаемых при инженерных изысканиях или производства взрывных работ в промышленных каменных карьерах.

Шурфы длиной 1,0-2,5 м закладывают на всех характерных элементах рельефа (верхняя, средняя и нижняя части склона, плато, понижение) и в местах смены растительного покрова. Как правило, шурфы следует закладывать не реже чем через 500-700 м.

Скважина - столбообразная вертикальная или наклонная выработка (малого круглого сечения большой глубины), предназначенная для обследования почвенно-грунтовых слоев, уровня грунтовых вод и разведки полезных ископаемых при инженерных изысканиях или производства взрывных работ в промышленных каменных карьерах.

Скважины закладывают в местах проектирования искусственных сооружений – до материковых пород, в выемках на 2 м ниже предполагаемого дна выемки, под высокими насыпями и т.д. При небольшой глубине до 3-4 м предпочтительно закладывать *шурфо-скважину* (прил.4).

Для нанесения грунтового профиля вычерчивают линию на 2 см ниже и параллельно профилю поверхности земли. Шурфы на профиле показывают колонкой шириной 6 мм с штриховкой каждой геологической разности условными обозначениями (прил. 5), скважина - 2 мм. Вертикальный масштаб 1:50, т.е. в 1 см – 0,5 м. Если глубина скважины не размещается в пределах грунтового разреза, ее показывают с разрывом.

Между горизонтами прямыми линиями очерчивают границы грунтов, с указанием их наименования и категории по трудности разработки. Низ шурфов и скважин соединяют пунктирной линией. Шурфы и скважины нумеруют отдельно и с правой стороны указывают глубины каждого грунтово-почвенного горизонта от поверхности земли.

При учебном курсовом проектировании грунтово-геологический разрез наносят, исходя из почвенно-геологической характеристики района проектирования, согласно заданию на проектирование и указаний руководителя проекта.

3.6. Исходные данные для нанесения проектной линии

К числу основных исходных данных, необходимых для нанесения проектной линии на продольном профиле относятся:

- максимально допустимый продольный уклон;
- минимальные радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых;
- контрольные (фиксированные) отметки;
- руководящая (рекомендуемая) рабочая отметка.

Данные о максимально допустимом продольном уклоне и минимальных радиусах вертикальных кривых принимают в соответствии с категорией проектируемой дороги (табл.2).

Таблица 2

Радиусы вертикальных кривых

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м		
		Выпуклых	вогнутых	
			Основные	В горной местности
150	30	30 000	8 000	4 000
120	40	15 000	5 000	2 500
100	50	10 000	3 000	1 500
80	60	5 000	2 000	1 000
60	70	2 500	1 500	600
50	80	1 500	1 200	400
40	90	1 000	1 000	300
30	100	600	600	200

При назначении элементов продольного профиля в качестве основных параметров согласно п. 4.20 СНиП 2.05.02-85 * следует принимать:

- продольные уклоны – не более 30%;
- расстояние видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м;
- радиусы кривых в продольном профиле:
- выпуклых – не менее 70 000 м;
- вогнутых – не менее 8 000 м;
- длины кривых в продольном профиле:
- выпуклых – не менее 300 м;
- вогнутых – не менее 100 м.

К контрольным относят отметки:

- а) бровок насыпей около моста;
- б) бровок земляного полотна над трубами;

в) настилов путепроводов при пересечении железных и автомобильных дорог в разных уровнях, определенные из условий соблюдения габаритных размеров и размещения конструктивной высоты пролетного строения путепровода;

г) головок рельсов и оси проезжей части железных и автомобильных дорог (пересекаемых в одном уровне) более высокой категории, чем проектируемая дорога;

д) оси дорожных покрытий в населенных пунктах;

е) въездов во дворы и входов в строения.

Ниже отметок контрольных точек, в трех последних случаях, указанных в пунктах «г», «д» и «е», и выше их, нельзя наносить проектную линию, исключением является случай углубления русла.

Среди исходных данных для проектирования земляного полотна в продольном профиле очень важное значение имеет правильный выбор величины рекомендуемой рабочей отметки.

3.7. Определение величины рекомендуемой рабочей отметки

При проектировании продольного профиля в равнинной и слабохолмистой местности в первую очередь следует обеспечить оптимальные условия для последующей эксплуатации дороги. Этим целям лучше всего отвечают насыпи с достаточным возвышением бровки земляного полотна.

Рекомендуемую рабочую отметку насыпи назначают в зависимости от почвенно-грунтовых, гидрологических и климатических условий. Возвышение бровки над поверхностью земли должно быть достаточным для обеспечения просыхания грунта земляного полотна в климатических условиях района проложения дороги.

Главными факторами, влияющими на величину рекомендуемой рабочей отметки, являются:

- тип местности по характеру и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами;
- климатическая зона;
- род грунта;
- средняя многолетняя толщина снежного покрова;
- предполагаемая толщина дорожной одежды;
- категория дороги.

Последний фактор в значительной степени влияет на отклонения от рекомендуемой рабочей отметки. Чем выше категория дороги, тем большими могут быть отклонения (в большую сторону).

Различают следующие типы местности по характеру и степени увлажнения:

1-й тип – сухие места без избыточного увлажнения (поверхностный сток обеспечен);

2-й тип – сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;

3-й тип – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением.

Климатическую зону определяют по карте дорожно-климатического районирования территории России (прил. 6)

Минимальную высоту насыпей определяют с учетом требований:

- 1) минимального допустимого превышения дна корыта над поверхностью земли и над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод;
- 2) предохранения дороги от заносов и удобства снегоборьбы.

Из этих двух определений в расчет принимается большая высота. При проектировании дороги 1-го типа высота насыпи должна быть не менее толщины дорожной одежды, с расположением низа дорожной одежды не ниже поверхности земли с обеспечением надежного отвода воды от земляного полотна и основания проезжей части.

Возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или длительностоящих (более 20 суток) поверхностных вод на сырых и мокрых местах, т. е. 2-го и 3-го типов местности, не должно быть менее указанного (табл. 3 и 4).

Расчетный уровень грунтовых вод принимают на верхней линии высшей зоны оглеения почвенных грунтов или высшему установленному уровню грунтовых вод, когда последний превышает горизонт оглеения.

При учебном проектировании по топографическим картам глубину залегания грунтовых вод и другие данные о гидрологических и дорожно-климатических условиях района проложения трассы указывают в задании или условие принимается по данным энциклопедического словаря, при установлении величины руководящей рабочей отметки необходимо знать толщину дорожной одежды, которой предварительно можно задаться.

Таблица 3

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или уровнем длительного (более 20 суток) стояния поверхностных вод

Грунт земляного полотна или естественный грунт	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды в наиболее низком месте поперечного профиля над уровнем воды, м			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
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, супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, суглинки легкие пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые	1,9	1,7	1,4	1,3
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, глины песчаные, глины жирные	1,9	1,4	1,1	1,0

Пример определения рекомендуемой рабочей отметки

В проекте рекомендуемая рабочая отметка (руководящая) определяется по трем условиям:

1. По незаносимости дороги снегом (по формуле 9)

$$H_{\text{рек}} = H_{\text{сн}} + \Delta \quad (9)$$

H_{CH} - толщина снежного покрова, устанавливается по СНиПу 2.01.01-82,
 Δ -запас над снежным покровом устанавливается в зависимости от категории автомобильной дороги по СНиПу 2.02.05.-85*.

2. По возвышению поверхности покрытия над грунтовыми водами (по формуле 10):

$$H_{\text{рек}} = H_{\text{угв}} - h_{\text{угв}} - a_{\text{об}} \times i_{\text{об}} \quad (10)$$

$H_{\text{угв}}$ – это требуемое возвышение поверхности покрытия дороги над УГВ, устанавливается по СНиПу 2.02.05.-85 в зависимости от вида грунта и дорожно-климатической зоны (по числителю). $h_{\text{угв}}$ -глубина залегания грунтовых вод (УГВ) на участке проектируемой трассы (по заданию).

$a_{\text{об}} = 2.0\text{м}$; $i_{\text{об}} = 40\text{‰} = 0.04$ – поперечный уклон обочин

3. По возвышению дорожного покрытия над уровнем поверхностных вод (по формуле 11).

$$H_{\text{рек}} = H_{\text{упв}} + h_{\text{упв}} - a_{\text{об}} \times i_{\text{об}} \quad (11)$$

$H_{\text{упв}}$ – это требуемое возвышение поверхности покрытия дороги над уровнем поверхностных вод (УПВ) на участке проектируемой трассы, устанавливается по СНиПу 2.05.02-85* в зависимости от грунта (по знаменателю). $h_{\text{упв}}$ -глубина поверхностных вод на участке проектируемой трассы, определяется в период проведения изыскательских работ.

3.8. Проектная линия в разных условиях рельефа

Продольный профиль проектируют в виде плавной линии, состоящей из прямолинейных участков и вертикальных кривых. Проектирование продольного профиля заключается в нанесении проектной линии и вычислении проектных и рабочих отметок точек.

Проектировать нужно с учетом обеспечения:

- а) устойчивости земляного полотна и дорожной одежды в течение круглого года при любых изменениях температуры и погодных условий;
- б) наименьшей строительной стоимости дороги;
- в) удобства и безопасности движения автомобилей с наименьшей стоимостью перевозок.

Таблица 4

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком

Грунт земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды в наиболее низком месте поперечного профиля, м			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,50	0,40	0,30	0,20
Пески пылеватые, супеси тяжелые	0,60	0,50	0,40	0,30
Супеси пылеватые, супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, суглинки легкие пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые	0,80	0,60	0,50	0,40
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, глины песчаные, глины жирные	0,70	0,60	0,40	0,40

Обеспечение всех этих условий представляет сложную задачу и требует комплексного решения. Положение проектной линии находят, рассматривая наиболее рациональные варианты. Ввиду большого разнообразия природных условий нельзя дать заранее установленные решения по проектированию продольного профиля.

Отметки проектной линии – это обычно отметки бровки земляного полотна проектируемой дороги. При проектировании подзорного или бортового профиля (в населенных пунктах или на промышленных площадках) проектные отметки относят к дну лотка. При проектировании реконструкции дорог и при проектировании городских дорог проектная отметка относится к оси дороги.

На продольный профиль можно наносить проектную линию *по обертывающей и по секущей*. Во всех случаях проектирования нужно добиваться, чтобы дорога вписывалась в местность не нарушая ландшафта; необходимо также, по возможности, избегать устройства высоких насыпей и глубоких выемок, особенно для дорог низших технических категорий (IV, V категория).

Обертывающая проектная линия обычно предпочтительнее секущей, так как при этом не только объемы работ меньше, но и земляное полотно в небольших насыпях более устойчиво, уклон откосов может быть принят 1:3 и положе, что способствует безопасности движения. Водоотвод может быть обеспечен планировкой придорожной полосы. Однако в пересеченной местности при обертывающей проектировке могут возникнуть места, где видимость обеспечена на меньшее расстояние, что затрудняет обгон и снижает безопасность при движении на высоких скоростях. Поэтому при проектировании скоростных магистралей и магистральных дорог II категории чаще применяют проектирование секущей линии, а при проектировании дорог местного значения большей частью применяют обертывающую линию.

Проектирование по *обертывающей* заключается в том, что проектную линию наносят, следуя основным изгибам поверхности земли, с соблюдением рекомендуемых рабочих отметок и уклонов, но не выше максимально допустимых для дороги данной категории. Такое земляное полотно будет наиболее устойчиво под действием местных природных факторов, и потребует минимума земляных работ. Кроме того, проектированием по обертывающей создаются наиболее благоприятные условия для механизированного возведения земляного полотна. Метод проектирования по обертывающей применим только в особо благоприятных грунтовых и гидрологических условиях (например, в южных степных районах). Для дорог низшей категории (IV, V категорий) в этих условиях проектную линию следует вести в насыпях высотой 0,3-0,5 м.

При проектировании по *обертывающей* отклонение проектной линии от рекомендуемой рабочей отметки допускают:

1) в местах пересечения с железными дорогами в одном уровне, где согласно требованиям СНиП 2.05.02-85*, проектная линия должна пройти горизонтально на уровне головок рельса, а длина горизонтальной площадки должна быть такой, чтобы расстояние от крайнего рельса до начала вертикальной кривой, сопрягающей площадку со смежным уклоном, было не менее 10м при расположении переезда насыпи и 20 м – выемке;

2) в местах пересечения с автомобильной дорогой высшей категории в одном уровне. Проектная линия пересекающей дороги должна быть проведена с продольным уклоном, равным поперечному уклону проезжей части пересекаемой дороги; при этом должна быть обеспечена видимость поверхности дороги по установленным нормам и в соответствии с категориями пересекающихся дорог;

3) на участках местности, изрезанной оврагами, ложбинами, небольшими возвышениями;

4) на подходах к искусственным сооружениям;

5) при пересечении влажных и заболоченных впадин, где для предохранения полотна от грунтовых и поверхностных вод проектируют повышенную насыпь.

В условиях равнинного и слабохолмистого рельефа проектирование по *обертывающей* в сочетании с трассированием в плане и вписываем в элементы рельефы позволяет получить хорошо осушаемое земляное полотно. При таком смягчения продольного уклона и уменьшения объема земляных работ земляное полотно проектируют в выемках.

В равнинной местности с затяжными площадками, при пересечении болот, имеющих поверхность, близкую к горизонтальной, проектную линию наносят горизонтально, а рабочую отметку назначают с учетом предохранения полотна от действия воды (табл.24). При нулевых отметках и малых насыпях длинные горизонтальные участки проектировать не рекомендуется.

Если уклоны поверхности земли не превосходят назначенные предельные для данной дороги, проектную линию можно наносить параллельно поверхности земли, вписываясь в рельеф местности. По возможности следует избегать в продольном профиле частых переломов проектной линии, т.е. не проектировать пилообразный профиль. Наилучшим является продольный профиль с пологими, достаточно длинными уклонами. Расстояние между переломами проектной линии продольного профиля называют *шагом проектирования*.

В *пересеченной местности* плавность проектной линии обеспечивают выбором такого шага проектирования, который позволяет разместить тангенсы чередующихся вертикальных кривых с радиусами не менее минимальных, установленных требованиями СНиП 2.05.02-85 для категории проектируемой дороги (табл.10).

При наличии косогорности, которая может быть установлена по горизонталям топографической карты (если трасса проходит параллельно или под углом к густо расположенным горизонталям), положение проектной линии, рабочие отметки определяют по поперечникам обычно с приблизительным равенством объемов полувыемки и насыпи) (рис.40). Можно также определять и по равенству их площадей.

В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа более рационально наносить проектную линию *по секущей*, с чередующимися выемками и насыпями. При проектировании по секущей взаимное расположение насыпей и выемок устанавливают из условий наилучшего распределения земляных масс, устойчивости земляного полотна, а также с учетом наиболее эффективного производства строительных работ. Так как при равных рабочих отметках площадь поперечного сечения выемки значительно превышает площадь сечения насыпи (рис. 40.), проектную линию необходимо нанести вначале ориентировочно так, чтобы при оценке на глаз площадь участка выемки в продольном профиле была примерно на 25-30% меньше площади чередующейся насыпи. Объемы насыпей и выемок примерно будут равновелики.

Для обеспечения водоотвода проектную линию в выемке наносят с уклоном не менее 5% (лучше не менее 10‰), проектирование горизонтальных участков в выемках не допускается. Не рекомендуется пропускать воду из кюветов или кюветов-резервов насыпи по кюветам выемки, за исключением коротких выемок длиной до 100 м. На уклонах перед выемкой желательнее предусмотреть водосборные канавы.

Переломы проектной линии в продольном профиле при алгебраической разности уклона 5‰ и более на дорогах I и II категорий, 10 ‰ и более на дорогах III категории и 20 ‰ на дорогах IV и V категорий следует сопрягать вертикальными кривыми, радиусы которых принимаются согласно СНиП 2.05.02-85* Нужно избегать резких переломов профиля от одних уклонов к другим, а также применения кривых малого радиуса между длинными прямыми и короткими прямыми вставками между смежными кривыми большого радиуса. Применения кривых малых радиусов в конце затяжных спусков, не следует допускать.

В горной и пересеченной местности на участках кривых в плане с малыми радиусами небольшие продольные уклоны уменьшают по сравнению с нормами.

При проектировании дороги в горной местности с серпантинами следует придерживаться норм СНиП 2.05.02-85*, допуская наибольшие продольные уклоны в

пределах серпантин при расчетной скорости 30 км/ч – 30‰, 20 км/ч – 35‰, 15 км/ч – 40‰.

При современной механизации земляных работ к увеличению продольных уклонов против норм следует прибегать в исключительных случаях и при надлежащем технико-экономическом обосновании. Для ясно выраженного грузового направления нужно применять меньшие подъемы, обеспечивающие безопасность движения и устойчивость откосов земляного полотна (рис. 6).

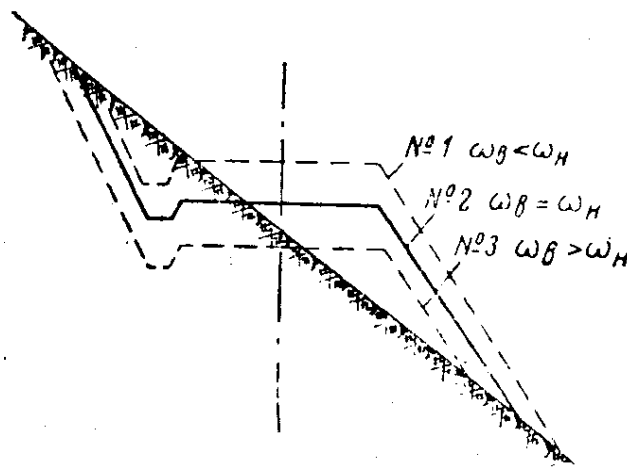


Рис. 6. Поперечный разрыв полувыемки и полунасыпи на косогоре.

На дорогах горной местности при затяжных продольных уклонах величиной более 60‰ через каждые 2-3 км рекомендуется предусматривать места с уменьшенными продольными уклонами (до 20‰ и менее), Участки или площадки для остановок располагают у источников воды и в живописных местах.

3.6. Проектная линия на пересечении водотоков

При проектировании участков дорог со сложными дорогостоящими и искусственными сооружениями (мосты, путепроводы, виадуки, эстакады и т.п.) места расположения сооружений и проложений дороги на местности выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов. Согласно СНиП 2.05.02-85* малые и средние мосты, а также трубы под насыпями разрешается располагать при любых сочетаниях элементах профиля и плана.

Продольные уклоны на мостах, у которых проезжая часть такая же как на дорогах могут быть назначены те же, какие приняты для данной категории дороги; исключение представляют деревянные настилы, продольный уклон на которых следует ограничить 20‰ при продольной укладке досок и 30‰ при поперечной укладке досок.

Для обеспечения плавности проектной линии при проектировании малых водопропускных сооружений могут быть использованы следующие примеры нанесения проектной линии у мостов и над трубами. Пример нанесенной проектной линии над мостом в виде горизонтального участка, длина которого должна быть не менее длины моста, суммы тангенсов вертикальных кривых и двойного минимального расстояния от моста до конца вертикальных кривых – 20 м, а также примеры расположения мостов на продольных уклонах, приведены (рис. 7).

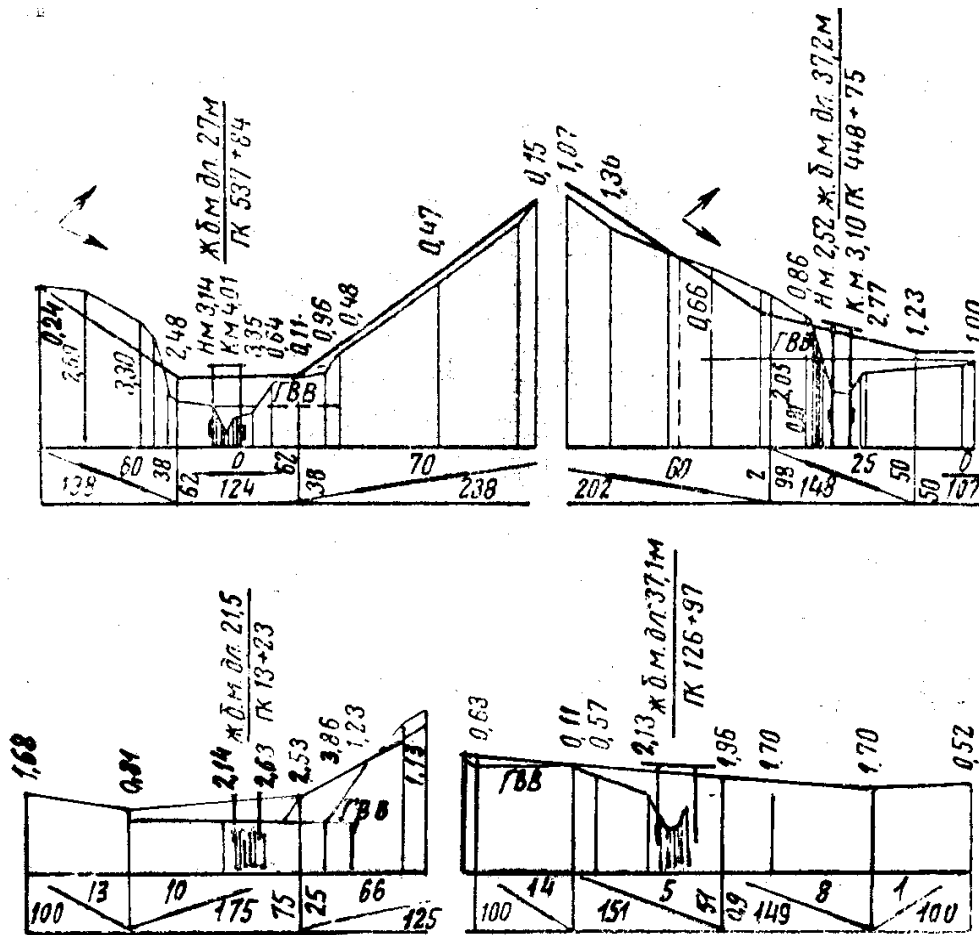


Рис. 7. Примеры нанесения проектной линии у малых мостов (для наглядности вертикальные кривые не вписаны)

Над трубами (рис.42) расположение проектной линии может быть любое, главное в данном случае – соблюдение требуемой минимальной отметки бровки насыпи (контрольной отметки). При очень пологих склонах лога (рис. 8) для понижения бровки насыпи трубу рекомендуется заглубить, если уклон лога ниже сооружения позволит отвести воду по водоотводной канаве. Величина заглубления определяется условиями проектирования продольного профиля, но не должна быть более половины высоты трубы.

Отметки бровки насыпей у мостов и над трубами определяют расчетом и они являются контрольными (фиксированными) точками при нанесении проектной линии.

Положение проектной линии на подходах к искусственным сооружениям должно обеспечивать их незатопляемость. На поймах высоту насыпи назначают с учетом уровня подпертого горизонта.

На больших реках, где при паводках заливаются большие пространства и возможно образование волны, отметку бровки насыпи следует назначать из расчета возвышения над уровнем волны.

На судоходных реках возвышение принимается от расчетного судоходного габарита 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.

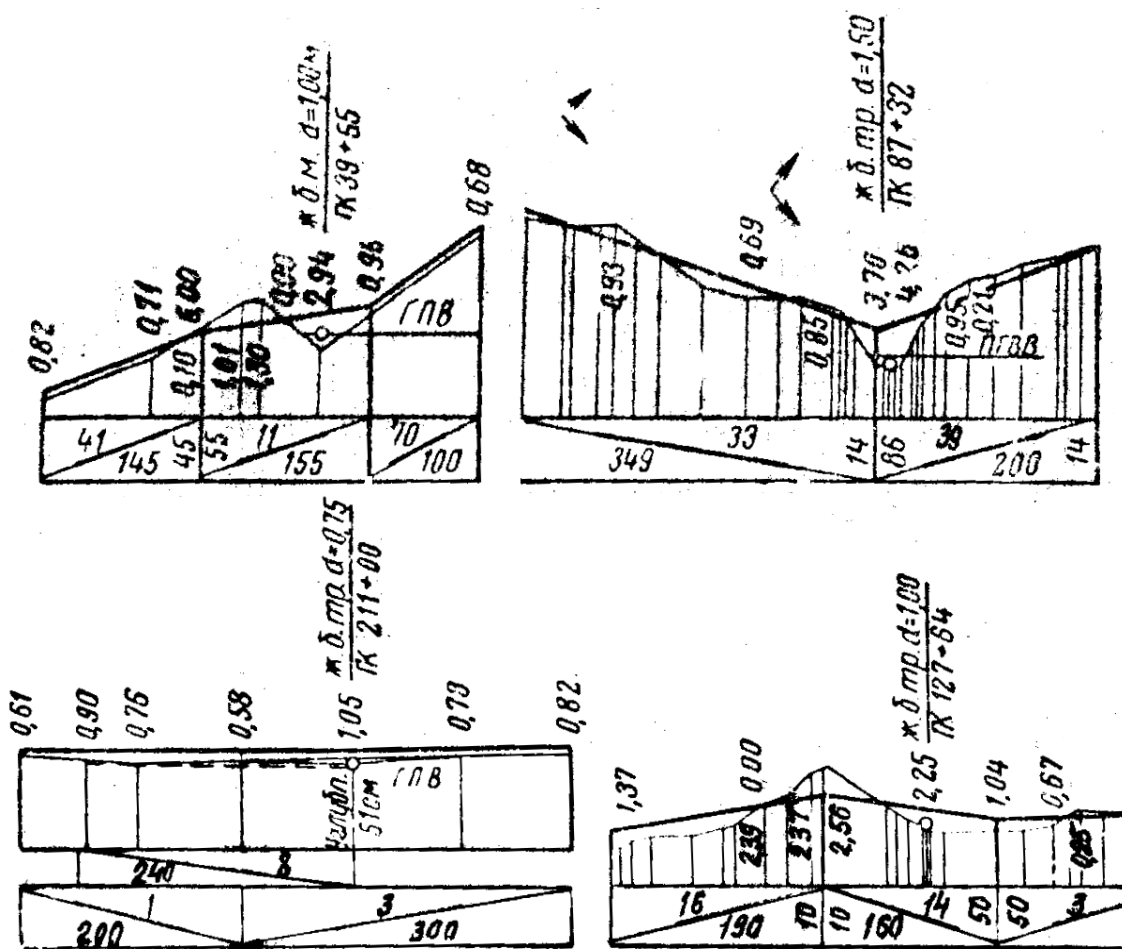


Рис. 8. Примеры нанесения проектной линии над трубами (для наглядности вертикальные кривые не вписаны)

Возвышение проезжей части над подходами неизбежно, так как иначе насыпи получились бы очень высокими. Для плавности въезда на мост уклон подходов принимают не более 30%, а между концом подъема и началом моста вводят горизонтальную площадку, достаточную для размещения тангенсов вертикальных кривых.

При пересечении дорог в разных уровнях высота насыпи у путепроводов и отметка его проезжей части определяется высотой габарита, установленного для пересекаемой дороги, и конструктивной высоты пролетного строения.

Согласно СНиП 2.05.03-8* «Мосты и трубы», высота габарита в зависимости от материала и типа подвижного состава при пересечениях принимаются на железной дороге - 6,5 - 7,0 м, автомобильной - 4,5 м, на скотопрогонах - 2,5 м.

3.7. Проектирование вертикальных кривых

Для обеспечения плавности движения и видимости в продольном профиле на переломах проектной линии необходимо предусматривать вертикальные кривые. Согласно СНиП 2.05.02-85*, вертикальные кривые должны вписываться в местах переломов проектной линии в продольном профиле при алгебраической разности уклонов 5% и более на дорогах I, II и III категорий и 10% и более на дорогах IV и V категорий.

С целью повышения плавности движения, радиусы вертикальных кривых нужно принимать возможно большими. Минимальные размеры радиусов вертикальных выпуклых и вогнутых кривых для разных категорий приведены (табл. 2). При малой разности сопрягаемых уклонов величины вертикальных радиусов кривых нужно увеличивать с таким расчетом, чтобы длины вертикальных кривых были не менее 20 м, а величины биссектрисы – не менее 5 м.

Элементы вертикальных кривых определяют (в м) по специальным таблицам, опубликованные Н.М. Антоновым, и формулам (12 – 14):

тангенс

$$T = R \frac{i_1 - i_2}{2} \quad (12.)$$

длина кривой

$$K = 2T \quad (13)$$

биссектриса

$$B = \frac{2T}{2R} \quad (14)$$

где: R – принятый радиус вертикальной кривой, м; $i_1 - i_2$ – выраженная разность уклонов, выраженных в тысячных.

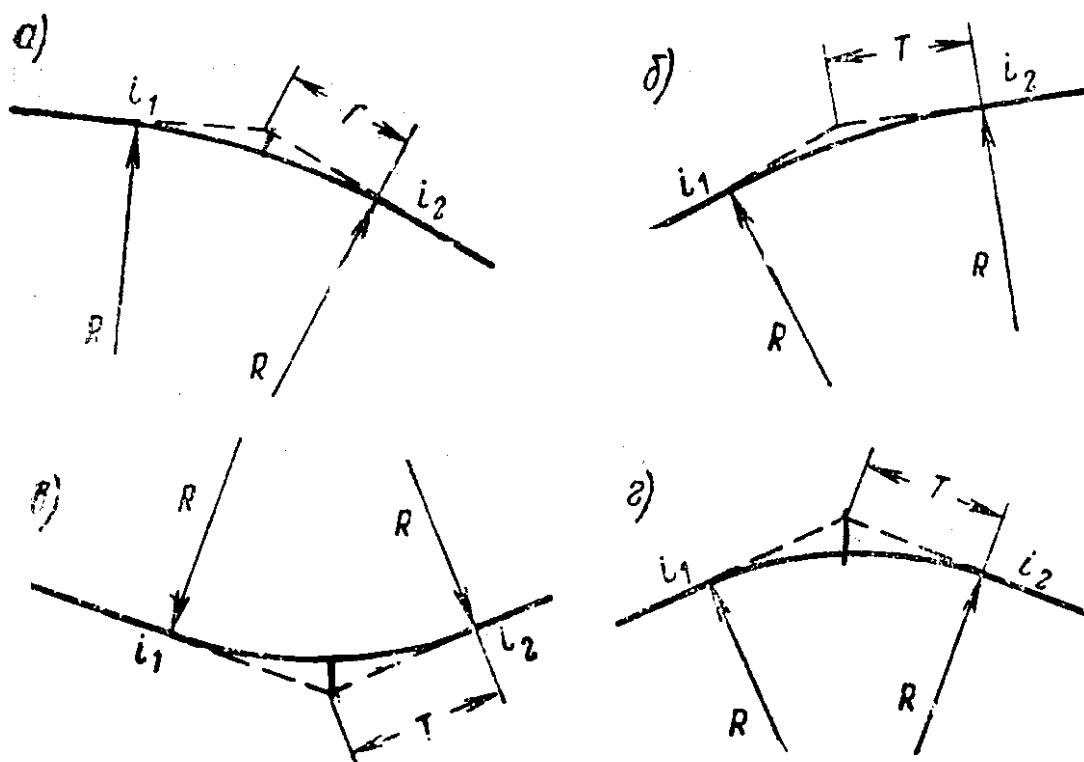


Рис. 9. Вертикальные кривые

Уклоны на подъемах считают со знаком плюс, а на спусках – со знаком минус. При одноименных уклонах проектной линии алгебраическая разность на спусках (рис. 9, а) и подъемах (рис. 9, б) равна разности смежных уклонов,

т.е: в первом случае $i_1 - (-i_2) = i_2 - i_1$;

во втором случае $i_1 - (+i_2) = i_1 - i_2$

При разноименных уклонах алгебраическая разность их для вогнутых (рис.43, в) и выпуклы (рис.43, г) кривых равна сумме смежных уклонов проектной линии.

Упрощенно, без таблиц, длина вертикальной кривой может быть определена произведением числа тысяч в величине радиуса на число тысячных в алгебраической разности уклонов.

Например: Проектная линия запроектирована на подъем с уклоном $i_1=35\%$ и на спуск с уклоном $i_2=15\%$ (рис 43., г) так как уклоны разноименные, то алгебраическая разность уклонов равна $i_1 - (-i_2) = i_2 - i_1 = 0,035 - (-0,015) = 0,050$. Необходимо определить длину вертикальной кривой, вписанной с радиусом $R = 5000$ м.

По формулам 22 и 23 имеем:

$$K = 2T; \quad K=2R; \quad \frac{i_1 - i_2}{2} = R (i_1 - i_2) = 5000 \times 0,050 = 250\text{м}$$

Действительно, произведение числе тысяч равно длине вертикальной кривой, т.е $K = 5 \times 50 = 250$ м.

В настоящее время применяют два метода проектирования продольного профиля, которые заключаются в нанесении:

- 1) сопрягающихся прямых участков проектной линии с последующим вписыванием в их переломы вертикальных кривых и вычислением поправок к рабочим отметкам, найденным по тангенсам;
- 2) вертикальных кривых, сопрягающихся друг с другом или, имеющих прямые вставки, при этом сразу вычисляют отметками проектной линии (метод опубликованный Н.М.Антоновым).

В связи с резким увеличением (в 2,5 раза) минимальных радиусов вертикальных кривых (СНиП 2.05.02-85*) первый метод имеет ограниченное применение — только в равнинной, реже в слабохолмистой местности. Второй метод применяется во всех проектных организациях.

При проектировании по тангенсам (касательным) вертикальные кривые в продольном профиле не разбивают, а проектные отметки и уклоны вычисляют для тангенсов, вертикальных кривых без учета устройства вертикальных кривых.

Вертикальные кривые имеют восходящие и нисходящие ветви (рис.10).

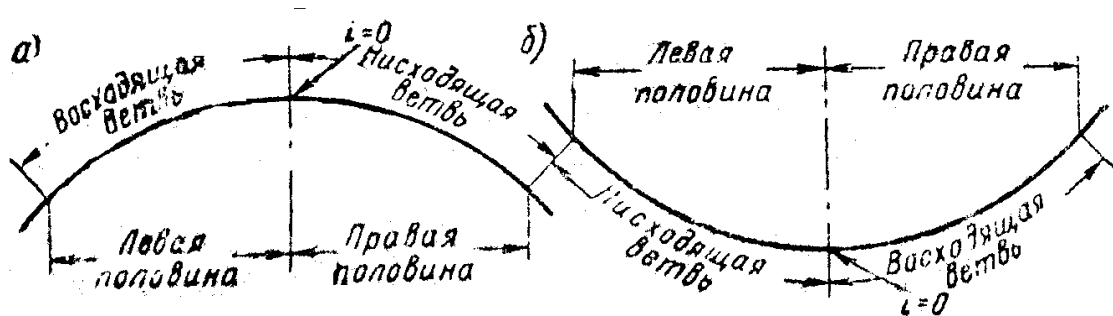


Рис. 10. Виды вертикальных кривых: а – выпуклая; б – вогнутая

По восходящей ветви все касательные имеют положительный уклон, а по нисходящей ветви - отрицательный. В точке вертикальной кривой, где восходящая ветвь, переходит в нисходящую (на выпуклых кривых) или наоборот (на вогнутых) – касательная горизонтальна и уклон ее равен нулю.

Для удобства проектирования таблицы, опубликованные Н.М. Антоновым, составлены по двум схемам (рис. 11).

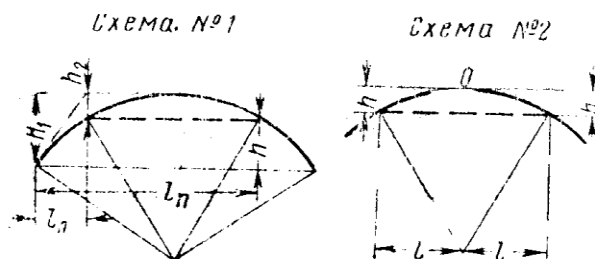


Рис. 11. Расчетные схемы

По расчетной схеме № 1 за начало координат принято начало вертикальной кривой (слева по ходу), и все расстояния l и превышения h определяют по отношению этой к точке.

В расчетной схеме № 2 за начало координат принята вершина вертикальной кривой, касательная которой горизонтальна, а все расстояния и превышения определяют по отношению к вершине вертикальной кривой.

Любые вертикальные кривые можно рассчитать как по схеме №1, так и по схеме №2.

Расчетной схемой №1 обычно пользуются при последовательном проектировании в обе стороны от контрольных (фиксированных) точек, например от мостов, путепроводов и прочее.

Схема №2 при проектировании более удобна, так как имеет малые цифровые обозначения расстояний l и превышений h , что облегчает расчет вертикальных кривых.

На первом этапе проектирования определяют общее начертание проектной линии без детального подсчета всех промежуточных отметок.

По известным в начальной точке – пикетажному положению (расстоянию от ближайшего меньшего пикета), высотной отметке и наклону касательной (продольному уклону) - определяют пикетажное положение и высотную отметку вертикальной кривой в ее конце или в другой характерной точке.

Для решения этих задач по обеим расчетным схемам составлены сокращенные таблицы. При этом нужно иметь в виду следующее:

а) при использовании расчетной схемы №1 – все точки, расположенные выше начала координат кривой, имеют положительные превышения, а расположенные ниже отрицательные. Для определения расстояния между точками с заданным уклоном, расположенными в левой половине кривой, следует пользоваться левым столбцом ($l_л$), а если точки расположены в правой половине кривой – правым столбцом ($l_п$);

б) при использовании расчетной схемы №2 – выпуклые кривые имеют отрицательные превышения, а вогнутые – положительные. Расстояния точек (l), расположенных в левой половине кривой, считаются со знаком минус, а в правой – со знаком плюс.

При отсутствии таблиц Н.М.Антонова все основные точки вертикальной кривой могут быть вычислены по сводной таблице координат, составленной И.Н.Гуковым (по схеме №2) для радиусов от 1000 до 20000 м и уклонов точек от 1 до 80‰.

На втором этапе проектирования вычисляют высотные отметки пикетов и всех промежуточных точек, расположенных в пределах вертикальной кривой. Для решения этих задач более целесообразна расчетная схема №2, по которой составлены таблицы.

На профиле первоначальную рабочую отметку берут в скобки, исправленную же отметку пишут рядом без скобок.

При проектировании проектной линии рекомендуемыми рабочими отметками, а также ранее вычисленными контрольными (фиксированными) отметками следует учитывать изменения в рабочих отметках при вписывании вертикальных кривых. Это является одним

из недостатков проектирования вертикальных кривых по тангенсам, который может быть устранен при проектировании их по методу, изложенному Н.М.Антоновым.

При проектировании по такому методу:

- проектируемую линию наносят по тангенсам, а непосредственно по вертикальным кривым;
- в графе «Проектные отметки» пишут истинные отметки земляного полотна;
- в графе «Проектные уклоны» в условных обозначениях (Приложение 10) показывают вертикальные кривые: уклоны обозначают только в точках сопряжения вертикальных кривых с прямыми участками профиля и в точках изменения радиусов кривых;
- над профилем выписывают ряд истинных рабочих отметок, также как и на прямых участках профиля.

Пример: Расчет элементов вертикальной кривой

Для определения точки пересечения прямолинейных отрезков, а затем – положение вершины вертикальной кривой (последнее необходимо при разбивке вертикальной кривой по таблице).

Для определения точки пересечения прямолинейных отрезков (уклонов) вычисляем отметку проекции прямолинейного отрезка с уклоном 50‰ на ПК 5, а именно 210,40 м (отметка на ПК 7, рис.12, а), плюс превышение $0,05 \times 200 = 10,00$ м, т.е.:

$$210,40 + 0,050 \times 200 = 220,40 \text{ м (рис.12, б).}$$

Так как отметка прямолинейного отрезка с уклоном 44‰ на том же ПК 5 равна 208,10 м, определяем их разность

$$h = 220,40 - 208,10 = 12,30 \text{ м}$$

Далее находим точку пересечения уклонов по формуле (27):

$$x = \frac{h}{i_1 - i_2} = \frac{12,30}{0,044 - (-0,050)} = \frac{12,30}{0,094} \approx 131 \text{ м}$$

где x - расстояние от ПК 5 до точки пересечения уклонов, м

Для определения x при разноименных уклонах (рис.12, б) берут сумму уклонов, при одноименных уклонах – разность.

Пикетажное положение точки пересечения M будет: $ПК 5 + 131 = ПК 6 + 31$.

На продольном профиле полученное расстояние переломной проектной линии от ближайших пикетных или плюсовых точек показывают пунктирной линией (рис. 12).

Отметка точки перелома равна отметке на ПК 7+00 плюс превышение переломной точки,

т.е. $210,40 + 0,05 \times 69 = 213,85$ м или отметка ПК 5+00 плюс превышение точки пересечения, т.е. $208,10 + 0,044 \times 131 = 213,85$ м

Для определения величины рабочей отметки в точке перелома необходимо предварительно получить отметку поверхности земли по вычисленному расстоянию и уклону поверхности земли между ПК 6+00 и ПК 7+00:

$$\frac{204,30 - 203,05}{100} = 0,012$$

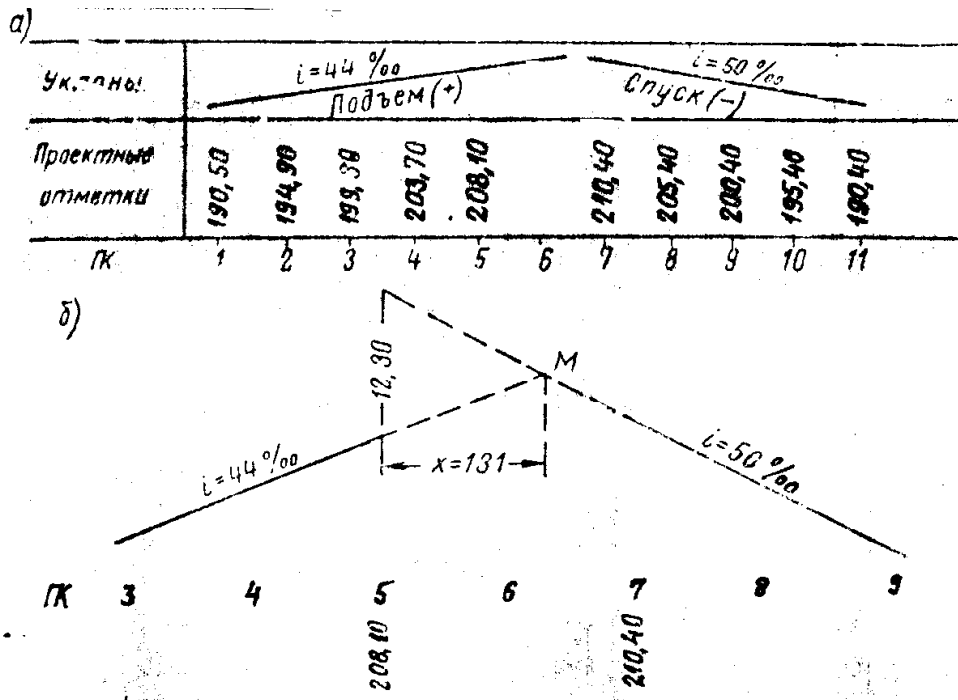


Рис. 12. Данные для вычисления кривой в точке пересечения уклонов

При расстоянии от ПК 7, равном 69 м, отметка поверхности земли будет $203,85 + 69 \times 0,012 = 203,88$ м.

Так как отметка вычислена аналитическим путем, по интерполяции, ее берут в скобки.

Рабочая отметка в точке перелома на ПК 6+31 будет $213,85 - 203,88 = 9,97$ м

Проектирование вертикальной выпуклой кривой на переломной точке ПК 6+31 (рис. 13). Принимаем радиус кривой $R=10000$ м.

Алгебраическая разность уклонов $0,044 - (-0,050) = 0,094$.

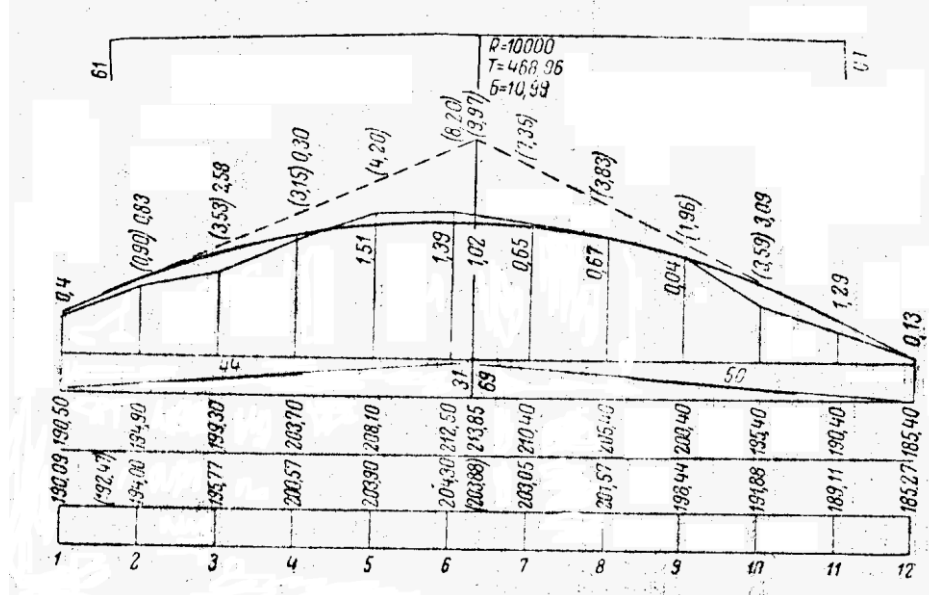


Рис. 13. Вертикальная кривая, запроектированная по касательным

При данном радиусе и алгебраической разности уклонов по таблице $T = 468,96$ м и $B = 10,99$ м

По формулам имеем ориентировочно:

$$T = 10000 \frac{0,094}{2} = 470 \text{ м}; \quad B = \frac{470}{2 \times 10000} = 11,04 \text{ м}.$$

Рабочая отметка на ПК 6+31 будет равна $9,97 - 10,99 = 1,02$ м, т.е. глубина выемки 1,02 м (рис 13).

Однако рабочие отметки изменяются также на пикетных и плюсовых точках, расположенных в пределах проектируемой вертикальной кривой.

В нашем примере такими точками являются ПК 2+00 – ПК 10+00; ПК 2+00 расположен в 39 м от начала вертикальной кривой, и изменение его рабочей отметки будет очень незначительно (0,07 м), ПК 6 удален от начала вертикальной кривой на $469 - 31 = 438$ м.

Определяем для ПК 6+00 величину:

$$y = \frac{x}{2R} = \frac{438^2}{2 \times 10000} = 9,59 \text{ м}$$

Рабочая отметка будет равна $8,20 - 9,59 = -1,39$ м, т.е. глубина выемки 1,39 м.

На ПК 10+00, удаленном от конца кривой на $469 - 369 = 100$ м

$$y = \frac{100^2}{2 \times 10000} = 0,50 \text{ м}$$

и исправленная отметка будет равна $3,59 - 0,50 = 3,09$ м.

Рабочие отметки 8,20 и 3,59 м указывают в скобках, а исправленные – 1,39 и 3,09 м – за скобками. Аналогичным путем определяем проектные и рабочие отметки на остальных промежуточных точках.

При величине тангенса $T=470$ м пикетажное положение:

начала вертикальной кривой $ПК 6 + 31 - 470 = ПК 1 + 61$

конца вертикальной кривой $ПК 6 + 31 + 470 = ПК 11 + 01$

Над проектной линией дужкой длиной, равным двум тангенсам, указываем положение и вид выпуклой кривой (кривизной вверх – выпуклые, вниз – вогнутые).

В начале дужки пишем 61, в конце – 01 – плюсовые расстояния от ближайшего меньшего пикета (рис. 13).

3.8. Оформление продольного профиля

В проектных организациях продольный профиль составляют на миллиметровой бумаге в туши или с помощью компьютерной программы.

При учебном проектировании вычерченный продольный профиль, на все проектируемые варианты трассы, на миллиметровой бумаге продольный профиль – основной технический документ проекта (в туши).

Все линии построения (непроектные) продольного профиля, ординаты продольного профиля, линия поверхности земли, грунтовой разрез, линия сетки – вычерчивают черной тушью (по указанию руководителя проекта), проектная линия и все линии других проектных данных – жирной или красной тушью).

Размеры (по высоте) цифр отметок земли по оси на пикетах, по бровке земляного полотна на переломах обычно составляют 3 мм, всех промежуточных – 2 мм, цифр километража – 5 мм, рабочих отметок – 2 мм.

При большой густоте плюсовые отметки располагают в шахматном порядке в промежутках между пикетными отметками или делают выноски.

Проектные и рабочие отметки продольного профиля при проектировании новых дорог (при целине) относятся к бровке земляного полотна, а для дорог с бортами или подзорами – к пониженной точке у борта или дна подзора. Рабочие отметки с точностью до 1 см надписывают на расстоянии 0,5 см от проектной линии.

Отметки оси земли, полученные интерполяцией, заключают в скобки.

Пикетаж в продольном профиле дают нарастающим числом с нумерацией между километрами от 0 до 9.

На коротких участках можно давать нумерацию пикетажа сквозную.

Все надпрофильные надписи: искусственные сооружения, репера, съезды и переезды, нагорные канавы, водосборы должны быть изображены в условных знаках и подписаны красным цветом. У проектируемых водопропускных сооружений (мостов, труб) указывают уровень ГПВ и ГВВ (ГПВ - горизонт паводковых вод), (ГВВ – горизонт высоких вод), диаметры и размеры сооружения тоже красным цветом. В конце профиля помещают штамп. Образец штампа приведен (прил.5).

В отличие от продольного профиля нового участка дороги на продольном профиле при реконструкции дороги дают проектные отметки отнесенные не к бровке земляного полотна, а к оси дороги.

Такой профиль вычерчивают в тех случаях, когда существующую дорожную одежду используют при проектировании новой одежды.

Линию поверхности земли наносят пунктиром, ось существующей дороги – тонкой черной линией, а проектную – жирной черной или красной при вычерчивании продольного профиля в туши.

Указания по составлению продольного профиля вновь проектируемой дороги относятся и к составлению профиля реконструируемой дороги.

При вычерчивании продольного профиля курсового проекта используют два цвета (черный и красный):

красным цветом оформляют рабочие отметки, проектную линию, вертикальные кривые и их элементы, искусственные сооружения, развернутый план трассы, проектные уклоны, проектные отметки, длины прямых и кривых, километровые знаки, проектные отметки кюветов и их уклоны, обозначения НК и КК, тип принятых поперечных профилей земляного полотна;

все остальные данные наносят *черным цветом*.

Пример оформления записки по вопросу проектирования продольного профиля

Продольный профиль запроектирован по нормативам дороги _____ категории с учетом требований безопасности и надежности, рельефных, грунтовых, гидрологических, гидрогеологических и климатических условий местности.

Основные показатели продольного профиля:

наибольший продольный уклон - _____‰
наименьший радиус вертикальных кривых:
выпуклой- _____м
вогнутой- _____м
наибольшая рабочая отметка- _____м
наименьшая рабочая отметка- _____м

Продольный профиль может быть разработан с применением программного комплекса «Robur Автомобильные дороги», «AutoCAD Civil 3D-2008» в соответствии с нормативным документом СНИП 2.05.02-85*

ГЛАВА 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Основными формами земляного полотна являются *насыпи, выемки, полунасыпи, полувыемки*.

В зависимости от высоты насыпи бывают:

- а) низкие (высотой до 0,6 м), возводимые за счет боковых и уширенных канав (кювет-резервов);
- б) средней высоты (0,6-2,0 м), возводимые из боковых резервов;
- в) высокие (2-12 м), возводимые из грунта выемок или сосредоточенных резервов (грунтовых карьеров);
- г) очень высокие (12 м и более), возводимые по индивидуальным проектам.

4.1. Технические требования к земляному полотну

Земляное полотно выравнивает рельеф местности и служит основанием для дорожной одежды проезжей части. Прочность и долговечность дорожной одежды в значительной степени зависят от прочности и неизменности земляного полотна. С целью снижения трудоемкости и стоимости строительства для устройства земляного полотна используют местные грунты различного состава с принятием мер от их увлажнения и придания им наибольшей возможной плотности. Для защиты от увлажнения устраивают водоотводные планировки и сооружения, обеспечивающие возможно более быстрый и полный отвод воды от дороги. Для получения нужной плотности грунты уплотняют при постройке.

Наблюдения показывают, что деформации земляного полотна могут произойти по разным причинам и выражаются в следующих формах:

- *осадка насыпи* из-за недостаточного уплотнения грунта при постройке. Под действием собственной массы, попеременного увлажнения и просыхания происходит уменьшение пористости и осадка грунта (рис.14, а).

- *просадка* пористых увлажненных слоев грунта в основании под земляным полотном вследствие отжатия воды весом насыпи. В районах распространения вечной мерзлоты осадка возможна за счет протаивания льда в грунтах под насыпью и выжимания воды массой грунта насыпи (рис.14, б).

- *расползание* насыпи вследствие воздействия ее из переувлажненных или мерзлых грунтов без надлежащего уплотнения. При оттаивании при воздействии собственной массы насыпи расползается (рис.14, в).

- обрушение откосов вследствие приданной им большой крутизны и влажности грунта (рис.54, г)

- сползание насыпи по крутому склону (рис.14, д).

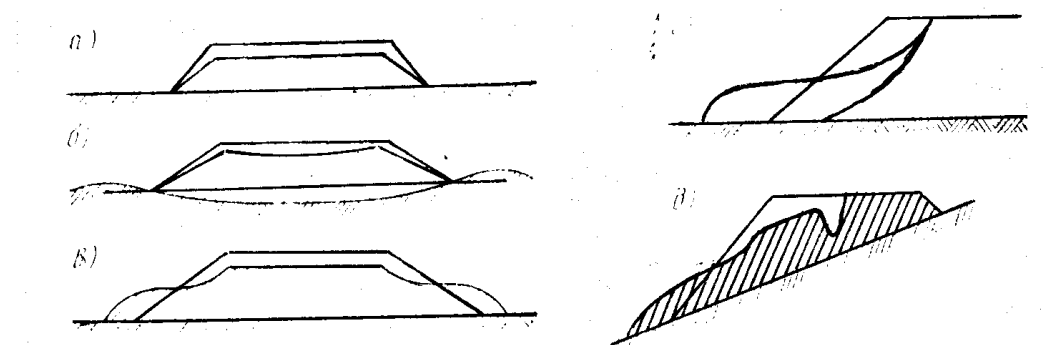


Рис.14. Деформации земляного полотна в насыпи

Свойства грунтов зависят от гранулометрического и минералогического составов, природных условий их залегания и изменяются под влиянием увлажнения и просыхания.

Для повышенной устойчивости сооружений из грунтов следует учитывать их природные свойства и применять при строительстве грунты, обладающие лучшими строительными свойствами. Однако в ряде случаев доставка к месту строительства грунтов с лучшими свойствами может быть связана с трудоемкими и дорогостоящими работами, поэтому приходится применять местные грунты и проектировать мероприятия для улучшения их свойств и защиты от действия неблагоприятных климатических и иных факторов.

Прочность грунта земляного полотна в основании под дорожной одеждой оценивают модулем упругости и модулем деформации.

Модулем упругости называют величину предельного напряжения под штампом, не вызывающего остаточной деформации при сжатии грунта, вызванной этой нагрузкой. Стабильность модуля упругости обеспечивает надежность дорожной одежды под нагрузкой от колес проезжающего транспорта.

Величина модуля упругости грунта земляного полотна в основании дорожной одежды обеспечивается постоянством плотности и влажности грунта. Повышение влажности грунта снижает величину модуля упругости. Поэтому основным требованием к проектированию земляного полотна автомобильной дороги является уплотнение грунта и защита его от увлажнения.

Уплотнение грунта производится при постройке земляного полотна послойной укаткой или трамбованием грунта при оптимальной влажности.

Повышение влажности в процессе эксплуатации дороги вызывает понижение значения модуля упругости.

4.2. Земляное полотно

Земляное полотно проектируют в зависимости от типа покрытия дорожной одежды, глубины и свойств слоев залегания торфов и сроков строительства дороги. Возможные конструкции приведены (рис. 15).

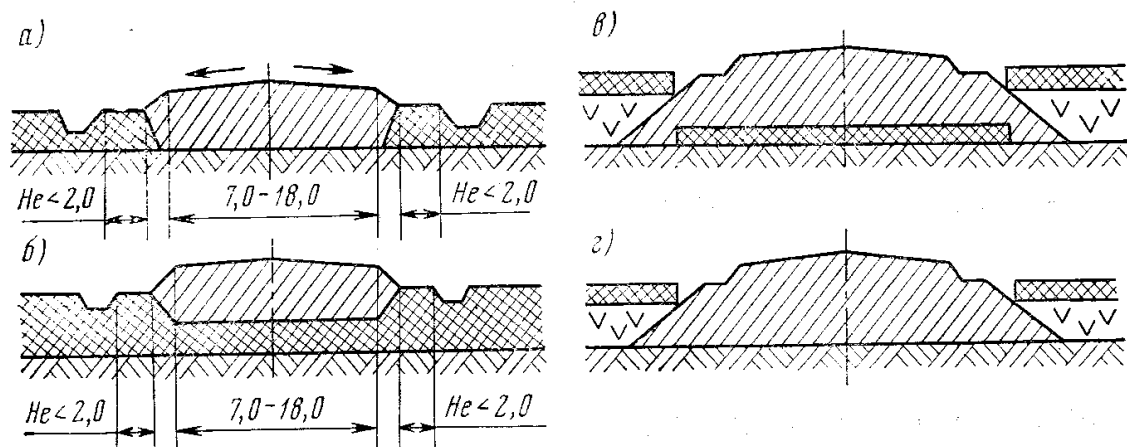


Рис. 15. Земляное полотно на болоте:

а - насыпь, погруженная на минеральное дно болота, *б* - насыпь на сжатом торфе, *в* - насыпь на сплавине, погруженной на дно болота, *г* - насыпь, погруженная на дно после предварительного разрушения сплавин

При проектировании дорог с усовершенствованным покрытием на мелких болотах торф удаляют и насыпь отсыпают из песчаного или супесчаного грунта, подвезенного из

карьера. При пересечении болот со сплавиной на торфу высокой и избыточной влажности насыпь возводят (рис.15, *в* и *з*) в зависимости от прочности сплавины. При прочной сплавине полосу шириной, равной основанию насыпи, вырезают и отсыпают насыпь из песчаного грунта с головы. Вес насыпи отжимает жидкий торф в стороны, и она ложится на дно болота.

При плотных мало влажных торфах насыпь отсыпают на поверхность болота, удаляя только верхний моховой слой толщиной h_1 (рис.15, *б*)

Осадку насыпи в торф определяют по формуле (15):

$$\delta = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \varepsilon_1} (H - h_1) = \frac{2,31g \frac{P_2}{P_1}}{A(1 + \varepsilon_1)} (H - h_1) \quad (15)$$

где: ε_1 – пористость торфа в залежи в естественном состоянии;

ε_2 – пористость торфа, определенная компрессионными испытаниями в лаборатории под нагрузкой $p_2 = (p_1 + H_n d + p_a)$;

d – объемная масса уплотненного грунта насыпи; H_n – высота насыпи; p_a – дополнительная нагрузка, эквивалентная весу расчетных автомобилей, поставленных на поверхности насыпи;

A – коэффициент сжатия определяют по формуле (16):

$$A = \frac{2,31g \frac{P_1}{P_2}}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (16)$$

При определении ε_2 строят компрессионную кривую (рис.16) в пределах изменения нагрузки от p_1 веса торфа в естественных условиях до p_2 с учетом веса насыпи и нагрузки от автомобилей. При испытании учитывают продолжительность осадки t_k образца толщиной h_0 в компрессионном приборе.

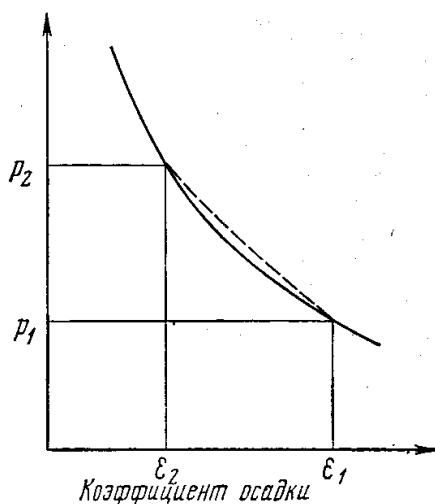


Рис. 16. Определение коэффициента осадка торфа под насыпью $\alpha = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{P_2 P_1}$

Продолжительность осадки насыпи при постройке приближенно может быть определена по формуле (17):

$$t_n = t_k \left(\frac{H_m}{h_o} \right) \quad (17)$$

где H_t – толщина сжимаемого слоя торфа под насыпью.

Устройство дорожного покрытия на насыпи допускается производить после того, как уплотнение (осадка) торфа под насыпью достигнет 90% расчетной.

Для ускорения осадки насыпей на сжатых торфах устраивают вертикальные дрены и разрезы (рис. 17). Продолжительность осадки зависит от времени, в течение которого вода из слоя торфа, сжатого весом насыпи, профильтрует в насыпной грунт в стороны. После отсыпки нижнего слоя насыпи из песка пробуривают скважины на взаимном расстоянии 4-5 м диаметром 25-30 см сквозь слой торфа до дна болота и засыпают их песком (рис. 17, а) или прорезают в торфе две продольные борозды шириной 0,8 – 1,0 м и засыпают их песком (рис. 17, б).

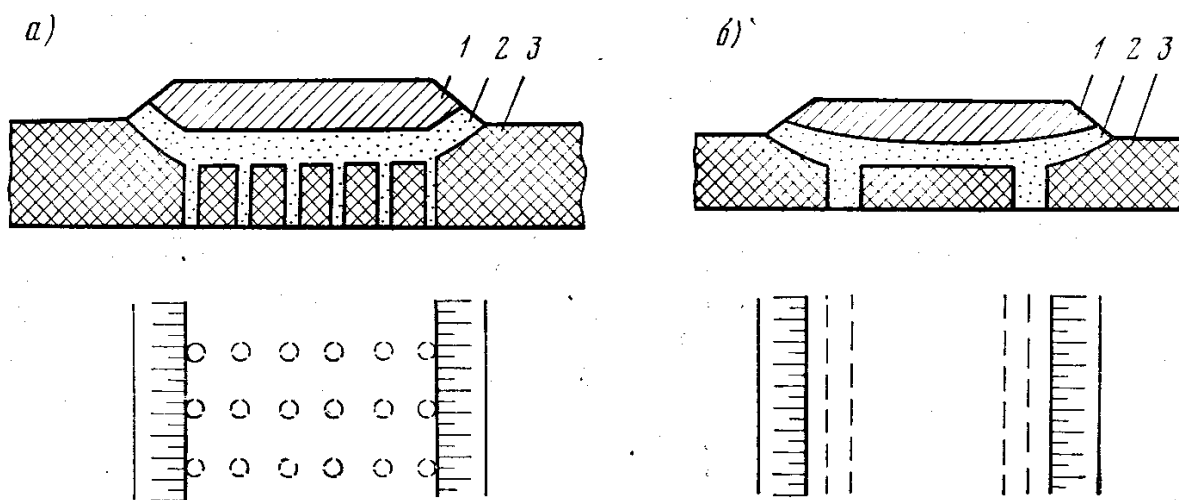


Рис. 17. Насыпь на сжатых торфах:

а – вертикальными дренами, б - устройством разрезов, заполненных песком;
1 – грунт, 2 – песок, 3 - торф.

Так как коэффициент фильтрации песка значительно больше, чем у торфа, то отжатие воды весом насыпи сокращается от 1- 2 лет до 2-3 мес.

При проектировании дорог местного значения, а также временных объездов на дорогах (например, во время ремонтных работ) устраивают дороги на деревянных настилах (рис. 17).

Земляное полотно проектируют и возводят, руководствуясь типовыми материалами для проектирования «Земляное полотно для автомобильных дорог общего пользования», которые разработаны в соответствии с планом типового проектирования утвержденного постановлением ГОССТРОЯ о в 1985 г, типовой альбом 503-0-48.87.

По индивидуальным проектам земляное полотно сооружают в следующих случаях:

- при высоте насыпей и глубине выемок более 12 м;
- при проектировании насыпей на слабых грунтах, на поймах рек, старотечий, озер и на болотах глубиной более 4 м или при меньшей глубине, когда не предусматривается выторфивание болот;
- при расположении земляного полотна на оползневых склонах;
- при пересечении насыпями крутых и глубоких балок и оврагов;
- при разработке выемок в неблагоприятных гидрогеологических условиях, а также при разработке выемок взрывами на выброс или с применением гидромеханизации;

• при других неблагоприятных геологических и гидрологических условиях (карстовых явлениях, обвалах, снежных лавинах и пр.).

Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что насыпи устойчивы, когда они возведены на прочном основании из хорошо уплотненных грунтов (табл. 5), поэтому перед возведением насыпей необходимо определить прочность грунтов в основании и пористые грунты уплотнить.

Таблица 5

Виды земляного полотна автомобильной дороги

Виды земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоев от поверхности покрытия, м	Коэффициент уплотнения в случаях применения покрытий			
			усовершенствованных капитальных		усовершенствованных облегченных, переходных	
			II, III	IV, V	II, III	IV, V
Насыпи	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	0,95	0,95	0,95
	Нижняя подтапливаемая	1,5-6,0	0,98 0,95	0,95	0,95	0,95
Выемки и естественные основания невысоких насыпей	В слое сезонного промерзания	До 1,2*	1,0 0,98	0,98 0,95	0,98 0,95	0,95
	Ниже слоя сезонного промерзания	До 1,2*	0,95	0,95 0,92	0,95 0,92	0,90

*В пределах IV и V дорожно-климатических зон до 0,8.
Примечание. Большие значения коэффициента уплотнения следует принимать в случаях применения цементобетонных и цементогрунтовых покрытий и оснований, а также усовершенствованных облегченных покрытий

Слой рыхлых и увлажненных грунтов в основании насыпи может дать сильную осадку, деформирующую насыпь. При небольшой мощности рыхлых слоев их следует удалять перед возведением насыпи, а при большой мощности укреплять.

При наклоне поверхности основания до 1:5 его рыхлят и после выравнивания уплотняют вместе с нижним слоем насыпи.

При уклоне более 1:5 поверхность основания перед отсыпкой грунта подготавливают путем устройства уступов, а отсыпку насыпи производят последовательными горизонтальными слоями с уплотнением каждого слоя.

Устойчивость земляного полотна во многом зависит от крутизны откоса, его заложения (табл. 6), который определяется высотой насыпи и вида грунта.

Степень уплотнения проверяют измерением объемной массы уплотненного слоя и сравнением ее с объемной массой сухого скелета того же грунта, уплотненного стандартным способом по формуле (18):

$$p_{sp} \geq kp_{max} \quad (18)$$

где: p_{sp} – объемная масса сухого скелета грунта, уплотненного в насыпи, г/см³;

p_{max} – объемная масса сухого скелета грунта, уплотненного в лаборатории стандартным способом, г/см³; k – коэффициент уплотнения.

Характеристика земляного полотна

Характеристика насыпей и выемок	Крутизна откосов насыпей и выемок
Насыпи высотой до 6м из глинистых грунтов	1:1,5
Насыпи высотой более 6м; откос нижней части насыпи высотой от 6 до 12 м	1:1,75
Насыпи высотой до 12м из нецементированных обломочных грунтов	1:1,5
Насыпи высотой до 6м из камня слабовыветрившихся скальных пород (в зависимости от крупности от крупности, постелистости и прочности камня)	1:1 – 1:1,5
Насыпи в поймах рек (в зависимости от свойств грунта, скорости течения воды и типа укрепления)	1:1,5– 1:2
Насыпи высотой до 2 м	1:3 - 1:4
Выемки глубиной до 12 м в песчаных и глинистых грунтах однородного напластования	1:1,5
Выемки в лессах:	
В условиях засушливого климата	1:0,1 – 1:0,5
В условиях в зависимости от глубины и прочности грунта	1:0,5 – 1:1,5
выемки в крупнообломочных грунтах	1:1 – 1:1,5
В условиях скальных породах	1:0,2 – 1:1,5

Значения требуемого СНиП 2.05.02-85* коэффициента уплотнения приведены (табл. 5). Устойчивость насыпи обеспечивается также надлежащей крутизной откосов. Уклон откосов насыпей и выемок приведен (табл. 6) в зависимости от свойств грунта и высоты земляного полотна. При большой высоте насыпи или глубине выемки откос делают переменной крутизны.

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены (рис. 18-23).

В косогорных местах, где для устройства насыпей не хватает грунта из выемок, целесообразно расширять выемки (рис. 20).

При этом улучшаются условия проветривания и осушения земляного полотна в выемке, облегчается зимняя снегоборьба, так как создается возможность уборки снега с проезжей части и земляного полотна во время метели и снегопада, улучшается видимость, появляется возможность устройства пологих откосов земляного полотна, что повышает безопасность движения.

Согласно СНиП 2.05.02-85 откосы насыпей, возводимых из боковых резервов при высоте насыпей на дорогах I – III категории до 1,5 м и на дорогах IV-V категории до 1 м, принимают как правило, не круче 1:3 (рис. 18, а, б, г); при высоте насыпи до 6 м – 1:1,5 (рис. 18, в); до 12 м в верхней части высотой до 6м – 1:1,5 в нижней части 1:1,75 (рис. 18, д, е). Для обеспечения независимости дороги снегом и песком насыпи высотой до 1,5 м проектируют с более пологими откосами 1:4 – 1:6.

Крутизну откосов выемок глубиной до 12 м принимают: в глинах, суглинках, супесях и песках однородного напластования – 1:1,5; в лессах от 1:0,1 до 1:1,5, в крупнообломочных (щебеночных, гравелистых и др.) от 1:1 до 1:1,5, в слабовыветренных скальных породах 1:0,2; в прочих скальных породах от 1:0,2 до 1:1,5 (рис. 19). Для устойчивости откосов в глубоких выемках (глубже 6 м) устраивают полки шириной не менее 3 м, располагаемых в зависимости от напластований грунтов и выхода грунтовых вод, но не более чем через 6 м по высоте. В выемках глубиной до 1 м из условия независимости снегом и песком допускают откосы крутизной 1:4 – 1:6; целесообразно также в этом случае предусматривать раскрытые выемки (рис. 19 а) или выемки, разделенные под насыпь (рис. 19, б).

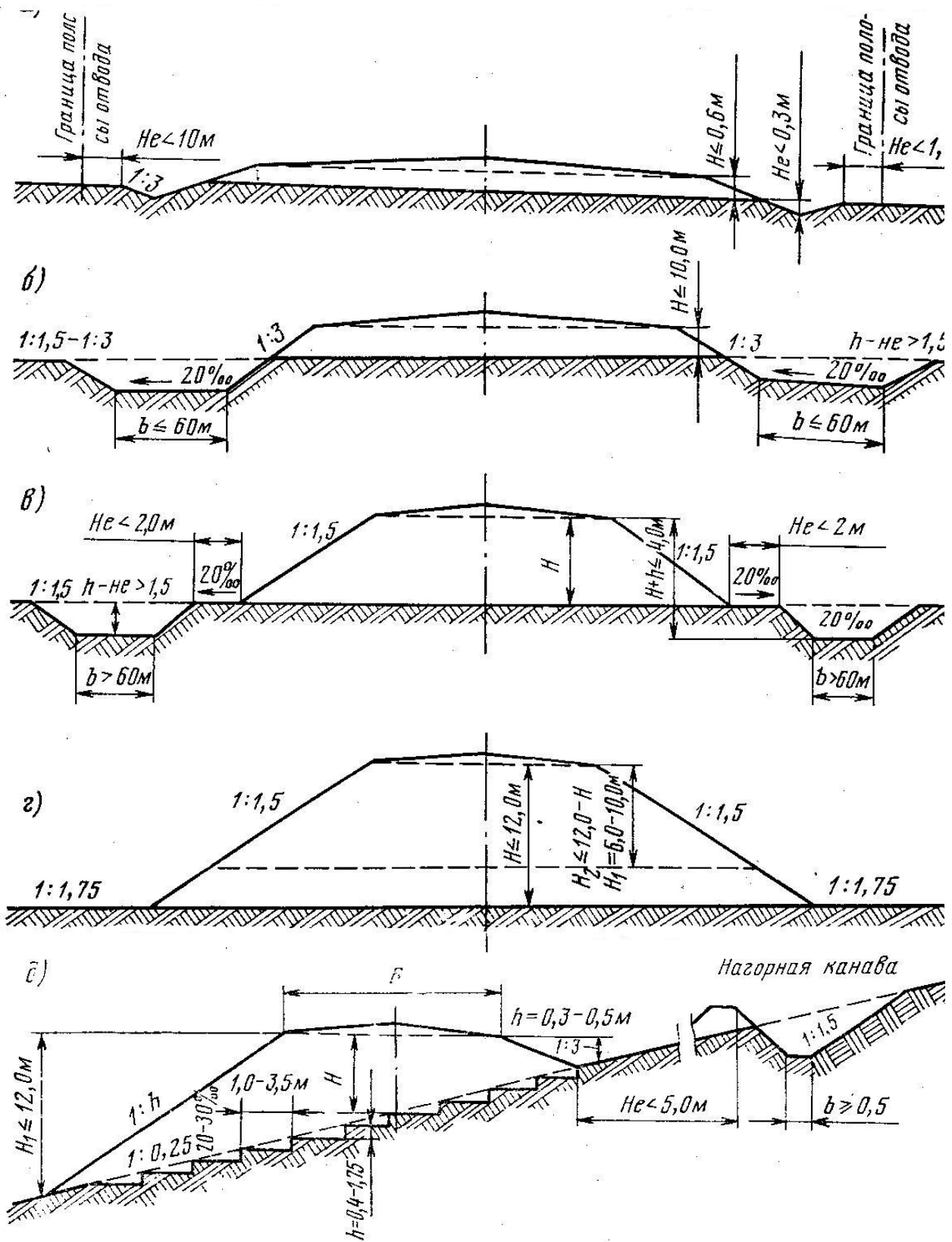


Рис.18. Поперечные профили земляного полотна в насыпях: а – в песчаных и супесчаных грунтах с треугольными кюветами; б- с кюветами-резервами; в - с резервами; г – в высокой насыпи; д – на косогоре

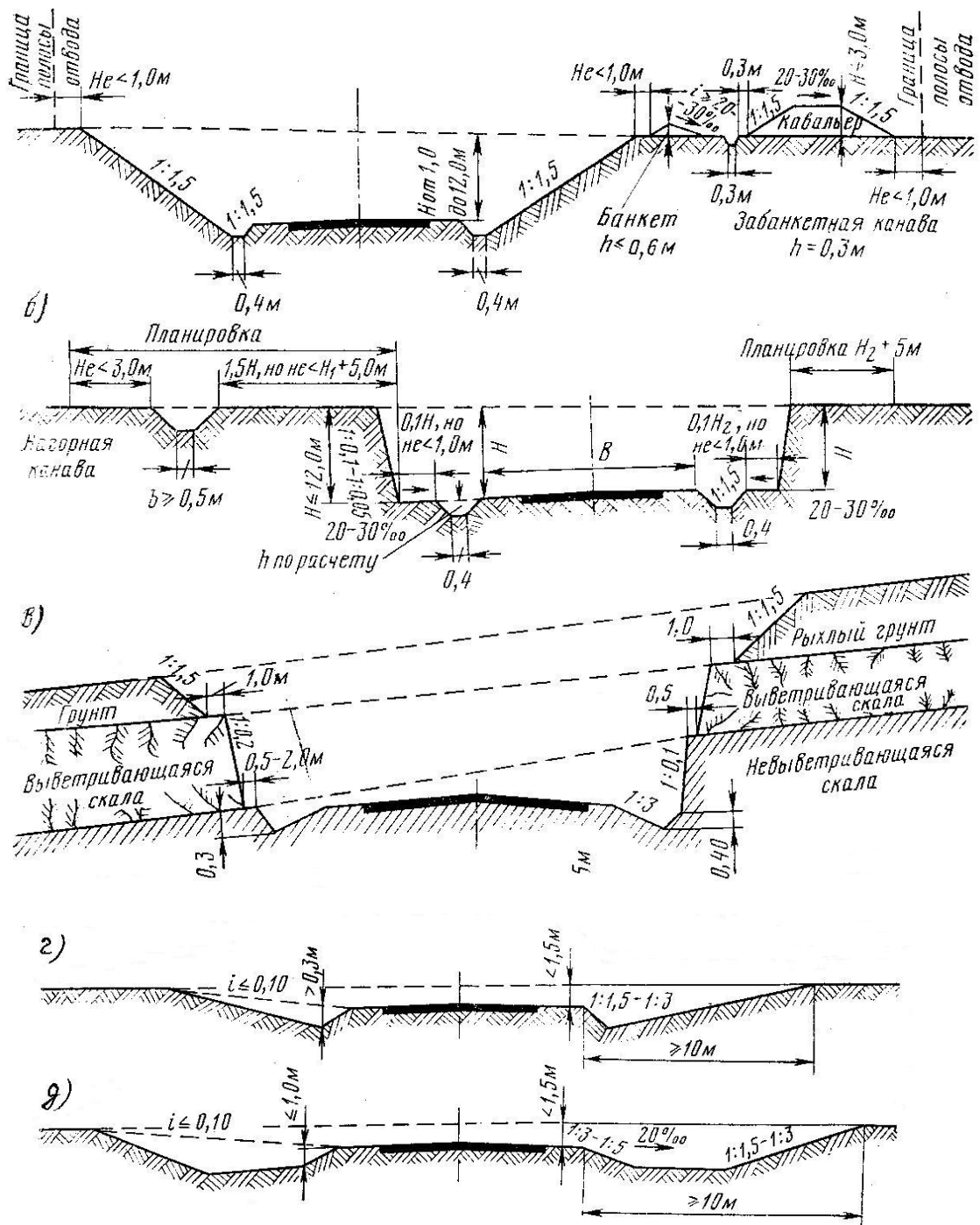


Рис. 19. Поперечные профили земляного полотна в выемках: а – при устройстве кавальеров, б – в сухих лессовых грунтах; в – в слоистых грунтах; г – раскрытая мелкая выемка в снегозаносимых местах; д – выемка, разделенная под насыпь

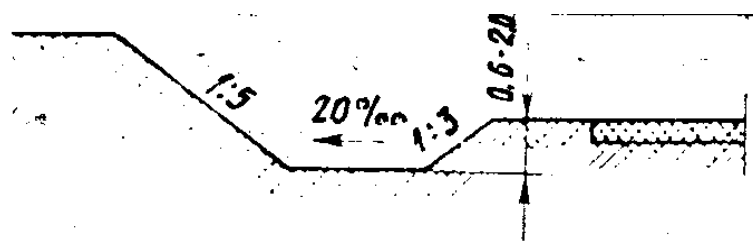


Рис. 20. Уширение выемки

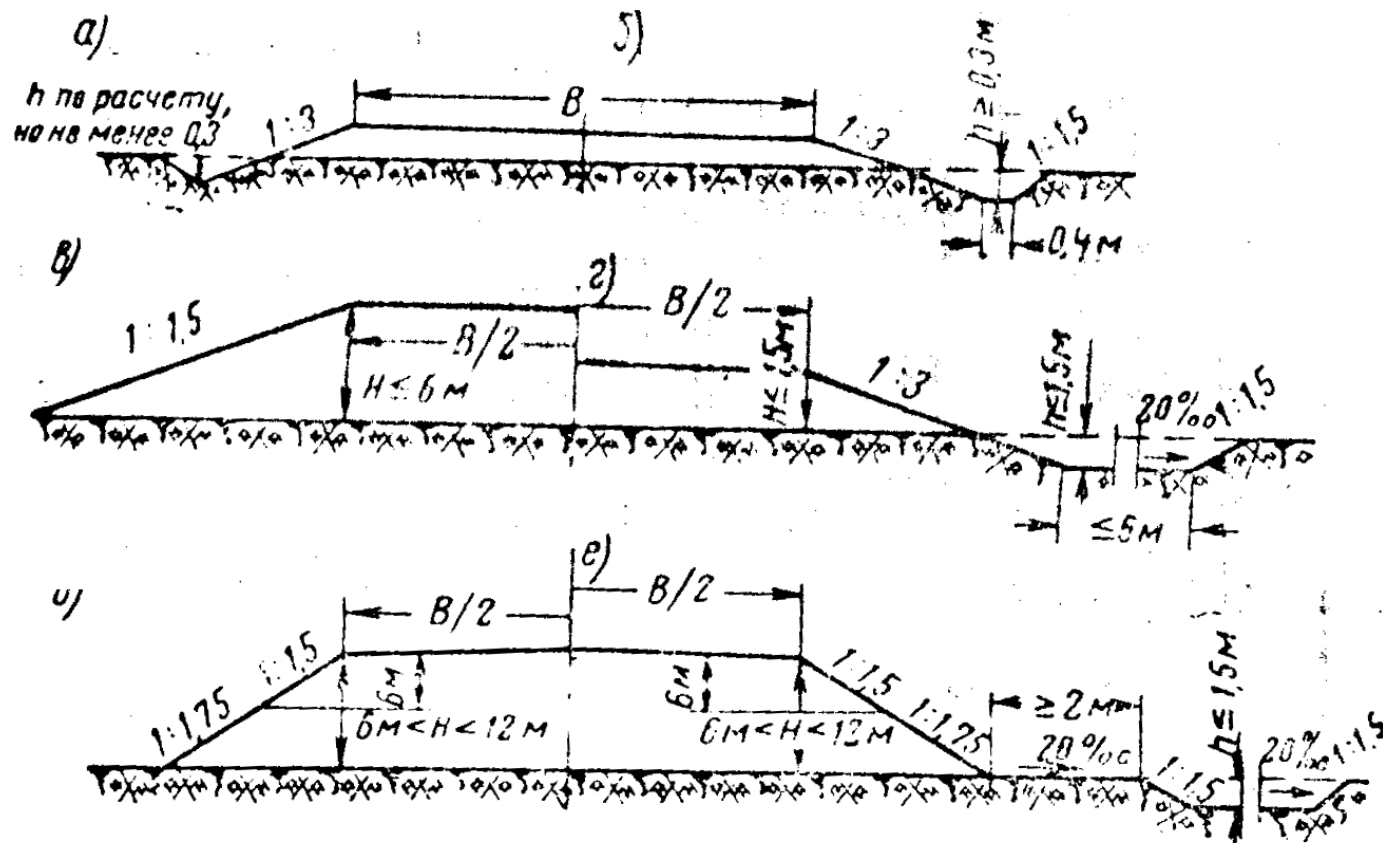


Рис. 21. Типовые поперечные профили земляного полотна в насыпях для дорог I-III категории:
 а – насыпь высотой до 0,6м с треугольными лотками, б – то же, с трапецидальными кюветами;
 в – насыпь высотой до 6м из привозного грунта; г – насыпь высотой до 1,5м с резервом;
 д - насыпь высотой от 6 до 12м из привозного грунта; е – насыпь высотой от 6 до 12м с резервом

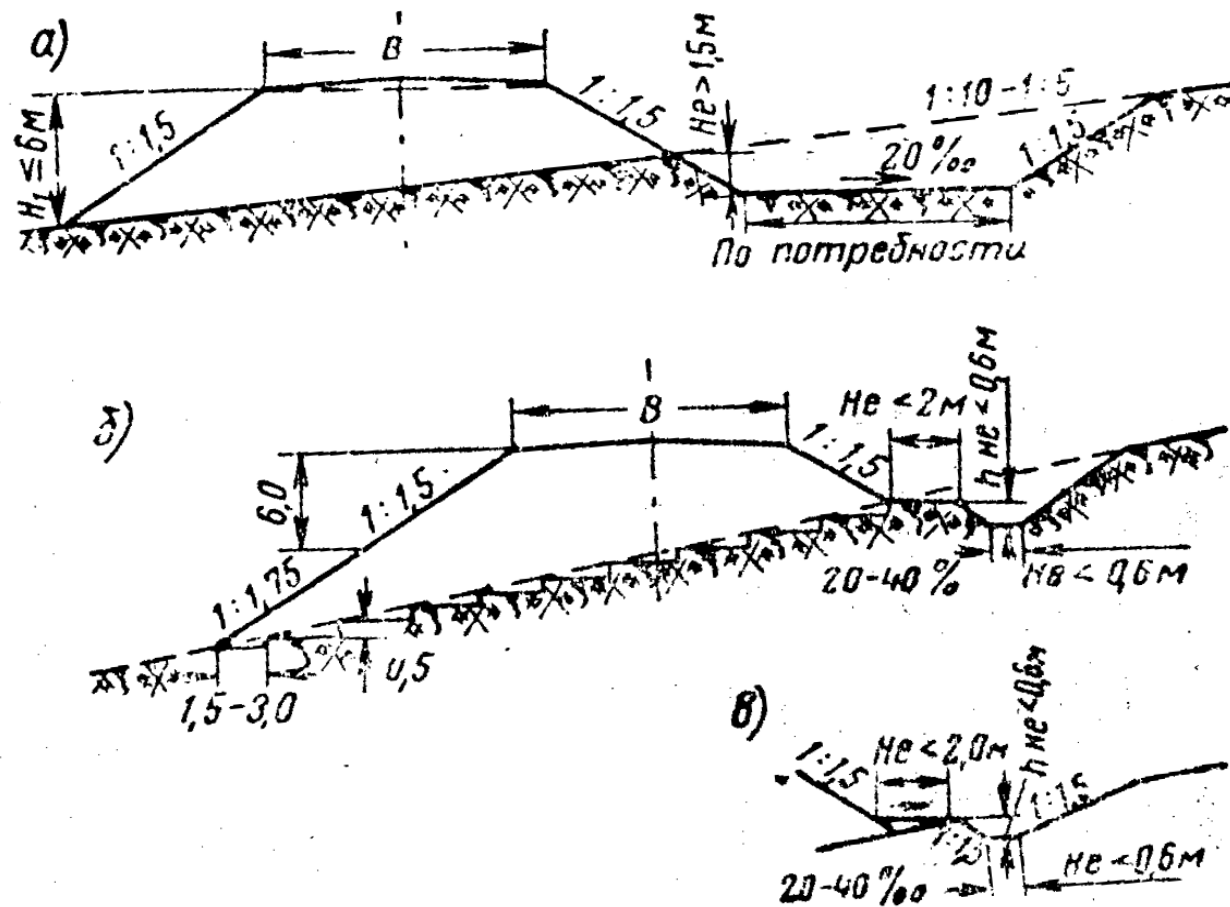


Рис. 22. Типовые поперечные профили земляного полотна на косогорах с крутизной 1:10 до 1:5
 а - насыпь с устройством резерва (поверхность косогора перед отсыпкой насыпи разрыхляют);
 б - насыпь с нагорной канавой; в - вариант устройства канавы

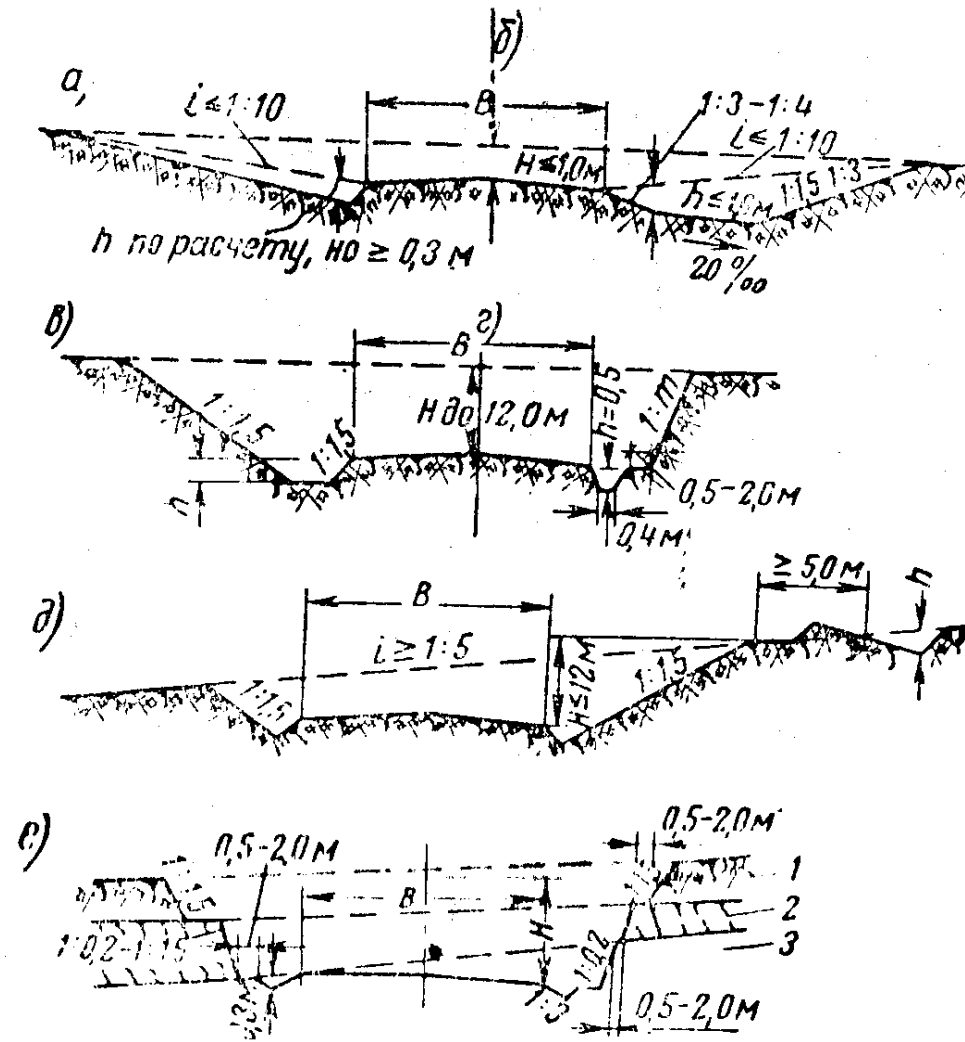


Рис. 23. Типовые поперечные профили земляного полотна в выемках:

- a* – раскрытая выемка глубиной до 1м; *б* – выемка глубиной до 1м, разделенная под насыпь; *в* – выемка глубиной от 1 до 12м в однородных глинистых и песчаных грунтах при отсутствии косогорности; *г* – выемка глубиной от 1 до 12м в легко выветривающихся скальных грунтах;
- д* - выемка на косогоре крутизной более 1:5; *е* – выемка в неоднородных пластах грунтов; 1- рыхлый грунт; 2 – сильно выветрившаяся скала; 3 – слабо выветрившаяся скала

Крутизну откосов боковых канав и резервов назначают в зависимости от вида грунта равной 1:1,5 и менее, а в скальных грунтах от 1:0,1 до 1:1.

При крутизне косогоров от 1:10 до 1:5 кювет-резерв располагают с нагорной стороны (рис. 23, а), уступы шириной 1,5 – 3,0 м проектируют при крутизне косогора 1:5 (рис 23, б). Устойчивость насыпей на крутых косогорах обеспечивают устройством подпорных стен или контрбанкетов из камня.

В проектное задание включают только нетиповые поперечные профили земляного полотна, в остальных случаях делают ссылку на типовые действующие проекты. На продольных профилях в графе 4 указаны границы применения соответствующих типов земляного полотна.

Размеры резерва при примерно одинаковых рабочих отметках и продольных уклонах проектной линии (не менее 3‰), не требующих проектирования углубленных резервов, могут быть определены по упрощенным формулам (19 и 20):

$$\text{ширина поверху} \quad b_1 = \frac{w_0}{h_0} + mh_0, \quad (19)$$

$$\text{ширина понизу} \quad b_2 = \frac{w_0}{h_0} - mh_0, \quad (20)$$

где: w_0 - площадь сечения насыпи, возводимой из грунта резерва, без учета поправки на уплотнение и переуплотнение.

При разных рабочих отметках и углубленных резервах w определяют по балансу земляных масс $V_{рез} = V_{нас}$.

Среднее сечение насыпи определяют по объему грунта на данном участке $w_0 = \frac{V_{нас}}{2l}$, а при двухсторонних резервах $w_0 = \frac{V_{нас}}{l}$;

где h_0 - средняя глубина резерва от поверхности земли; m – коэффициент крутизны откоса.

В отдельных случаях, исходя из ширины полосы отвода и ширины подошвы насыпи, по фактической ширине резервов поверху и глубине определяют объемы грунта, который может быть получен из резервов для возведения насыпи, если этого грунта достаточно.

4.6. Подсчет объемов земляных работ

Исходным для подсчета является призматок с поперечным сечением, имеющим форму трапеции. Высота сечений равна рабочим отметкам H_1 и H_2 , выписанным с продольного профиля. Длина призматок L равна расстоянию между отметками H_1 и H_2 по продольному профилю. Боковые откосы имеют крутизну $1:n$.

Объемы насыпей или выемок могут быть определены по формулам, специальным таблицам, номограммам и графикам.

Объем земляного полотна подсчитывают на всем протяжении проектируемого участка, исключая отверстия мостов, превышающих 4 м.

Объемы насыпей и выемок по формулам (21) и (22) могут быть определены по полусумме площадей поперечного сечения полотна или по средней площади сечения полотна, соответствующей величине средней рабочей отметки

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L - \frac{m \times (H_1 - H_2)^2}{6} L, \quad (21)$$

или

$$V = F_{\text{ср}}L + \frac{m \times (H_1 - H_2)^2}{12} L, \quad (22)$$

где: H_1 и H_2 - смежные рабочие отметки на пикетах или на промежуточных (плюсовых) точках, взятые из продольного профиля, м; m - коэффициент крутизны откоса; L - длина участка между рассматриваемыми сечениями земляного полотна, м.

Все поперечные профили номеруют в порядке хода километража и их номера записывают в продольном профиле в вертикальных линиях соответствующих пикетов и плюсов непосредственно над сеткой продольного профиля. Это необходимо для того, чтобы при разбивке профилей на местности перед началом земляных работ были учтены все особенности поперечного профиля, назначенные проектировщиком на каждом плюсе, а также для того, чтобы при подсчете объемов земляных работ и составлении ведомостей попикетного подсчета не были пропущены назначенные проектировщиком детали профиля.

Земляное полотно должно быть построено сразу на полный проектный профиль до уровня основания дорожной одежды или морозозащитного слоя (если этот слой запроектирован) и в насыпной части должно формироваться как единый грунтовый массив. Всякие присыпки на наклонные поверхности ранее отсыпного грунта неустойчивы и легко разрушаются под воздействием климатических факторов (увлажнение, замерзание и оттаивание и пр.) и нагрузок от движения транспортных средств. Поэтому в проекте для руководства строителям должны быть даны четкие указания о том, что где и когда и что должно быть построено. С этой целью все результаты проектирования и подсчеты объемов земляного полотна должны быть даны в одном комплексе - чертежи продольного и поперечных профилей земляного полотна, ведомости покิโลметрового подсчета объемов и распределения земляных масс с указанием мест расположения карьеров грунта, чертежи притрассовых резервов грунта.

Для облегчения подсчетов объемов земляных работ разработаны таблицы¹.

Таблицы дают возможность определить объемы земляного полотна при рабочих отметках, изменяющихся для насыпей и выемок через 0,02 м. В объемы выемок включены объемы кюветов глубиной 0,3 м. При иной глубине (0,4; 0,6; 0,8 м) даны поправки ΔQ .

Для получения объемов земляных масс при ширине земляного полотна, не соответствующей, можно вводить поправку по формуле (23):

$$V = (A_1 - A_2) \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) L, \quad (23)$$

где: A_1 - требуемая ширина земляного полотна, м; A_2 - тоже, в приложении 14, м

Как указано выше, мосты отверстием 4 м и более из объема исключают. Предварительно устанавливают пикетажное положение начала и конца моста интерполяцией по продольному профилю - соответствующие высоты насыпей.

Ведомость подсчета объемов приведена (табл. 31, 32).

Если на местности уклоны косогора превышают 100%, объемы земляных работ подсчитывают по формулам отдельно для насыпей (полунасыпей) и отдельно для выемок (полувыемок) или по таблицам 11 и 12 Н.А.Митина «Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог».

В пересеченной местности с переменной крутизной поперечного уклона косогора объем может быть определен по формуле (24):

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L, \quad (24)$$

При подсчете объемов по формулам все данные о площадях заносят в таблицу в 7,8,9 колонки; при отсутствии косогорности эти колонки из таблицы можно исключить. Для определения площадей при любом профиле местности поперечные сечения земляного полотна разбивают на простейшие геометрические фигуры.

Поправки на разность смежных рабочих отметок учитывают только в том случае, когда они превышают 1 м, а длина участка более 50 м. Величину поправки на разность смежных рабочих отметок определяют по формуле (25):

$$\frac{m(H_1 - H_2)}{12} L \quad (25)$$

где m - коэффициент крутизны откоса; H_1 и H_2 - смежные рабочие отметки, м; L - длина участка, м.

Эту поправку во всех случаях прибавляют к подсчитанным объемам насыпей или выемок. При подсчете объемов земляных масс нужно также учитывать поправку к табличным значениям на устройство корыта (рис. 24).

Формулы (43) и (44) составлены в предположении, что поверхность земляного полотна горизонтальна. Так как в действительности она не горизонтальна, то к объемам, определенным по таблицам необходимо прибавить объем сточной призмы и вычесть объем корыта, т.е. учесть следующую поправку по формуле (26):

$$\Delta V = (m_0 - k_0)L, \quad (26)$$

где: $m_0 = a_0 i_0 (a_0 + b_0) + \frac{b_0^2 i_k}{4}$ - площадь сечения призмы ABCA (рис.24), м² k_0 - $b h_k$ - площадь $abc'da$, м²

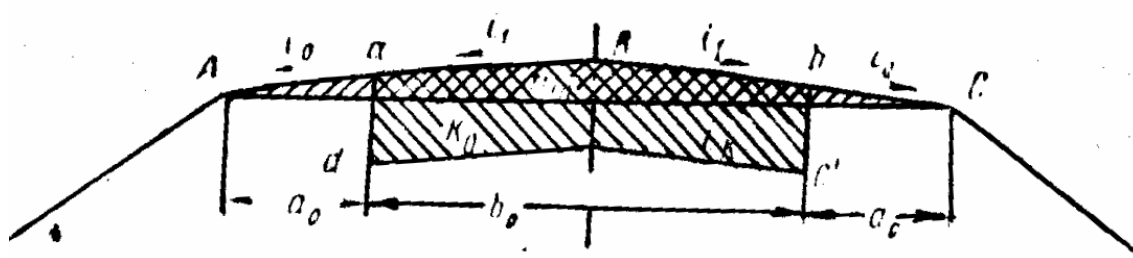


Рис. 24. Поперечное сечение земляного полотна при устройстве корыта

4.4. Составление ведомости поикетного подсчета объемов земляных работ

Ведомость поикетного подсчета объемов земляных работ является документом, суммирующим объемы работ, выполняемые по постройке земляного полотна на всем протяжении дороги. В последних графах ведомости проектировщик дает рекомендации о порядке использования грунтов, получаемых из выемок, и источниках получения грунтов для возведения насыпей, а также оптимальных методах выполнения землеройных и транспортных работ и работ по укладке и уплотнению грунтов в насыпях. исходя из сроков постройки дороги, свойств грунтов, расстояний и условий их перемещения и уплотнения проектировщик дает рекомендации по типам и маркам машин, применение которых в данных конкретных условиях наиболее эффективно.

Для систематизации условий и облегчения подсчета используют форму «Ведомость поикетного подсчета объемов земляных работ» (табл. 7), в которой характеризуются:

- размеры земляных сооружений по длине трассы (графы 1-7),
- объемы возводимых насыпей и разработки выемок на участках с малым поперечным уклоном (графы 8-11) и на косогорах (графы 12-15),
- условия производства работ (графы 18-23) с рекомендациями типов землеройных и транспортных машин, наиболее эффективных в местных природных условиях.

Из продольного профиля (с грунтового разреза) в гр.18 записываются категории грунтов из выемок в смежные насыпи или отвалы и расчеты размещения грунтов из притрассовых резервов или карьеров грунта. Объемы записывают в графы 19,20 и 21, а расстояния возки в гр.22.

В зависимости от расстояния возки, прочности и условий залегания грунтов в гр.23 записывают марки землеройных машин, наиболее целесообразные для использования в местных условиях.

Номера километров и покилометровые итоги граф с 16 по 23 переносят в ведомость покилометровых объемов земляных работ (табл.8).

4.5. Поправка на уплотнение грунтов в насыпях

СНиП 2.05.02-85* устанавливает коэффициенты требуемой плотности грунтов в насыпях и выемках (табл.5). Плотности грунтов в условиях естественного залегания в резервах, карьерах и выемках неодинаковы, и их определяют в лаборатории по образцам, взятым на местности с ненарушенной структурой.

Образцы определенного объема V_{ez} в условиях естественного залегания высушивают при температуре 103-105°C, взвешивают P_c и определяют объемную массу скелета грунта в условиях залегания определяется по формуле (27):

$$\delta_{ez} = \frac{P_c}{V_{ez}} \quad (27)$$

Определяют объемную массу того же грунта, уплотненного в лаборатории стандартным методом $\delta_{ст}$, г/см³.

В земляном полотне грунт должен быть уплотнен до показателя плотности k_n (табл. 5) и масса единицы объема в насыпи должна быть $\delta_n = k_n \delta_{ст}$. Отсюда соотношение объема грунта в насыпи и объема того же грунта в месте залегания определяется по формуле (28):

$$k_y = \frac{\delta_n}{\delta_{ez}}, \quad (28)$$

где: k_y – коэффициент относительного уплотнения.

Для постройки насыпи с геометрическим объемом V_n необходимо взять из резерва $V = k_y V_n$, m^3 грунта.

В каждом карьере и выемке могут быть свои изменения показателей относительно уплотнения грунта.

Величины поправок для насыпи и выемки одинаковы, но имеют различные знаки.

Если $m_0 > k_0$, то объем насыпи должен быть увеличен, а объем выемки уменьшен.

При $m_0 < k_0$ поправка должна быть вычтена из объема насыпи и прибавлена к объему выемки.

Рассмотрим определение величины поправки на устройство корыта глубиной 0,40 м при ширине проезжей части 7 м, ширине обочины 2,5 м, поперечном уклоне проезжей части 20‰ и обочин 40‰.

Сечение сточной призмы

$$m_0 = 2,5 \times 0,04(2,5 + 7,0) + \frac{7,0^2 \times 0,02}{4} = 1,19 \text{ м}^2$$

Площадь сечения корыта

$$k_0 = 7,0 \times 0,40 = 2,80 \text{ м}^2$$

Величина поправки к объему земляных работ для участка длиной 100 м составит:

$$\Delta V = (1,19 - 2,80) \times 100 = -161 \text{ м}^3$$

Полученный по таблице объем насыпи на каждом пикете должен быть уменьшен на 161 m^3 , а в выемках увеличен на столько же. При другой длине участка поправка пропорционально изменяется.

В последней графе ведомости указывают распределение земляных масс (табл.7). Если насыпь возводится из грунта резерва, в числителе указывают объемы вывозимого грунта с индексом P , в знаменателе - дальность возки; объем грунта, перевозимого в насыпь из выемки, указывают против соответствующей насыпи с индексом V_n (в числителе) и расчетная дальность возки в знаменателе. При вывозке грунта из выемки в кавальер применяют индекс K_k . Расстояние возки округляют по группам 20, 50, 100, 200 м; 0,05, 1, и 2 км и т.д.

В ведомости по каждому километру подводят итоги, которые затем переносят в покилометровую ведомость объемов земляных работ. Объемы насыпей и выемок (графы 14 и 15) называют *профильной кубатурой*. Схему объемов насыпей и кавальеров (или выемок и резервов) называют *оплачиваемыми земляными работами*.

В рассматриваемых примерах вычисленные объемы земляных работ оказались равными по основному ходу насыпей 44932 m^3 , выемок 10418 m^3 , а по варианту – насыпей 65415 m^3 , выемок 39399 m^3 .

Так как весь грунт из выемок проектируем использовать для отсыпки насыпей (без кавальеров), объем оплачиваемых земляных работ фактически равен объемам насыпей, т.е. основному ходу – 44932 m^3 , по варианту 65415 m^3 .

Пример оформления записки по вопросу проектирования земляного полотна

Поперечные профили земляного полотна запроектированы из условий обеспечения необходимой прочности и устойчивости и максимального сохранения ранее отсыпанной насыпи дороги, применительно к типовому проекту 503-0-48.87 «Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования».

Ширина земляного полотна в соответствии со СНиП 2.05.02-85* принята 10,0 м. Ширина проезжей части 3,00 м. Ширина обочин 2,00 м.

Откосы земляного полотна для насыпей высотой до 3,0 м приняты с заложением 1:4, для насыпей высотой от 3,0 до 6,0 м приняты с заложением 1:1,5. Крутизна откосов насыпи на участках устройства труб принимается 1:1,5. Типовые и индивидуальные поперечные профили земляного полотна и таблица их привязки даны на чертежах.

При проектировании поперечных профилей определяют типы поперечных профилей, которые преобладают на всем протяжении трассы. Следует указать, какие типы поперечных профилей назначены в проекте и привести ведомость привязки типовых поперечных профилей (табл. 9).

Таблица 9

Ведомость типовых поперечных профилей

Тип 1		Тип 2	
С ПК.+..	С ПК.+..	С ПК.+..	С ПК.+..

ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

5.1. Установление исходных данных

Чтобы запроектировать трубу, необходимо знать, какой расчетный расход воды Q_p она должна пропустить. От величины и будет зависеть диаметр (отверстие) трубы.

Для определения Q_p вычисляют:

- расход от ливневых вод — Q_l
- расход от талых вод — Q_t

Большее из этих двух значений принимается за расчетный расход Q_p

- Район проектирования — принимается по заданию.
- Техническая категория дороги — то же.
- Площадь водосборного бассейна (F , км²) — определяется по карте.

Площадь водосборного бассейна находят по топографической карте в горизонталях, очерчивая ее по водораздельным линиям (рис.25). Определяется длину лога ($L=0,4$ км), измеряя по оси тальвега (пунктирная линия рис.25). Расстояние центра тяжести бассейна до сооружения определяем по плану бассейна в зависимости от его конфигурации:

- при треугольном очертании бассейна $L_0=L/3$;
- при прямоугольном очертании бассейна, его расстояние примерно равно половине длины бассейна $L_0=L/2$;
- при прямоугольном очертании с вершиной у трассы $L_0=2L/3$.

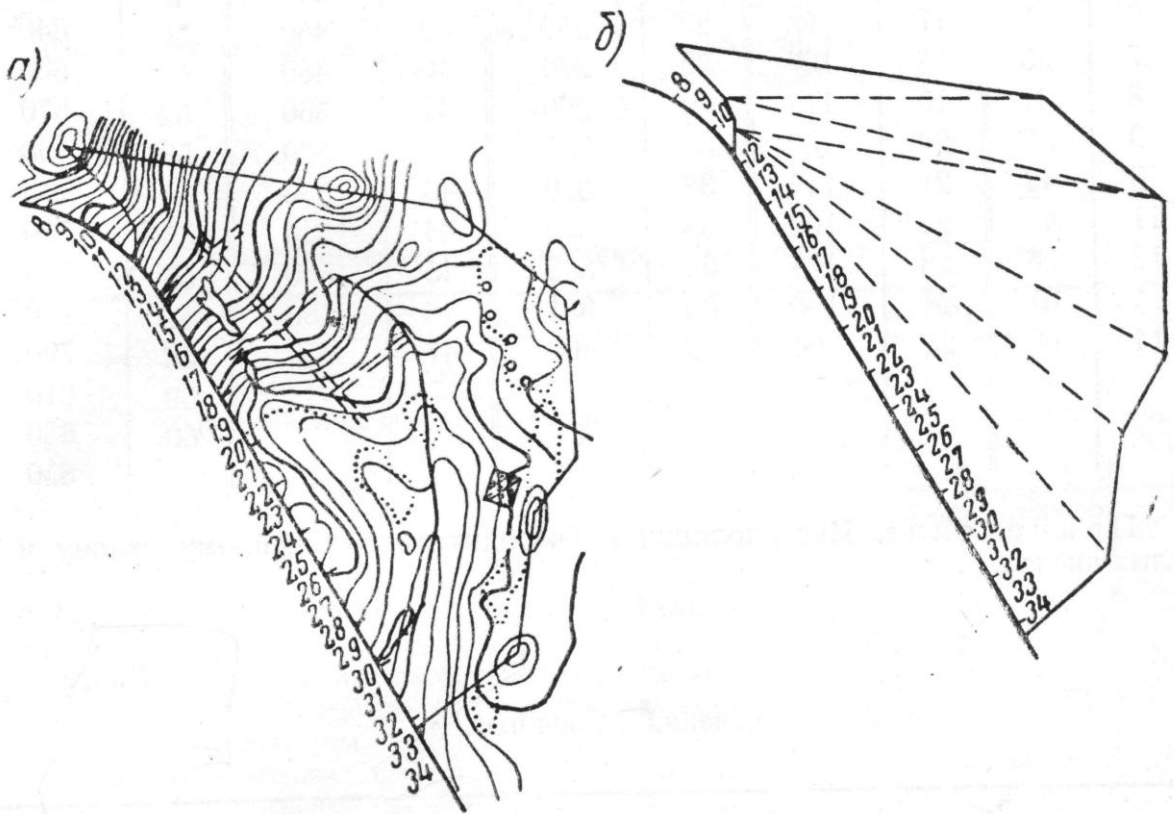


Рис.25 План бассейна стока.

а) контур водосборного бассейна, б) площадь бассейна.

4. Длина главного лога (L , км) — то же.
5. Уклон главного лога (i_l ‰) — определяется по карте и по формуле 29:

$$i_l = \frac{H_v - H_m}{L} \times 1000\text{‰} \quad (29)$$

где H_v — отметка верхней точки лога (м); H_m — отметка лога у трубы (м);
 L — длина главного лога (м);

6. Уклон лога у сооружения (i_c) — определяется по карте и по формуле 30:

$$i_c = \frac{h_b - h_n}{100} \times 1000\text{‰} \quad (30)$$

h_b и h_n — точки, расположенные на 50м выше и на 50м ниже осевой точки трубы.

7. Грунты — принимаются по зданию.
8. Растительность, характеристика склонов и русла — определяются по карте.
9. Вероятность повышения паводка ВП% (табл. 10)

Таблица 10

Вероятность повышения паводка ВП%

Сооружения	ВП%
Постоянные мосты на дорогах I-III категорий и трубы на дорогах I категории	1
Постоянные мосты на дорогах IV и V категорий и трубы на дорогах II и III категорий	2
Деревянные мосты и трубы на дорогах IV и V категорий	3

5.2 Определение максимального расхода ливневого стока

Максимальный расход ливневого стока определяется по формуле (31):

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \times a_4 \times k_t \times F \times \alpha \times \varphi \quad (31)$$

16,7 — постоянный коэффициент; a_4 — интенсивность дождя часовой продолжительности, мм/мин; k_t — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности дождя расчетной продолжительности; F — площадь водосборного бассейна, км²; α — коэффициент потерь стока; φ — коэффициент редукиции.

Интенсивность дождя часовой продолжительности определяется (табл.11) в зависимости от ливневого района и вероятности превышения паводка ВП.

Таблица 11

Интенсивность дождя часовой продолжительности

№ ливн. района	Часовая интенсивность дождя a_4 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	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,98	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	0,85	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	1,5	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	0,65

Порядковый номер ливневого района устанавливается по карте (рис.32)

Коэффициент перехода k_t определяется по таблице 12 в зависимости от длины лога (L , км) и от уклона лога (i_l)

Площадь водосборного бассейна F , км² определяется по карте. Водосборный бассейн оконтуривают, разбивают на элементарные фигуры и определяют площадь как сумму площадей этих фигур:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + \dots$$

Коэффициент потерь стока определяют по таблице 13 в зависимости от площади водосборного бассейна F , км² и от вида и характера поверхности (по карте, по заданию)

Коэффициент редукиции принимают по таблице 14 в зависимости от площади водосборного бассейна F , км²

Подставив найденные значения в формулу определим максимальный ливневый расход:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \times a_4 \times k_t \times F \times \alpha \times \varphi \quad (\text{м}^3/\text{с})$$

Вычислим общий объем ливневых вод по формуле 32:

$$W = 60000 * \frac{a_4 \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi}{\sqrt{k_t}} \quad (\text{м}^3) \quad (32)$$

Таблица 12

Коэффициент перехода k_t

L, км	k_t при i_n							
	0,0001	0,0016	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
0,15	4,25							
0,30	2,57	3,86			Полный сток 5,24			
0,50	1,84	2,70	3,93					
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05			
1,0	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,5	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,08	3,27
2,5	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49
3,5	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4,0	0,46	0,68	1,0	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4,5	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6,0	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,68
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,0	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,0	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11,0	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12,0	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,83	0,99
13,0	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14,0	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15,0	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20,0	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72

Таблица 13

Коэффициент потерь стока

Вид и характер поверхности	Коэффициент при F, км ²		
	0 — 1	1 — 10	10 — 100
Асфальт, скала без трещин, бетон	1	1	1
Жирноглинистые почвы, такыры и такыровые почвы	0,70 — 0,95	0,65 — 0,95	0,65 — 0,95
Суглинки, подзолы, подзолистые и серые лесные суглинки, сероземы и тяжелосуглинистые тундровые и болотные почвы	0,60 — 0,90	0,55 — 0,80	0,50 — 0,75
Чернозем обычный и южный, светлокаштановые почвы, лесс, карбонатные почвы, темнокаштановые почвы	0,55 — 0,75	0,45 — 0,70	0,35 — 0,65
Супеси, бурые и серо-бурые пустынно-степные, сероземы супесчаные и песчаные	0,30 — 0,60	0,20 — 0,55	0,20 — 0,45
Песчаные, гравелистые, рыхлые каменные почвы	0,25	0,15 — 0,20	0,1

Коэффициент редукции

Площадь водосборного бассейна F, км ²	Коэффициент редукции
0,1	1,00
0,2	0,84
0,3	0,76
0,4	0,71
0,5	0,67
0,6	0,64
0,7	0,61
0,8	0,59
0,9	0,58
1,0	0,56
1,5	0,51
2,0	0,47
2,5	0,45
3,0	0,43
4,0	0,40
5,0	0,38
6,0	0,36
8,0	0,33
10,0	0,32
12,0	0,30
14	0,29
16	0,28
20	0,27
25	0,25
30	0,24
40	0,22
50	0,21
60	0,20
80	0,19
100	0,18

5.3 Определение максимального расхода талых вод

$$Q_T = \frac{K_0 * h_p * F}{(1 + F)^n} * \delta_1 * \delta_2 \quad (33)$$

К₀ – коэффициент дружности половодья; h_p – расчетный слой суммарного стока, м; n – показатель степени; F — площадь водосборного бассейна, км²; и - коэффициенты заозерности и заболоченности, они всегда принимаются: σ₁ = 1; σ₂ = 1.

Коэффициент дружности половодья К₀ и показатель степени n принимаются по таблице 15 в зависимости от района проектирования дороги.

Расчетный слой суммарного стока определяется по формуле (34):

$$h_p = h * K_p \text{ (мм)} \quad (34)$$

h — средний многолетний слой стока, определяется по карте (рис.33)

K_p — модульный коэффициент

Таблица 15

Коэффициент дружности половодья K_0 и показатель степени n

Географический район (зона)	n	K_0
<i>Лесотундровая зона</i>		
Европейская территория России и Восточная Сибирь	0,17	0,010 — 0,006
Западная Сибирь	0,25	0,103 — 0,010
<i>Лесостепная и степная зоны</i>		
Европейская территория России	0,25	0,020 — 0,012
Северный Кавказ	0,25	0,030 — 0,025
Западная Сибирь	0,25	0,030 — 0,015
<i>Зона засушливых степей и полупустынь</i>		
Западный и Центральный Казахстан	0,35	0,060 — 0,040
<i>Горные районы</i>		
Урал	0,15	0,25 — 0,018
Карпаты	0,15	0,0045
Алтай	0,15	0,0025 — 0,0015
Камчатка	0,15	0,0010
Сахалин	0,15	0,0014-0,0020

Значение среднего многолетнего слоя стока h необходимо умножить на поправочные коэффициенты.

Поправочные коэффициенты

$\lambda = 1,1$ при глинистых почвах и холмистом рельефе;

$\lambda = 0,9$ при равнинном рельефе и песчаных почвах;

$\lambda = 0,5$ при особо больших потерях стока (сосновые леса на песках)

Модульный коэффициент K_p определяется по рисунку 15, в зависимости от коэффициента асимметрии C_s , от коэффициента вариации C_v и от вероятности превышения паводка ВП. Сначала определяют коэффициент вариации C_v : он определяется по карте на (рис. 16), в зависимости от района проектирования дороги.

К значениям C_v , полученным по карте, необходимо вводить коэффициент T (табл. 16):

$$C_s = C_v \times T \quad (35)$$

Таблица 16

Коэффициент T	
$F, \text{ км}^2$	T
0÷50	1,25
51÷100	1,20

Коэффициент асимметрии C_s назначают:

$C_s = 2C_v$ — для равнинных водосборов;

$C_s = 3C_v$ — для водосборов, расположенных на северо-западе и северо-востоке РФ;

$C_s = (3+4)C_v$ — для водосборов в горной местности.

Вычислив эти значения, определяют K_p (рис.26):

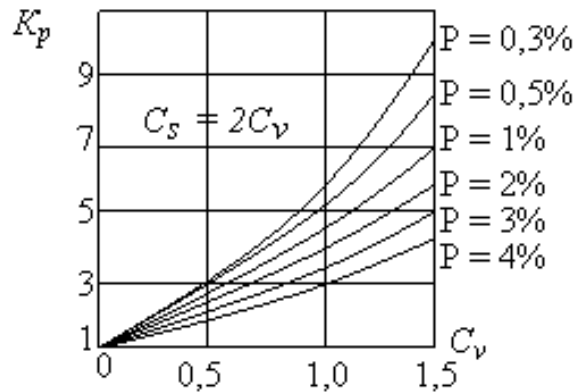


Рис. 26 Кривые модульных коэффициентов слоев стока

Затем определяют расчетный слой суммарного стока по формуле 36

$$h_p = h \times K_p \text{ (мм)} \quad (36)$$

Найденные значения подставляют в формулу и определяют максимальный расход талых вод Q_T ($\text{м}^3/\text{с}$).

Сравнивают значения расходов Q_L и Q_T и за расчетный Q_L принимают большую величину:

Если $Q_L > Q_T$, то $Q_L = Q_L$

Если $Q_T > Q_L$, то $Q_L = Q_T$

5.4. Расчет отверстия трубы при аккумуляции воды перед сооружением

Вода, поступающая в единицу времени к водопропускному сооружению с водосборного бассейна, частично проходит через сооружения, а частично задерживается (аккумулируется) перед ним, в результате его перед насыпью образуется пруд, повышается уровень воды перед сооружением.

Аккумуляцию стока целесообразно учитывать:

- при устройстве малых искусственных водопропускных сооружений на равнинных водотоках, имеющих сравнительно широкие разливы высоких вод, развалистые русла и площади водосборного бассейна до $10\text{-}12 \text{ км}^2$;
- при уклонах логов до 0.005 ;
- при возможности уменьшения отверстия сооружения за счет уменьшения расчетных величин расчетов воды на 20%

Создание пруда перед сооружением может привести к существенному уменьшению наибольшего расхода воды, проходящей через сооружение.

По строительным нормам при нормальных условиях эксплуатации допускается общее снижение расходов максимально в три раза, т.е. расчетный расход для сооружения не должен быть меньше, чем 3% от расчетного расхода с водосбора.

Аккумуляцию стока не учитывают:

- при расчетах отверстий средних и больших мостов;
- при проходе трассы у населенных пунктов и по ценным угольям, затопление которых подпертыми водами половодий недопустимо;
- при узких, сосредоточенных и безпойменных руслах водотоков, в том числе при устройстве труб малых отверстий, на канавах с заглубленным руслом;
- при проектировании железобетонных труб диаметром $0,75 \text{ м}$.

Как правило, **расход с учетом аккумуляции воды перед сооружений определяют только для ливневого стока.**

После того, как определен максимальный расход, необходимо выбрать тип водопропускного сооружения, исходя из следующих основных условий:

- надежность и долговечность сооружения в эксплуатации;
- минимальная стоимость сооружения;
- обеспеченность водопропускной способности, минимальная высота насыпи;
- минимальный срок строительства дорог и, наличие необходимых ресурсов;
- максимальная унификация размеров и отверстий.

Первостепенное значение имеет надежность и долговечность сооружения в эксплуатации при минимальной стоимости строительства.

При проектировании малых водопропускных сооружений во всех случаях следует стремиться к устройству труб в первую очередь круглых одноочковых и многоочковых, как наименее трудоемких в строительстве. При равной пропускной способности трубы обычно дешевле мостов, требуют меньше материалов. Трубы имеют еще и то преимущество, что при их применении сохраняется непрерывности земляного полотна и повышается безопасность движения на дороге.

Поэтому в тальвегах с малыми расходами воды желательно укладывать трубы, за исключением тех случаев, когда сооружение возводят на болоте или на водотоке с постоянным расходом воды зимой. На постоянных водотоках трубы можно применять при отсутствии налетных явлений, в климатических районах с январской изотермой не ниже 13°C , т.е. в южных районах страны. Трубы в эксплуатации предпочтительнее по сравнению с мостами особенно на участках дороги с вогнутым профилем. При наличии ледохода или корчехода применение труб не допускается.

При пересечении глубоких узких тальвегов оврагов целесообразны напорные трубы, т.к. значительное повышение горизонта водотока не вызовет затопление близлежащих населенных пунктов и полезных угодий, не приведет к необходимости высоких насыпи на большом протяжении. При мелких тальвегах с пологими склонами предпочтительнее безнапорные и полунпорные трубы, не вызывающие значительного увеличения высоты насыпи. Подробнее о режиме протекания воды в трубах сказано выше.

Для выявления оптимального варианта строительства водопропускного сооружения производится расчет нескольких вариантов круглых труб, в том числе двухочковых, с целью их дальнейшего сравнения и выбора наиболее рационального.

Если в качестве расчетного расхода принят максимальный расход ливневых вод, расчет отверстия трубы ведется с учетом аккумуляции и производится графоаналитическим способом. Для учета аккумуляции необходимо определить:

- 1) по живому сечению (рис.27) вычисляется коэффициент формы лога по формуле (37):

$$d = \frac{m_1 + m_2}{6 * l_l}; \quad (37)$$

$$m_1 + m_2 = \frac{l_1}{H_1 - H_0} + \frac{l_2}{H_2 - H_0} \quad (38)$$

где: l_1 и l_2 - расстояния, определяемые по продольному профилю от дна лога до точки с максимальной отметкой вправо и влево; H_1 и H_2 - максимальные отметки по верхнему краю лога; H_0 - отметка дна лога

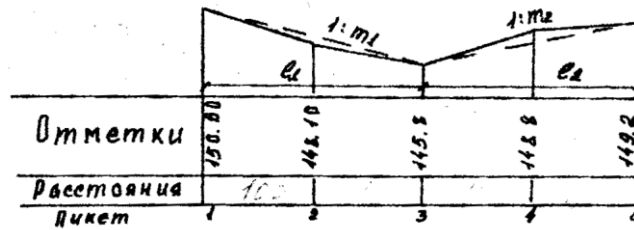


Рис.27. Живое сечение лога

Для построения графика прямой аккумуляции находят соотношения для первого отрезка прямой аккумуляции. Положение первой точки определяют по соотношению $0,62 \times Q_{\text{л}}$ и откладывают на графике пропускной способности труб (на оси абсцисс).

Вторую точку первого отрезка определяют по соотношению W/a и откладывают на графике пропускной способности труб (на оси ординат).

Соотношение для второго отрезка прямой аккумуляции находят положение точки 3, которое соответствует значению $Q_{\text{л}}$, отложенному на графике пропускной способности труб (на оси абсцисс); положение 4 точки прямой аккумуляции второго отрезка прямой аккумуляции определяют по соотношению $0,7W/a$, значение которого откладывают на графике пропускной способности труб (на оси ординат).

Затем на графике пропускной способности круглых труб (рис.28) определяют расход с учетом аккумуляции и подпор воды перед трубами.

Например. Кривая аккумуляции строится по точкам ее пересечения с осями координат и изображается ломанной линией, состоящей из двух отрезков.

Координаты для построения первого отрезка:

1-ая точка: $H^3 = 0$; $Q = Q_{\text{л}} * 0,62 = 11,3 \dots * 0,62 = \dots 7,0 \dots \text{ м}^3/\text{с}$;

2-ая точка: $H^3 = a$, м^3 ; $Q = 0$;

где $a = \frac{6 * i_{\text{соор}} * W}{m_1 + m_2} = \frac{6 * 41,32}{0,008 + 0,016} = \dots 18,6 \dots \text{ м}^3$.

$a = 18,6 \dots \text{ м}^3$

Координаты для построения второго отрезка:

3-я точка: $H^3 = 0$; $Q = Q_{\text{л}} = \dots 11,3 \dots \text{ м}^3/\text{с}$;

4-ая точка: $H^3 = 0,7 * a = 0,7 * \dots 18,6 \dots = \dots 13,0 \dots \text{ м}^3$; $Q = 0$;

На графике (рис. 4) заданы кривые для труб диаметра 1,0, 1,25, 1,5.

По полученным координатам строим ломаные линии $Q = f(H^3)$ отдельно для одно - и двухочковых труб, соединяя верхние части пересекаемых отрезков. Точки пересечения этих линий с кривыми пропускной способности определяют значение расхода воды, проходящего через сооружение, и соответствующее ему значение H^3 . Вычисляя кубический корень из H^3 , получаем подпор H .

Пользуясь графиком определяют максимальный расход с учетом аккумуляции, который может пропустить труба. Диаметры труб определяются также по графику, и для каждой трубы определяется максимальный расход.

<i>Например.</i> $d = 1,25 \text{ м}$	$Qa = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$	$H^3 = 1,9 \text{ м}$	$H = 1,24 \text{ м}$
$d = 1,5 \text{ м}$	$Qa = 2,95 \text{ м}^3/\text{с}$	$H^3 = 1,7 \text{ м}$	$H = 1,2 \text{ м}$
$d = 2,0 \text{ м}$	$Qa = 3,13 \text{ м}^3/\text{с}$	$H^3 = 1,6 \text{ м}$	$H = 1,17 \text{ м}$

Тип входного оголовка, подпор и скорость течения воды определяются с помощью таблиц (табл.17,18). Если в качестве расчётного расхода принят максимальный расход талых вод, расчёт отверстия трубы ведётся без учёта аккумуляции с определением величины подпора H непосредственно с графика пропускной способности труб (рис. 28,29).

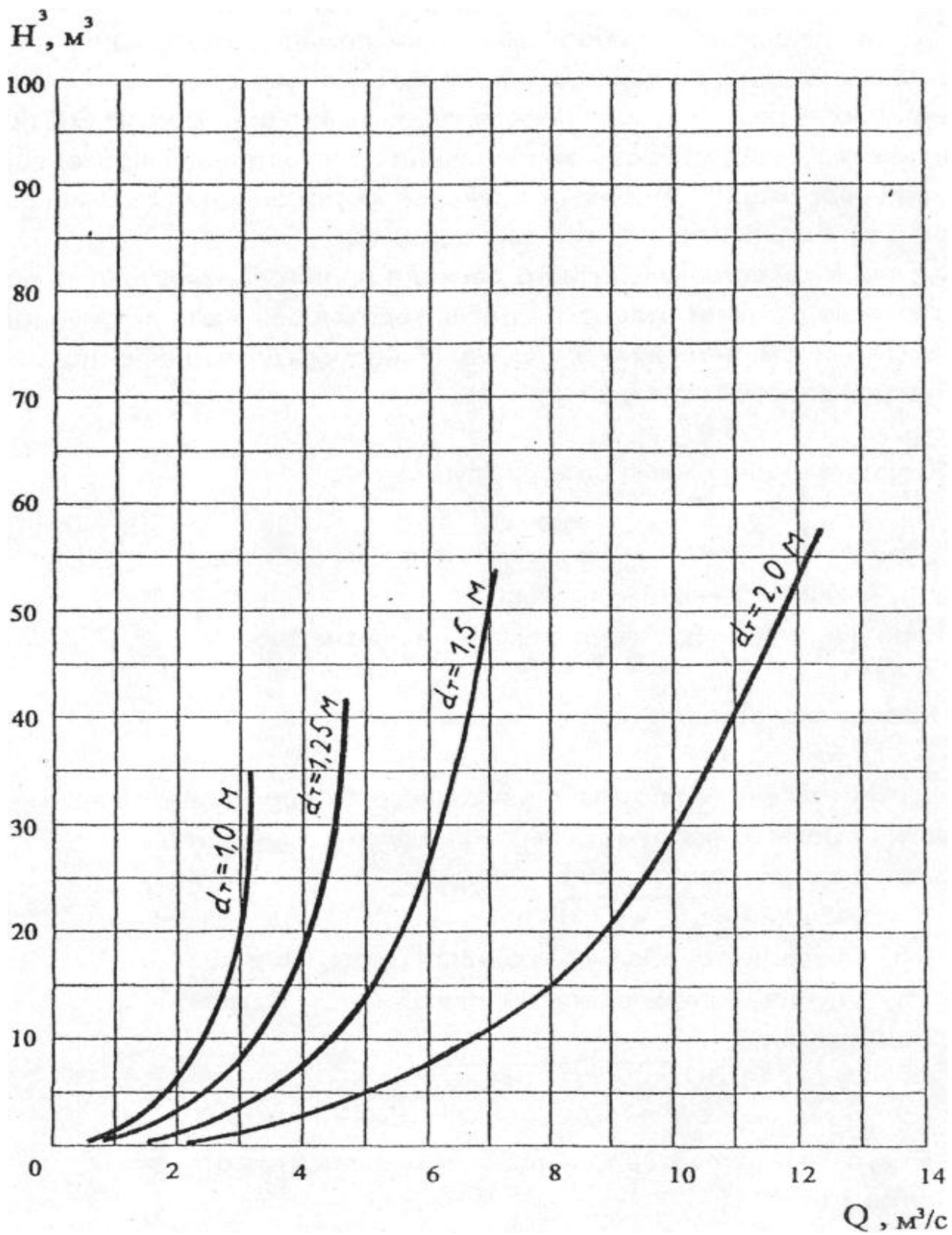


Рис.28. График пропускной способности круглых труб

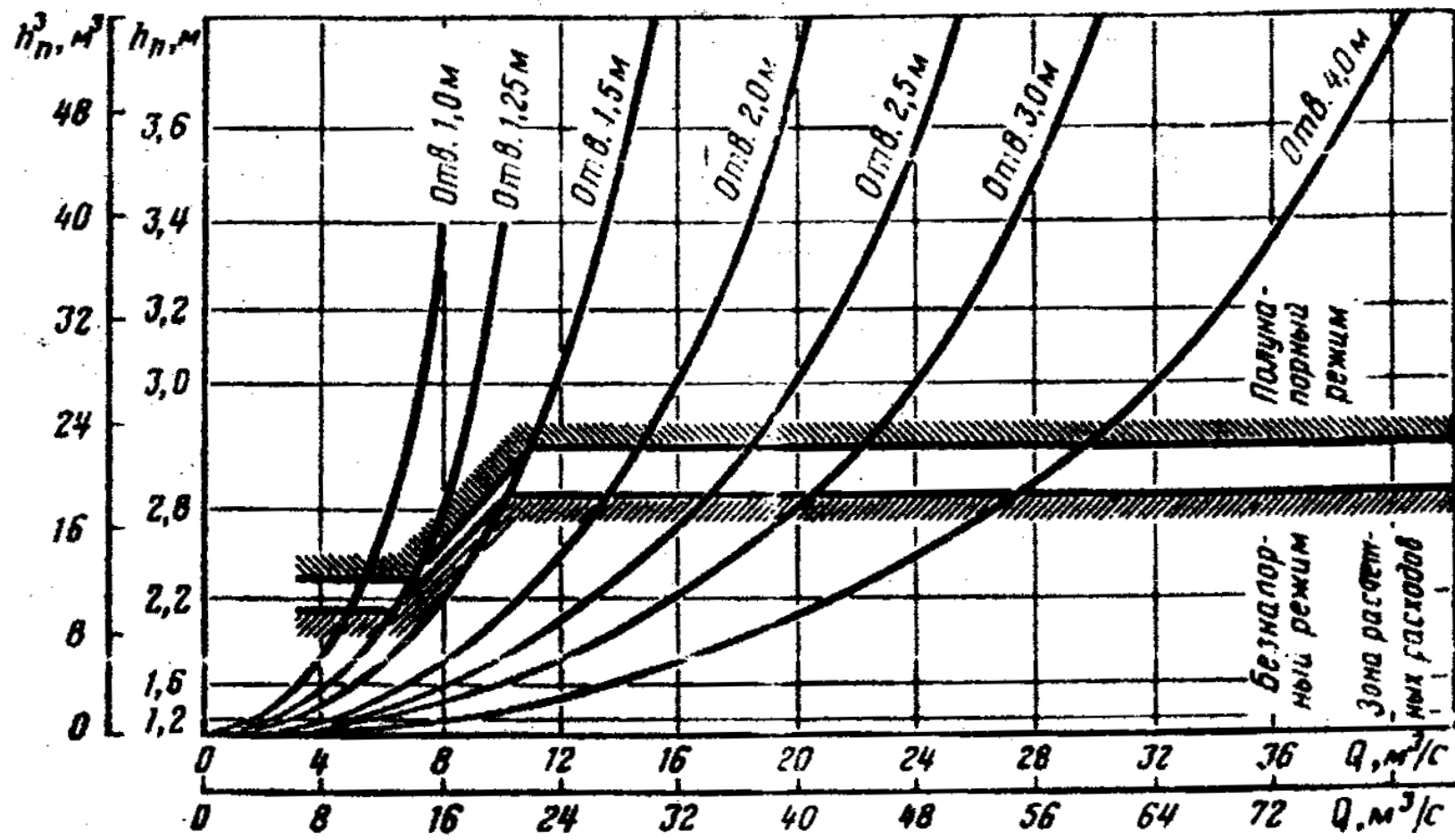


Рис.29. График пропускной способности прямоугольных труб

Высота трубы, м														Расход Q на 1 пог.м., куб.м./сек.
2,80		3,00		3,20		3,40		3,60		3,80		4,00		
<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	
														3,0
														3,5
														4,0
														4,5
														5,0
														5,5
														6,0
														6,5
														7,0
														7,5
														8,0
														9,0
3,22	4,4													10
3,46	4,6													11
3,68	4,7	3,68	4,7											12
3,88	4,9	3,88	4,9											13
4,10	5,0	4,10	5,0	4,10	5,0									14
4,30	5,2	4,30	5,2	4,30	5,2	4,30	5,2							15
4,52	5,3	4,52	5,3	4,52	5,3	4,52	5,3	4,52	5,3					16
4,70	5,4	4,70	5,4	4,70	5,4	4,70	5,4	4,70	5,4					17
4,90	5,5	4,90	5,5	4,90	5,5	4,90	5,5	4,90	5,6	4,90	5,5			18
5,13	6,4	5,08	5,6	5,08	5,6	5,08	5,6	5,08	5,6	5,08	5,6			19
5,38	6,8	5,29	5,7	5,29	5,7	5,29	5,7	5,29	5,7	5,29	5,7	5,29	5,7	20
5,66	7,1	5,51	6,7	5,46	5,8	5,46	5,8	5,46	5,8	5,46	5,8	5,46	5,8	21
5,96	7,5	5,77	7,0	5,64	5,9	5,64	5,9	5,64	5,9	5,64	5,9	5,64	5,9	22
6,26	7,9	6,06	7,3	5,86	6,9	5,75	6,5	5,70	6,0	5,70	6,0	5,70	6,0	23
6,58	8,2	6,34	7,6	6,10	7,2	5,97	6,8	5,90	6,1	5,90	6,1	5,90	6,1	24
6,92	8,6	6,65	8,0	6,36	7,5	6,26	7,2	6,10	6,6	6,06	6,3	6,06	6,3	25
7,28	8,9	6,96	8,3	6,63	7,8	6,44	7,3	6,31	6,7	6,25	6,6	6,25	6,6	26
7,65	9,3	7,28	8,6	6,92	8,1	6,70	7,6	6,54	7,2	6,45	6,8	6,40	6,5	27
8,00	9,6	7,60	9,0	7,20	8,4	6,95	7,9	7,76	7,5	6,66	7,1	6,60	6,7	28
8,40	10	7,95	9,3	7,50	8,8	7,22	8,2	7,00	7,8	6,86	7,4	6,80	7,0	29
8,85	10	8,32	9,6	7,83	9,1	7,50	8,5	7,26	8,1	7,10	7,6	7,00	7,2	30
9,25	11	8,80	10	8,15	9,4	7,80	8,8	7,51	8,3	7,32	7,8	7,20	7,5	

Примечание: Расходы Q даны на 1 пог.м. отверстия при высоте трубы от обреза фундамента до низа перекрытия. Скорость *v* - в м./сек., высота подпора *H* - в м. При высоте трубы более 1 м недостающие в столбцах сверху данные берут в следующем столбце слева.

Выше черты все данные применяют при расчете отверстия по безнапорному режиму протекания при запасе на выходе 1/6 высоты трубы, но не более 0.5 м; ниже черты - для расчета при
чрезвычайных условиях эксплуатации.

Таблица 18

Пропускная способность круглых железобетонных труб (в м³/сек)

Расход Q, м ³ /сек	<i>d=0,75 м</i>		<i>d=1,0 м</i>		<i>d=1,25 м</i>						<i>d=1,5 м</i>				<i>d=2,0 м</i>				Расход Q, м ³ /сек	
	Тип входного оголовка																			
	I		I		II		I		II		I		II		I		II			
	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>		<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>		<i>v</i>
0,4	0,61	1,7	0,55	1,6	0,51	1,6	0,51	1,5	0,47	1,5	0,48	1,5	0,42		1,5	0,45	1,5	0,38	1,5	0,4
0,6	0,79	1,9	0,70	1,8	0,64	1,8	0,62	1,7	0,57	1,7	0,60	1,7	0,56		1,7	0,55	1,6	0,49	1,6	0,6
0,8	1,00	2,9	0,82	2,0	0,76	2,0	0,73	1,8	0,67	1,8	0,69	1,8	0,64		1,8	0,67	1,7	0,61	1,7	0,8
0,9	1,17	3,1	0,88	2,0	0,81	2,0	0,76	1,9	0,71	1,9	0,74	1,8	0,68		1,8	0,69	1,8	0,65	1,8	0,9
1,0	1,33	3,5	0,94	2,1	0,86	2,1	0,82	1,9	0,75	1,9	0,78	1,9	0,72		1,9	0,73	1,8	0,68	1,8	1,0
1,1	1,51	3,8	1,00	2,2	0,91	2,2	0,86	2,0	0,79	2,0	0,82	1,9	0,76		1,9	0,72	1,9	0,72	1,9	1,1
1,2	1,72	4,2	1,06	2,3	0,96	2,3	0,91	2,1	0,84	2,1	0,87	2,0	0,80		2,0	0,81	1,9	0,75	1,9	1,2
1,4	2,19	4,9	1,17	2,5	1,06	2,5	1,00	2,2	0,92	2,2	0,93	2,1	0,87		2,1	0,89	2,0	0,82	2,0	1,4
1,6	2,69	5,6	1,37	3,4	1,14	2,6	1,09	2,3	1,00	2,3	1,00	2,2	0,93		2,2	0,93	2,1	0,87	2,1	1,6
1,8			1,59	3,7	1,23	2,6	1,16	2,4	1,07	2,4	1,08	2,2	1,00		2,2	0,99	2,1	0,92	2,1	1,8
2,0			1,80	4,1	1,32	2,7	1,26	2,5	1,13	2,5	1,15	2,3	1,07		2,3	1,05	2,2	0,97	2,2	2,0
2,2			2,04	4,6	1,47	2,8	1,33	2,6	1,21	2,6	1,21	2,4	1,12		2,4	1,11	2,2	1,02	2,2	2,2
2,5			2,47	5,1	1,58	3,2	1,43	2,8	1,31	2,8	1,30	2,5	1,20		2,5	1,19	2,3	1,10	2,3	2,5
3,0					1,82	3,8	1,86	3,8	1,45	2,9	1,47	2,7	1,33		2,7	1,30	2,4	1,21	2,4	3,0
3,5					2,14	4,5	2,24	4,6	1,60	3,1	1,63	2,9	1,48		2,9	1,41	2,6	1,31	2,6	3,5
4,0					2,47	5,1	2,66	5,2	1,84	3,2	1,75	3,1	1,60		3,1	1,53	2,7	1,43	2,7	4,0
4,5					2,87	5,7	3,26	5,9	1,98	3,7	2,07	4,2	1,71		3,2	1,65	2,8	1,53	2,8	4,5
5,0									2,17	4,0	2,38	4,6	1,83		3,3	1,75	2,9	1,61	2,9	5,0
5,5									2,37	4,5	2,67	5,0	1,95		3,4	1,86	3,0	1,71	3,0	5,5
6,0									2,58	4,8	2,99	5,5	2,09		3,6	1,97	3,1	1,79	3,1	6,0

продолжение табл.18

6,5									2,82	5,2	3,32	5,9	2,27		2,06	3,2	1,88	3,2	6,5
7,0									3,09	5,7			2,40	4,0	2,16	3,3	1,97	3,3	7,0
7,5									3,34	6,1			2,52	4,2	2,26	3,4	2,07	3,4	7,5
8,0													2,64	4,5	2,34	3,6	2,08	3,6	8,0
8,5													2,79	4,8	2,38	3,6	2,18	3,6	8,5
9,0													2,93	5,1	2,06	4,6	2,29	3,7	9,0
													3,10	5,4	2,86	4,9	2,36	3,7	9,5
													3,29	5,6	3,07	5,1	2,44	3,8	10,0
													3,68	6,2	3,46	5,6	2,62	3,9	11,0
															3,83	6,1	2,74	4,0	12,0
																	2,96	4,1	13,0
																	3,10	4,4	14,0
																	3,28	4,7	15,0
																	3,40	5,0	16,0
																	3,60	5,4	17,0
																	3,80	5,7	18,0
																	4,04	6,0	19,0

- Примечания: 1. Оголовки труб: I - необтекаемые порталные (при $d = 0,75$ м) и раструбные (при $d = 1-2$ м); II – обтекаемые
 2. Выше черты данные для расчета при безнапорном режиме с запасом на выходе $1/4$ высоты трубы, но не более $0,25$ м;
 ниже черты - при чрезвычайных условиях эксплуатации, т.е. при полунпорном режиме и I типе оголовка или напорном и II типе оголовка.
 3. Высота H дана в м, скорость v в м/с

Геометрические размеры круглых и прямоугольных труб приведены (табл. 19,20)

5.5. Определение режима работы труб

В зависимости от условия протекания воды в трубах могут быть приняты три режима: **безнапорный, полунапорный и напорный**.

Безнапорный режим устанавливается в том случае, если труба работает на входе как свободный водослив с широким порогом (рис. 30,а).

Отверстия безнапорных труб рассчитывают по допускаемому заполнению при входе, устанавливаемому техническими условиями.

Обычно принимается при $H \leq 1,2 * h_T$ / - безнапорный режим работы, где h_T - высота (диаметр) трубы. При круглых трубах $h_T = d$.

Безнапорный режим наблюдается в обычных входных оголовках (тип 1), если $H \leq 1,2 * h_T$, а в обтекаемых (тип 11) $H \leq 1,4 * h_T$.

В связи с тем, что в практике дорожного строительства широко применяются типовые трубы установленных размеров, изготавливаемые промышленными методами, назначение соответствующих сечений труб может быть произведено по пропускной способности трубы. Поэтому диаметр трубы и тип оголовка можно определить по таблице 18.

Полунапорный режим (рис.30,б) бывает в обычных входных оголовках при затопленном входном сечении трубы. В пределах трубы поток имеет свободную поверхность, глубина воды в трубе после сжатия потока на выходе устанавливается меньше критической

$h_c = \sum h_T$, где коэффициент сжатия \sum равен 0.60 для прямоугольных и 0,65 для круглых труб.

При $H > 1,2 * h_T$ / - полунапорный режим работы.

Напорный режим (рис. 30,в) устанавливается при специальной обтекаемой форме входного оголовка и при глубине пока перед трубой $H > 1,4 * h_T$. В этом случае заполнение трубы на всем протяжении полное.

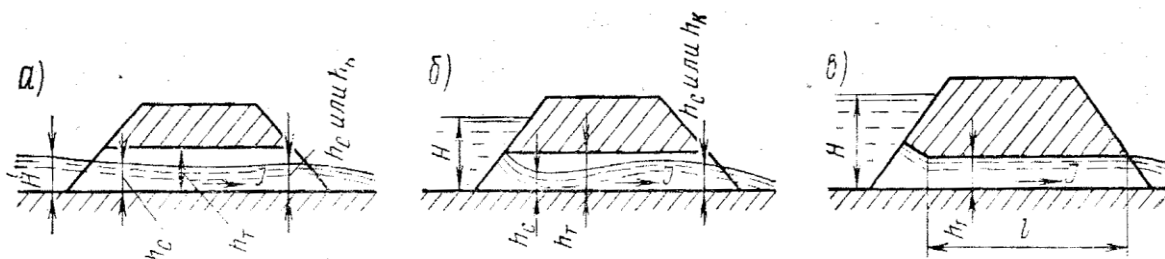


Рис. 30. Протекание воды в трубе

При выборе режима работы трубы необходимо учитывать, что наиболее удобным для эксплуатации является безнапорный режим, обеспечивающий возможность проплывания через трубу некрупных предметов.

Режим работы трубы определяется по соотношению $H/h_{вх.}$,

где $h_{вх.}$ – высота входного звена трубы, принимаемая (табл. 19,20) .

Таблица 19

Геометрические размеры круглых труб

Отверстие, d, м	Входное звено		Длина оголовка, М, м	Высота насыпи, h _{нас} , м	Толщина звена, м
	Высота, h _{вх}	Длина, l _{вх}			
1,0	1,20	1,32	1,78	до 4,0	0,10
				4,1 – 7,0	0,12
1,25	1,5	1,32	1,26	до 4,0	0,12
				4,1 – 8,0	0,14
				8,1-20,0	0,18
1,5	1,8	1,32	2,74	до 4,5	0,14
				4,6-9,0	0,16
2,0	2,40	1,32	3,66	до 5,0	0,16
				5,1-9,0	0,20
				9,1-20,0	0,24
Примечание: 1. Для труб с нормальным входным звеном его высота на входе равна отверстию. 2. Длина остальных звеньев равна 1,0 м.					

Таблица 20

Геометрические размеры прямоугольных труб

Отверстие, d, м	Входное звено		Длина оголовка, М, М, м	Высота насыпи, h _{нас} , м	Толщина плиты перекрытия, м
	Высота, h _{вх}	Длина, l _{вх}			
1,5 x 2,0	<u>2,0</u>	3,02	<u>3,20</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,19</u>
	2,5		3,95	8,1-20,0	0,30
2,0 x 2,0	<u>2,0</u>	3,02	<u>3,20</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,22</u>
	2,5		3,95	8,1-20,0	0,37
3,0 x 2,0	<u>2,0</u>	3,02	<u>3,20</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,30</u>
	2,5		3,92	8,1-20,0	0,47
2,0 x 3,0	<u>3,0</u>	3,02	<u>4,70</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,22</u>
	3,5		5,45	8,1-20,0	0,37
3,0 x 3,0	<u>3,0</u>	3,02	<u>4,70</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,30</u>
	3,5		5,45	8,1-20,0	0,47
4,0 x 3,0	<u>3,0</u>	3,02	<u>4,70</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,36</u>
	3,5		5,45	8,1-20,0	0,57
5,0 x 3,0	<u>3,0</u>	3,02	<u>4,70</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,43</u>
	3,5		5,45	8,1-20,0	0,68
6,0 x 3,0	<u>3,0</u>	3,02	<u>4,70</u>	<u>до 8,0</u>	<u>0,50</u>
	3,5		5,45	8,1-20,0	0,76
Примечание: 1. В числителе даны значения, соответствующие нормальному звену, в знаменателе - повышенному. 2. Длина остальных секций трубы равна 4,0 м.					

5.7. Расчёт скорости протекания воды в трубе. Определение скорости на выходе из трубы

Расчёт скорости протекания воды в трубе производится в зависимости от режима работы трубы по следующим формулам (39, 40):

при безнапорном режиме

$$v = 0,82 * \sqrt{2 * g(H - h_c)}, \text{ м/с} \quad (39)$$

где: g - ускорение свободного падения ($g=9,81 \text{ м/с}^2$); h_c - глубина потока в сжатом сечении ($h_c = 0,5 * H$); H – глубина воды перед трубой.

при полунпорном режиме

$$v = 0,85 * \sqrt{2 * g(H - 0,6 * h_T)}, \text{ м/с} \quad (40)$$

Результаты расчётов для различных вариантов отверстий труб заносятся в табл. 21

Определяем скорость на выходе из трубы по формуле (41):

$$V_{\text{вых}} = 0.85 \sqrt{gH} \quad (41)$$

5.7. Выбор отверстия трубы

Выбор рационального варианта отверстия трубы проводится по таблицам (табл.19,20) Предпочтение отдаётся трубам с наименьшим отверстием и минимальным количеством очков со скоростью протекания воды не более 4...5 м/с. Подпор перед трубой не должен быть больше определённого значения, которое устанавливается в зависимости от рельефа, формы и размеров лога.

Таблица 21

Пример выбора трубы

№ вар.	Отверстие трубы $d_T, \text{ м}$	Расход с учётом аккумуляции $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Подпор, $H, \text{ м}$	Режим работы	Тип оголовка	Скорость воды $V, \text{ м/с}$
1	1,25	3,1	2,15	Полунапорный	Необтекаемый	4,45
2	1,50	4,1	2,04	Полунапорный	Необтекаемый	4,02
3	2,00	4,8	1,87	Безнапорный	Необтекаемый	3,51

Вывод: для дальнейших расчётов и проектирования принимаем трубу отверстием $d_T = 2,0 \dots \text{ м}$, работающую в безнапорном режиме.

5.8. Расчёт минимальной высоты насыпи у трубы

Расчёт минимальной высоты насыпи у трубы (рис. 31) производится в зависимости от режима работы трубы по следующим формулам (42,43):

при безнапорном режиме

$$h_{\min} = h_T + \delta + h_{\text{до}}, \text{ м} \quad (42)$$

где δ - толщина свода трубы, принимается (табл. 22). $h_{\text{до}}$ - толщина дорожной одежды, но не менее 0,5 м;

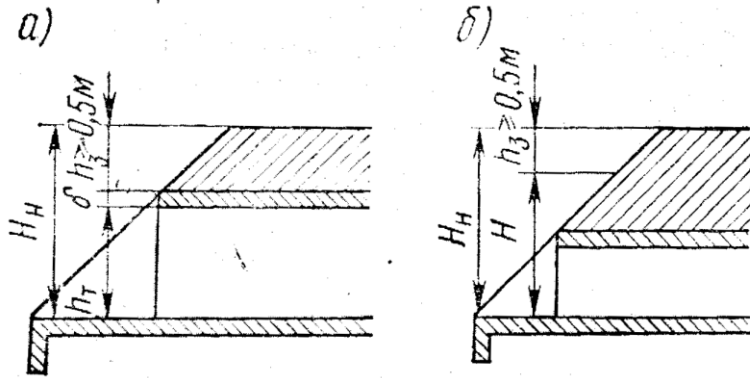


Рис. 31. Определение наименьшей высоты насыпи над трубой

Таблица 22

Отверстие трубы d_T , м	1,25	1,50	2,0
Толщина свода δ , м	0,12	0,14	0,16

при полунанпорном режиме

$$h_{\min} = H + 1, \text{ м} \quad (43)$$

Минимальная высота насыпи у трубы составляет

Например: $h_{\min} = \dots 4,45 + 1 = \dots 5,45 \dots \text{м}$.

5.9. Проектирование укрепления за трубой. Длина плоского укрепления за трубой

Длина полного укрепления за трубой определяется по формуле (44):

$$L_{\text{укр}} = (2 \dots 4) * b_T \quad (44)$$

где b_T - ширина (диаметр) трубы.

Например: $L_{\text{укр}} = \dots 2 * \dots 2 \dots = \dots 4 \dots \text{м}$;

Ширина плоского укрепления за трубой по формуле (45):

$$B_{\text{укр}} = 3 * b_T \quad (45)$$

Например: $B_{\text{укр}} = 3 * \dots 2 \dots = \dots 6 \dots \text{м}$.

Толщина укрепления у выходного оголовка находится по формуле (46):

$$S = 0,35 * H \quad (46)$$

Например: $S = 0,35 * \dots 2,15 \dots = \dots 0,75 \dots \text{м}$.

Скорость потока в зоне растекания определяется по формуле (47):

$$V_p = 1,5 * v_{\text{вых}} \quad (47)$$

Например: $V_p = 1,5 * 4,45 \dots = \dots 6,7 \dots \text{ м}$.

В соответствии со скоростью потока в зоне растекания принимаем тип укрепления (табл. 23)

Таблица 23

Типы укрепления за трубой

Отверстие трубы, м	Укрепление мощением			Укрепление сборными бетонными плитами	
	Объемы работ на трубу				
	Площадь одиночного мощения, м ²	Площадь двойного мощения, м ²	Каменная наброска, м ²	Общая площадь укрепления, м ²	Каменная наброска, м ²
0,75	29/0	21,3/0	1,2/0	41,5/0	0/0
1,0	35/50	41/64	3,6/8,9	79/114	3,6/8,9
2x1,0	42/57	50/72	5/72	94/128	5/10,1
1,25	44/51	50/77	4,4/10	94/128	4,4/10
2x1,25	55/59	63/88	6,1/11,4	116/148	6,1/11,4
1,5	53/64	64/120	6,1/14,5	117/184	6,1/14,5
2x1,5	64/74	81/138	8,4/16,5	143/210	8,4/16,5
2,0	68/66	85/170	7,8/0	163/236	7,8/17,8
2x2,0	84/79	111/199	10,9/20,4	206/283	10,0/20,4
3,0	0/75	0/292	0/24,5	0/366	0/24,5
2x3,0	0/96	0/351	0/28,5	0/450	0/28,5
4,0	0/82	0/361	0/27,7	0/445	0/27,7
2x4,0	0/109	0/449	0/32,9	0/361	0/32,9

Примечание. В числителе указаны объемы работ для круглых труб, в знаменателе – для прямоугольных

Об уклонах труб

Для круглых труб $d \geq 1,25 \text{ м}$, критический уклон $i_k = 0,007$;

при $d \geq 1,5 \text{ м}$; $i_k = 0,006$;

для прямоугольных труб при $b = 1,0 - 1,25 \text{ м}$; $i_k = 0,008$;

при $b = 3 \text{ м}$; $i_k = 0,007$;

при $b = 4 \text{ м}$; $i_k = 0,006$.

Таблица 24

Геометрические характеристики укреплений у круглых труб

Отверстие, d, м	Расход на одно очко, Q, м/с	Длина укрепления		Ширина укрепления		Глубина ковша размыва, Т, м	Высота каменной наброски в ковше размыва, Т _к , м	h+0,25, м	Длина укреп- ления откоса, Р, м
		Вход- ной оголо- вок, а, м	Выходной оголовк, L, м	Входной оголовк, N, м	Выходной оголовк, N, м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,0	До 3,5	2,0	2,0	6,6	7,2	1,0	0,50	1,96	3,5
2x1,0			2,8	8,0	10,2				
3x1,0			3,4	9,5	14,0				
1,25	До 6,0	2,5	2,0	7,4	7,9	1,1	0,75	2,28	4,1
2x1,25			2,8	9,2	11,5				
3x1,25			3,4	10,9	15,0				
1,50	До 3,9	3,0	2,0	8,0	8,5	1,0	0,50	2,60	4,7
	4,0-8,9		3,0		8,7				
2x1,50	До 3,9		2,8	10,1	12,4	1,0	0,50		
	4,0-8,9		4,2		12,9				
3x1,50	До 3,9		3,4	12,2	16,3	1,0	0,50		
	4,0-8,9		5,1		17,14				
2,0	До 3,9	3,5	2,0	9,3	9,9	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0-16,5		3,0		10,5				
2x2,0	До 3,9		2,8	12,0	14,8	1,0	0,50		
	4,0-16,5		4,2		15,5				
3x2,0	До 3,9		3,4	14,9	19,3	1,0	0,50		
	4,0-16,5		5,1		20,7				

Примечание: 1). Материал укрепления – монолитный бетон, бетонные плиты, мощение.

2). Высота укрепления откосов насыпи у входных оголовков принимается равной h=0,25м, но не менее h+0,25 м. У входного оголовка насыпь укрепляют на высоту h+0,25 м.

Таблица 25

Геометрические характеристики укреплений у прямоугольных труб

Отверстие, d, м	Расход на одно очко, Q, м/с	Длина укрепления		Ширина укрепления		Глубина ковша размыва, Т, м	Высота каменной наброски в ковше размыва, Т _к , м	h+0,25, м	Длина укреп- ления откоса, Р, м
		Вход- ной оголо- вок, а, м	Выходной оголовк, L, м	Входной оголовк, N, м	Выходной оголовк, N, м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5x2,0	До 11,3	3,5	3,0-5,0	8,6	8,6-9,3	1,0-1,6	0,70-1,20	3,41	6,1
2x1,5x2,0			4,2-7,0	10,3	12,9-14,2				
2,0x2,0	До 15,0	3,5	5,0	8,9	10,5-10,6	1,4-1,8	0,95-1,30	3,43	6,0
2x2,0x2,0			7,0	11,1	16,7				1,7-2,3
3,0x2,0	До 22,5	3,5	5,0-7,0	9,5	12,5-13,4	1,4-1,8	0,95-1,30	3,52	6,3
2x3,0x2,0			7,0-9,8	13,0	20,8-22,9				
2,0x3,0	До 23,0	3,5	7,0	10,0	11,8	1,8-2,1	1,25-1,60	4,43	8,0
2x2,0x3,0			9,8	12,5	18,3				
3,0x3,0	До 35,4	3,5	7,0	11,0	14,1	1,7-2,3	1,20-1,70	4,52	8,2
2x3,0x3,0			9,8	14,5	23,2				
4,0x3,0	До 46,0	3,5	7,0-10,0	12,0	15,9-17,0	2,0-2,5	1,45-1,85	4,58	8,3
2x4,0x3,0			9,8-14,0	16,5	26,8-29,2				
5,0x3,0	До 57,5	5,0	10,0	13,0	20,2	2,2-2,5	1,45-1,85	4,66	8,4
2x5,0x3,0			14,0	18,5	35,5				
6,0x3,0	До 69,0	5,0	10,0	14,0	22,0	2,4-2,8	1,75-2,0	4,73	8,5
2x6,0x3,0			14,0	20,5	39,4				

5.10. Определение длины трубы

Длина трубы зависит от высоты насыпи у трубы $H_{\text{нас}}$, которая определяется по продольному профилю после его проектирования.

$H_{\text{нас}}$ должна быть не менее $H_{\text{мин}}$.

$H_{\text{нас}} >$ или $= H_{\text{мин}}$

Длина трубы без оголовков определяется по следующим формулам 48:

1) При $H_{\text{нас}} =$ или $< 6,0$ м:

$$L = \left[\frac{0,5B + m(H_{\text{нас}} - b_{\text{тр}})}{1 + m \cdot i_{\text{тр}}} + \frac{0,5B + m(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 - m \cdot i_{\text{тр}}} \right] + n * \frac{1}{\sin \alpha} \quad (48)$$

B — ширина земляного полотна, м; m — коэффициент заложения откоса земляного полотна, принимается $m=1,5$; $d_{\text{тр}}$ — диаметр трубы, м; $i_{\text{тр}}$ — уклон трубы, принимается равным уклону лога у сооружения, который рассчитывали по формуле (см. выше); n — толщина стенки оголовка, принимается равной $n=0,35$ м; α — угол между осью дороги и трубы, замеряется по карте.

2) При $H_{\text{нас}} > 6,0$ м длину трубы без оголовков определяют по формуле 49:

$$L = \left[\frac{0,5B + 1,5 + 1,75(H_{\text{нас}} - h_{\text{тр}})}{1 + 1,75 \cdot i_{\text{тр}}} + \frac{0,5B + 1,5 + 1,75(H_{\text{нас}}) - h_{\text{тр}}}{1 - 1,75 \cdot i_{\text{тр}}} \right] + n * \frac{1}{\sin \alpha} \quad (49)$$

Полная длина трубы

$$L_{\text{тр}} = L + 2M$$

$L_{\text{тр}}$ — полная длина трубы, м; L — длина трубы без оголовков, м; M — длина оголовков, определяется по таблице 26

5.11. Назначение укрепления у трубы

Геометрические характеристики укреплений назначаются по таблице 24-26 в зависимости от отверстия трубы (d , м) и принятого расхода воды (Q , м³/с)

Таблица 26

Геометрические характеристики укреплений

Отверстие d , м	Расход Q , м ³ /с	Длина укрепления		Ширина укрепления		Глубина ковша размыва T , м	Высота камен. наброс. в ковше размыва	Длина укрепле- ния откоса P , м
		Вход ной оголовок d , м	Выход ной оголовок D , м	Входной оголовок №1	Входной оголовок №2			
1,0	до 3,5	2,0	2,0	6,6	7,2	1,0	0,5	3,5
1,25	6,0	2,5	2,0	7,4	7,9	1,1	0,75	4,1
1,50	<u>3,9</u> 4,0-8,5	3,0	<u>2,0</u> 3,0	8,0	<u>8,5</u> 8,7	<u>1,0</u> 1,1-1,3	<u>0,50</u> 0,55-0,75	4,7
2,0	<u>до 3,9</u> 4,0-16,5	3,5	<u>2,0</u> 3,0	9,3	<u>9,9</u> 10,5	<u>1,0</u> 1,0-1,6	<u>0,50</u> 0,60-1,10	5,8

Материал укрепления: монолитный бетон, бетонные плиты, мощение.

5.12. Пример расчета дорожной водопропускной трубы

Исходные данные:

1. Район проектирования — Ленинградская область.
2. Техническая категория — III
3. Площадь водосборного бассейна $F = f_1 + f_2 + \dots + f_n$ (км²)
где f_1, f_2, f_n — площади элементарных фигур, определяемые по карте $F = 0,29$ км²
4. Длина главного лога определена по карте $L_{л} = 0,68$ км
5. Уклон главного лога $i_{л} = \frac{H_{в} - H_{тр}}{L_{л}} \times 1000\%$

где: $H_{в}$ — отметка поверхности земли верхней точки лога, м; $H_{тр}$ — отметка лога у трубы, м. Эти значения определены по карте.

6. Уклон лога у сооружения

$$i_c = \frac{h_b - h_n}{L_{л}} \times 1000\%$$

где h_b, h_n — отметки точек, расположенных на 50 м выше и ниже осевой точки трубы (определяется по карте). $h_b = 149,02$ м, $h_n = 148,96$ м

$$i_c = \frac{149,02 - 148,96}{0,68} \times 1000\% = 0,61$$

7. Грунт — супесь легкая
8. Растительность — смешанный лес, склоны пологие
9. Вероятность превышения паводка $V_{п}$, % - согласно т.14, = 2%

1. Определение максимального расхода ливневого стока

$$Q_{л} = 16,7 \times a_4 \times k_t \times F \times \alpha \times \varphi$$

Принимаем по таблицам $k_t = 3,74$, $a = 0,3$, $\varphi = 0,76$

$$F = 0,29 \text{ км}^2$$

$$Q_{л} = 16,7 * 0,74 * 3,74 * 0,29 * 0,3 * 0,76 = 3,05 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

Полный объем стока ливневых вод

$$W = 60000 * \frac{\alpha_4 * F * \alpha * \varphi}{\sqrt{k_t}} \text{ (м}^3\text{)}$$

$$W = 60000 * \frac{0,74 * 0,29 * 0,3 * 0,76}{\sqrt{3,74}} = 1521 \text{ (м}^3\text{)}$$

2. Определение максимального расхода талых вод

$$Q_T = \frac{K_o * h_p * F}{(F+1)^n} \times \sigma_1 \times \sigma_2 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

$$K_o = 0,01$$

$$h_p = h * K_p$$

$$n = 0,17$$

Согласно рис 32, 33. $h = 140$ мм

Т. к. рельеф равнинный, почвы песчаные = 0,9

$$\text{Тогда } h = 140 * 0,9 = 126 \text{ мм}$$

Коэффициент вариации C_v определен: $C_v = 0,35$

Поправочный коэффициент $T = 1,25$

$$\text{Тогда } C_v = C_v * T$$

$$C_v = 0,35 * 1,25 = 0,44$$

Коэффициент асимметрии C_s для водосбора, расположенного не СЗ РФ:

$$C_s = 3C_v$$

$$\text{Тогда } C_s = 3 * 0,44 = 1,32$$

Модульный коэффициент K_p определен в соответствии со значениями ВП,

$$K_p = 2,3$$

$$\text{Тогда: } h_p = h * K_p; \quad h_p = 126 * 2,3 = 290 \text{ мм}$$

Расход талых вод:

$$Q_m = \frac{0,01 * 290 * 0,29}{(0,29 + 1)^{0,17}} * 1 * 1 = 0,81 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

Следовательно расчетным будет значение $Q_p = 3,05 \text{ м}^3/\text{с}$

3. Подбор отверстия трубы

$d = 1,5 \text{ м}; Q = 3,50 \text{ м}^3/\text{с}$

Глубина воды перед трубой $H = 1,45 \text{ м}$

Скорость на выходе из трубы $V = 3,20 \text{ м/с}$

Определение минимальной высоты насыпи у трубы

$H_{\min} = h_{\text{тр}} + \delta + \Delta \text{ (м)}$

$h_{\text{тр}} = d = 1,5 \text{ м}$

$\delta = 0,14$

$\Delta = 0,6 \text{ м}$

Тогда: $H_{\min} = 1,5 + 0,14 + 0,6 = 2,24 \text{ (м)}$

Согласно т. 26, высота входного звена $h_{\text{вх}} = 1,80 \text{ м};$

длина входного звена $l_{\text{вх}} = 1,32 \text{ м};$

Длина оголовка $M = 2,74 \text{ м}$

4. Определение длины трубы

Длину трубы можно определить расчетом, используя формулы.

5. Назначение укрепления у трубы

Характеристики укреплений назначаются согласно табличных значений.

В этом разделе оформляют:

- 1) Ведомость расчетных данных искусственных сооружений (табл. 27,28);
- 2) План водосборного бассейна;
- 3) Схему водопропускной трубы с указанием размеров (рис 34).

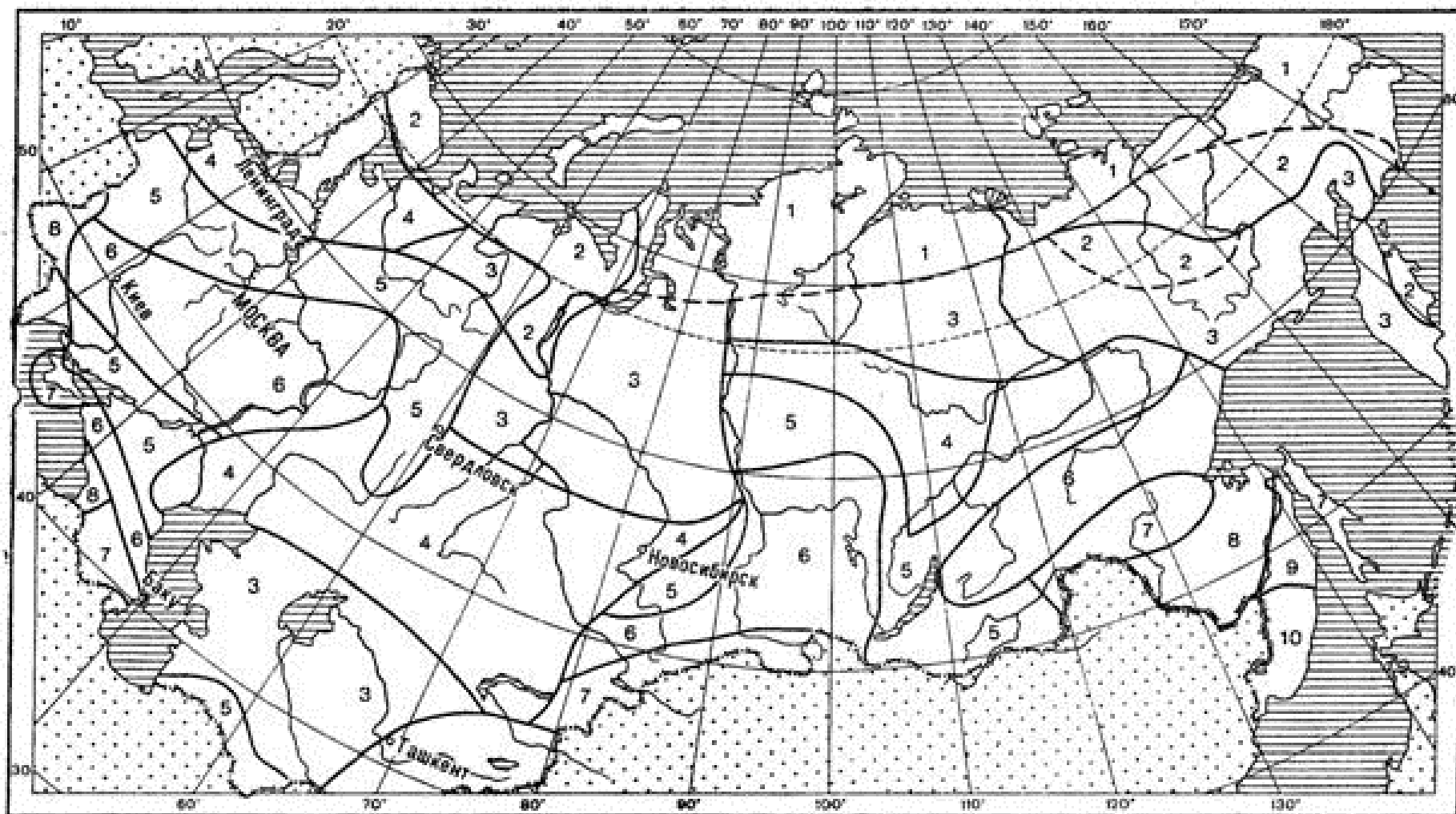


Рис. 32 Карта ливневого районирования

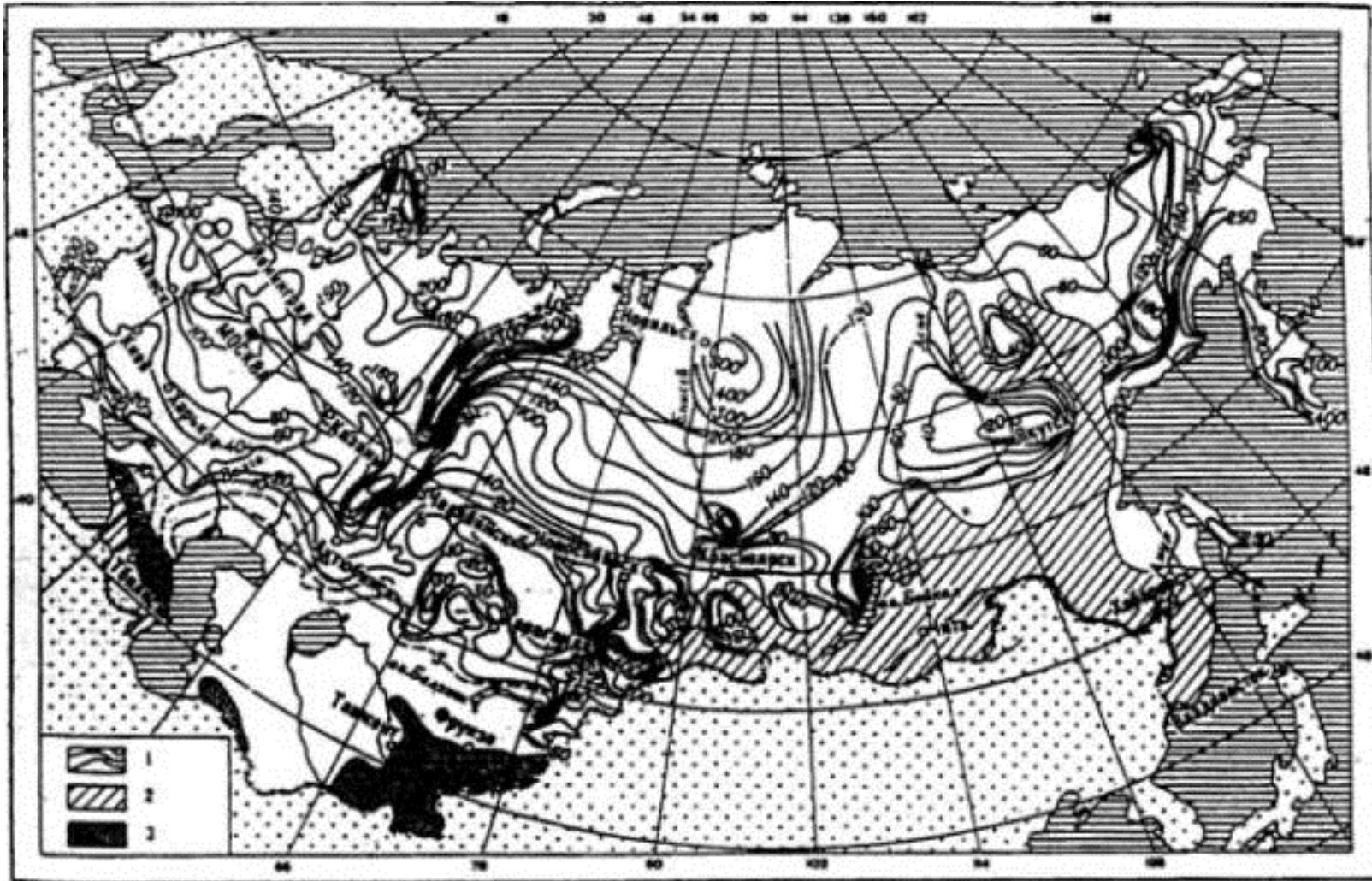


Рис. 33 Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод:

1 — районы, в которых расчетными для больших бассейнов являются расходы половодья; 2 — районы с более опасным ливневым стоком; 3 — горные районы

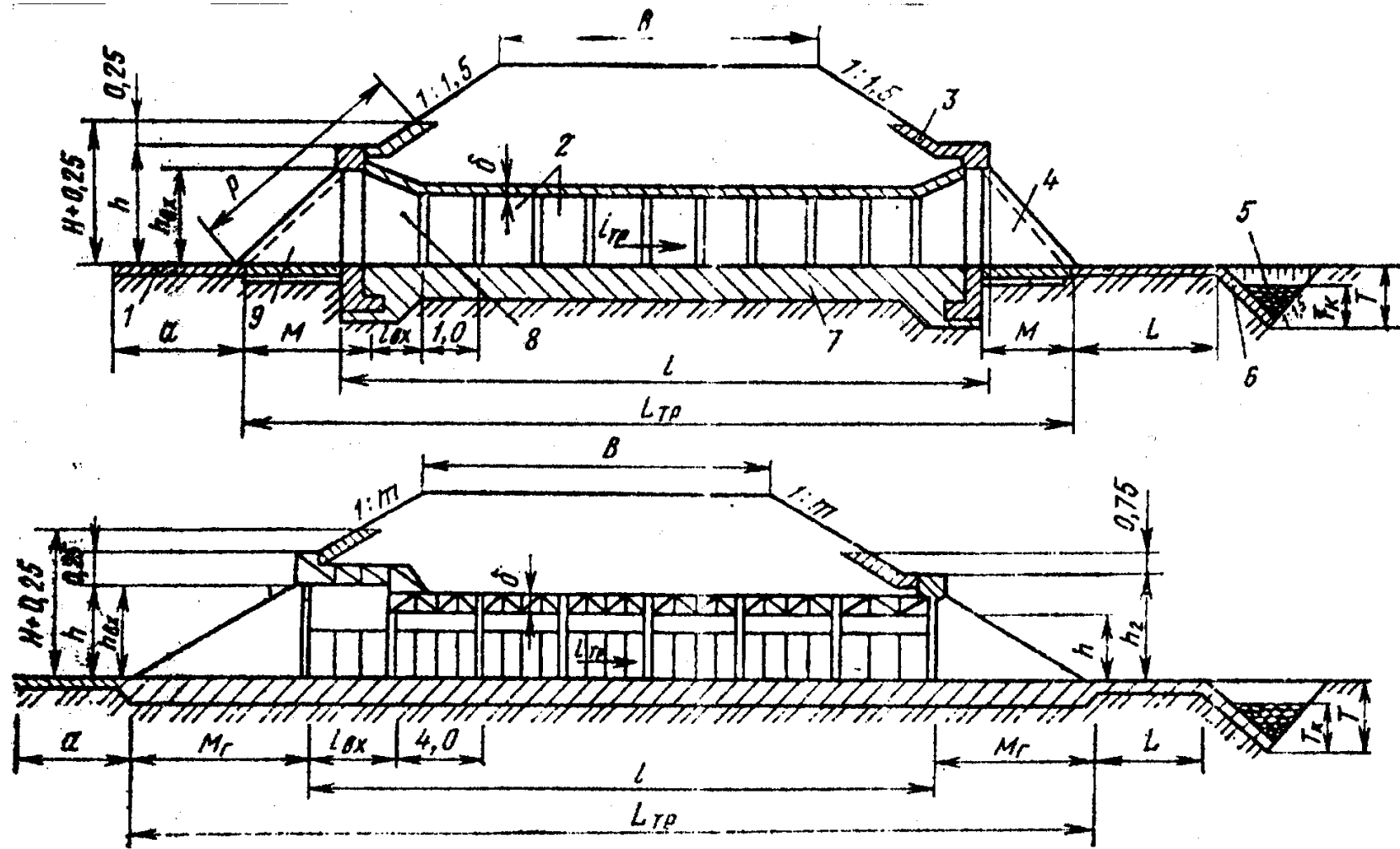


Рис.34. Схема трубы

Таблица 27

Ведомость проектируемых искусственных сооружений

Местополо- жение ПК +	Название водотока	Расчетный расход, м ³ /сек	Материал сооружения	Водопропускная труба							Примечание
				Гидравлический режим	Отверстие, м	Длина без оголовков, м	Длина с оголовками, м	Тип фундамента	ГВВ	Уклон лога у сооружения, ‰	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20+50	пониженное место	1,13	железобетон	безнапорный	1,25	19,92	23,48	I	194,80	27	Основная дорога
27+00	пониженное место	1,47	железобетон	безнапорный	1,25	21,82	25,38	I	191,03	23	
46+00	пониженное место	1,24	железобетон	безнапорный	1,25	21,82	25,38	I	191,03	23	
55+50	пониженное место	0,92	железобетон	безнапорный	1,25	20,03	22,97	I	202,31	25	
58+27	пониженное место	1,13	железобетон	безнапорный	1,25	21,03	23,97	I	188,21	22	

Таблица 28

Ведомость расчетных данных искусственных сооружений

№ п/п	Местоположение		Название водотока	Расчетные данные							Расчетное отверстие, м	Допущенная скорость, м/сек	Уклон лотка
	ПК	+		Площадь бассейна, м ²	Длина тальвега, км	Уклоны лога		Бытовая глубина	Бытовая скорость	Расход воды, Q м ³ /сек			
						средний	у сооружения						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	20	50	пониженное место	0,06	0,90	0,011	0,027	-	-	1,13	1,25	2,6	0,027
2	27	00	пониженное место	0,11	0,60	0,008	0,023	-	-	1,47	1,25	2,8	0,023
3	46	00	пониженное место	0,10	0,58	0,008	0,023	-	-	1,24	1,25	2,8	0,023
4	55	50	пониженное место	0,03	0,35	0,009	0,025	-	-	0,92	1,25	2,4	0,025
5	58	27	пониженное место	0,09	0,60	0,009	0,022	-	-	1,13	1,25	2,6	0,022

ГЛАВА 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ МОСТОВ

Проектирование малых мостов включает в себя:

- установление исходных данных для проектирования;
- вычисление расчетного расхода Q_p ;
- определение глубины воды перед мостом;
- определение отверстия и длины моста;
- определение минимальной высоты моста;
- назначение укрепления у моста.

Установление исходных данных и расчетного расхода выполняется так: же, как и для труб. Полученные результаты заносят в ведомость исходных данных малых мостов и труб.

6.1 Определение глубины воды перед мостом

Глубина воды перед мостом H зависит от скорости протекания потока перед мостом. Так как скорости потока, под малыми мостами, как правило, превышают допустимые скорости для грунтов русла, то необходимо назначить укрепление русла.

Принимается желаемый тип укрепления (с расчетом расходом Q_p до $25 \text{ м}^3/\text{с}$ можно принимать каменную наброску), а затем по (табл. 29) в зависимости от средней глубины потока и принятого укрепления устанавливается допустимая скорость $V_{\text{доп}}$.

Таблица 29

Допустимые скорости течения воды для укреплений

Тип укрепления	Размер камня, см.	Допускаемые скорости течения м/с, при средней глубине потока, м.			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Одерновка плашмя	-	0,9	1,1	1,3	1,4
Одерновка в стенку	-	1,5	1,8	2,0	2,2
Каменная наброска из булыжника с галькой	7,5	2,0	2,4	2,8	3,1
Грунты, укрепленные битумом	-	2,3	2,7	3,0	3,3
Одиночное мощение на щебне	15	2,5	3,0	3,5	4,0
	20	3,0	3,5	4,0	4,5
	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночное мощение с подбором лица и грубым приколом на щебне	20	3,5	4,5	5,0	5,5
	25	4,0	4,5	5,5	5,5
	30	4,5	5,0	6,0	6,0
Двойное мощение из рваного камня на щебне	15-20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутовая кладка из известняка	-	3,0	3,0	4,0	4,0
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
Бетонные лотки	-	12,0	14,0	16,0	18,0

Затем определяется наибольшая скорость под мостом – скорость в сжатом сечении потока V_c :

$$V_c = 1,1 \times V_{\text{доп.}}$$

В большинстве случаев отверстия малых мостов рассчитывают по схеме свободного истечения.

Глубина воды перед мостом для схемы свободного истечения определяются:

$$H = 1,46 \times V_c^2 / g$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

6.2. Определение отверстия моста

Расчетное отверстие моста для схемы свободного истечения определяется по формуле (50):

$$b = \frac{Q_p}{1,33 \sqrt{H^3}} \quad (50)$$

Для перекрытия расчетного отверстия моста по таблице 30 принимают типовое пролетное строение. Причем, расчетный пролет L_p должен быть не менее расчетного отверстия b : $L_p \geq b$.

Таблица 30

Основные размеры типовых пролетных строений

Серия типового проекта	Инвентарный номер	Наименование проекта	Длина пролетн. строения $L_{\text{пр. м}}$	Расчетный пролет $L_p, \text{ м}$	Строительная высота $h_{\text{кон. м}}$
3.503-12	384/43	Унифицированные сборные пролетные строения из предварительно напряженного железобетона (пустотные плиты, армированные стержневой арматуры)	6,0	5,60	0,42
			9,0	8,60	0,57
			12,0	11,40	0,72
			15,0	14,40	0,72
			18,0	17,40	0,87
3.303-14	710/2	Сборные железобетонные пролетные строения для автодорожных мостов	12,0	11,40	1,02
			15,0	14,40	1,02
			18,0	17,40	1,17
			11,36	10,76	1,02
			14,06	13,46	1,02
			18,76	16,18	1,17
3.503 - 29		Сборные железобетонные плитные мосты	6,0	5,63	0,42
			9,0	6,68	0,57

6.3 Определение минимальной высоты моста

Минимальная высота моста для схемы свободного истечения определяется по формуле 51 :

$$H_{\text{мо min}} = 0,88 \times H + Z + h_{\text{кон.}} \quad (51)$$

Z – зазор от воды до низа пролетного строения.

Его значение принимают:

1. Z = 0,5 м – если на реке нет ледохода или карчехода;
2. Z = 1,0 м – при ледоходе или карчеходе.

При проектировании продольного профиля проектную линию наносят не ниже полученного значения $H_{M. min}$

6.4 Определение длины моста

Длина моста при свайных опорах с заборными стенками определяются по формуле 52:

$$Z_M = \sum L_{пр.} + \sum \alpha, \quad (52)$$

Где $\sum L_{пр.}$ – сумма длин пролетных строений перекрывающих пролеты моста; $\sum \alpha$ – сумма зазоров между соседними пролетными строениями. Значение зазора принимается $\alpha = 0,05$ м.

6.5. Укрепление у моста

За малыми мостами предусматривают укрепление русла, соответствующее скорости по формуле 53 .

$$V = 1,5 \times V_c \quad (53)$$

Длина укрепления за мостом определяется по формуле:

$$L_{укр.} = 2 \times 1,5 \times H_{нас.} \quad (54)$$

$H_{нас.}$ – высота насыпи у моста по продольному профилю.

Глубина ковша размыва $h_{раз.}$ может быть определена по зависимости относительной глубины размыва n от относительной длины укрепления A .

$$A = \frac{L_{укр.} \times \text{tg } \alpha}{L_p} \quad (55)$$

$\text{tg } \alpha = \text{tg } 45^\circ = 1$ (под углом равным 45° распределяется по ширине укрепления за мостом).

Затем по таблице 31, в зависимости от A определяется относительная глубина размыва n .

Таблица 31

Относительная глубина размыва

$A = \frac{L_{укр.} \times \text{tg } \alpha}{b}$	$n = \frac{h_{разн.}}{H}$	$A = \frac{L_{укр.} \times \text{tg } \alpha}{b}$	$n = \frac{h_{разн.}}{H}$	$A = \frac{L_{укр.} \times \text{tg } \alpha}{b}$	$n = \frac{h_{разн.}}{H}$
0	1,55	4	0,60	8	0,45
1	1,00	5	0,55	9	0,40
2	0,80	6	0,60	10	0,40
3	0,65	7	0,50		

Подставляют полученное значение n по таблице 17 в формулу и определяют глубину ковша размыва по формуле 56:

$$H_{раз} = n \times H \quad (56)$$

Тип укрепления принимают бетоном класса не ниже В-20, толщиной не менее 10-15 см.

6.6. Пример проектирования малого моста

1. Расчетный расход $Q_p = 16,25 \text{ м}^3/\text{с}$ (по заданию)
2. Средняя глубина потока $h = 1,0 \text{ м}$ (по заданию)
3. Принимаем тип укрепления: каменная наброска.
Тогда допустимая скорость составит $V_{\text{доп}} = 2,4 \text{ м/с}$ (таблица 29)
4. Скорость в сжатом сечении:

$$V_c = 1,1 \times V_{\text{доп}} = 1,1 \times 2,4 = 2,64 \text{ м/с}$$

5. Глубина воды перед мостом:

$$H = 1,46 \times \frac{V_c^2}{g} = 1,46 \times \frac{2,64^2}{9,81} = 1,04 \text{ м}$$

6. Расчетное отверстие моста:

$$b = \frac{Q_p}{1,33 \times \sqrt{H^3}} = \frac{16,25}{1,33 \times \sqrt{1,04^3}} = 11,52 \text{ м}$$

По таблице 30 принимаем типовое пролетное строение (учитывая, что $L_p \geq b$)
Сборные железобетонные пролетные строения для автодорожных мостов; серия типового проекта 3.503-14; инвентарный номер 710/2 (рис. 35);

длина пролетного строения $L_{\text{пр.}} = 13,46 \text{ м}$; строительная высота $h_{\text{кон.}} = 1,02 \text{ м}$.

7. Минимальная высота моста:

$$H_{\text{МО min}} = 0,88 \times H + Z + h_{\text{кон.}} = 0,88 \times 1,04 + 1,0 + 1,02 = 2,94 \text{ м}$$

8. Длина моста $Z_m = L_{\text{пр.}} + 2\alpha = 14,06 + 2 \times 0,05 = 14,16 \text{ м}$

Опоры моста приняты свайные с заборной стенкой.

9. Укрепление у моста:

- скорость потока за мостом $V = 1,5 \times V_c = 1,5 \times 2,64 = 3,96 \text{ м/с}$

- при высоте насыпи у моста по продольному профилю $H_{\text{нас.}} = 5,25 \text{ м}$

Длина укрепления за мостом составит $L_{\text{укр.}} = 2 \times 1,5 H_{\text{нас.}} = 2,0 \times 1,5 \times 5,25 = 15,75 \text{ м}$

- относительная длина укрепления :

$$A = \frac{l_{\text{укр.}} \times \text{tg} \alpha}{l_p} = \frac{15,75 \times \text{tg} 45^\circ}{13,46} = \frac{15,75 \times 1}{13,46} = 1,17 \text{ м}$$

по таблице 31 определяем относительную глубину размыва в зависимости от A
 $n = 1,00 \text{ м}$. Тогда глубина ковша размыва составит $h_{\text{разм.}} = n \times H = 1,00 \times 1,04 = 1,04 \text{ м}$
Тип укрепления назначаем бетоном класса В-20, толщиной 15 см.

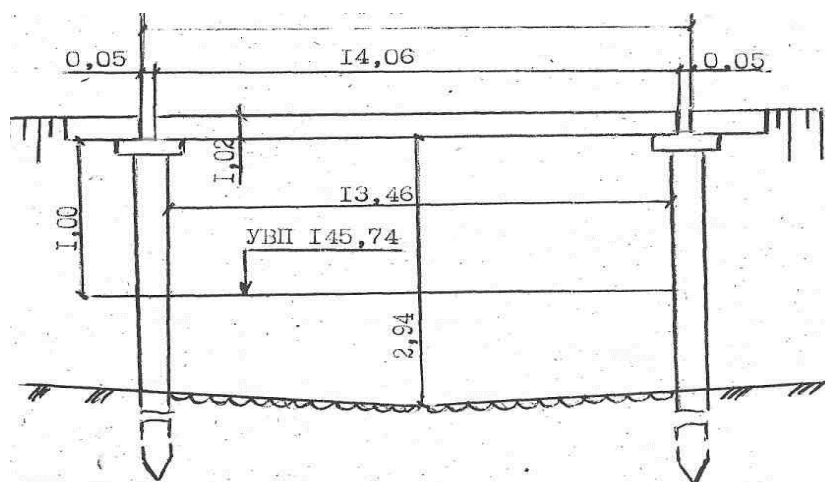


Рис. 35 Схема малого моста

ГЛАВА 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Расчет конструкции дорожной одежды возможен с применением различных программных комплексов (Радон, Indoravement, IndorCAD и др).

Программа расчёта конструкции дорожной одежды выполняет расчеты на прочность (по упругому прогибу, сдвигу, растяжению при изгибе), морозостойкость и дренирование дорожной одежды. Подбирает толщины слоев конструкции по критерию минимальной стоимости.

В алгоритм расчета заложены рекомендации следующих нормативных документов:

- ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд»;
- ВСН 46-83 «Проектирование нежестких дорожных одежд»;
- ОДН 218.1.052-2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд»;
- «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)», утв. расп. Минтранса России № ОС-1066-р от 03.12.2003);
- ГОСТ Р 52748-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения» и др.

7.1 Расчет дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу

7.1.1. Исходные данные:

1. Категория автомобильных дорог
2. Перспективная интенсивность движения на 20-й год.
3. Состав движения
4. Ежегодный рост интенсивности движения
5. Дорожно-климатическая зона
6. Тип местности по характеру увлажнения
7. Тип грунта земляного полотна
8. Наличие дорожно-строительных материалов:
 - а) местные материалы;
 - б) привозные материалы;
 - в) отходы промышленности (эти данные берут по указанию консультанта, исходя из экономической характеристики района)
9. Тип дорожного покрытия согласно СНиП 2.05.02-85*, в зависимости от категории дороги.
10. Группа расчетного автомобиля
11. Требуемый уровень надежности K_n и соответствующий ему коэффициент прочности, $K_{пр}$ принимаются по таблице 32.

Таблица 32

Величины уровня надёжности и коэффициента прочности

Тип покрытия и одежды	Категория а/д	K_n	$K_{пр}$
Дорожные одежды капитального типа с совершенствованным покрытием	1,2	0,95	1,0
	3	0,90	0,94
Одежды облегченного типа с усовершенствованным покрытием	3,4	0,85	0,90
Переходные дорожные одежды	4,5	0,60	0,63

7.1.2. Определение расчётной интенсивности и требуемого модуля упругости

Интенсивность движения грузовых автомобилей и автобусов на перспективный 20-й год.

$$N_{20} = N_{20 \text{ зад.}} \times K \quad (57)$$

$N_{20 \text{ зад.}}$ – интенсивность движения на перспективу 20 лет по заданию.

K – содержание грузовых автомобилей и автобусов в общем составе в долях единицы.

ПРИМЕР:

легковые автомобили – 10% по заданию

тогда: $K = 100\% - 10\% / 100\% = 0,90$

Суммарная интенсивность движения на конец расчетного периода.

$$N_{\text{сумм}} = N_{20} / m_{20} \times m_n, \quad (58)$$

где N_{20} – интенсивность движения грузовых автомобилей и автобусов, авт\сут.
 m_{20} , m_n – коэффициенты увеличения интенсивности движения на 20-й год применяются по таблице 33.

Таблица 33

Коэффициенты увеличения интенсивности движения

Год экон. дороги	Величина m при ежегодном росте интенсивности движения											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	1.8	1.17	1.27	1.37	1.48	1.59	1.72	1.85	1.98	2.14	2.30	2.48
10	1.11	1.22	1.34	1.48	1.63	1.79	1.97	2.16	2.36	2.59	2.84	3.11
15	1.16	1.35	1.56	1.80	2.08	2.40	2.76	3.17	3.64	4.18	4.79	5.47
20	1.22	1.49	1.81	2.19	2.65	3.21	3.87	4.66	5.60	6.73	8.06	9.65

Расчетный период применяется в зависимости от типа покрытия:

Капитальный – 15 лет, тогда $N_{\text{сум}} = N_{20} / m_{20} \times m_{15}$

Облегченный – 10 лет, тогда $N_{\text{сум}} = N_{20} / m_{20} \times m_{10}$

Переходный – 8 лет, тогда $N_{\text{сум}} = N_{20} / m_{20} \times m_8$

Коэффициент увеличения интенсивности движения (таблица 33).

3. Расчетная интенсивность движения на одну полосу:

$$N_p = N_{\text{сум}} \times f_{\text{пол.}} \quad (59)$$

$f_{\text{пол.}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним. Для 2-х полосного движения $f_{\text{пол.}} = 0.55$

$$N_p = N_{\text{сум}} \times 0,55 \quad (60)$$

4. Расчетная, приведенная к расчетному автомобилю, интенсивность движения:

$$N_{p,\text{прив.}} = N_p \times P_1 \times S_1 + N_p \times P_2 \times S_2 \dots \quad (61)$$

P_1, P_2 – содержание автомобилей разных марок в общем составе, в долях единиц.
 S_1, S_2 – коэффициенты приведения автомобилей разных марок к расчетной нагрузке;

5. Требуемый модуль упругости $E_{тр}$ – назначается по номограмме рис.37 в зависимости от р.прив. и вида нагрузки, автомобиль группы А или Б.

Требуемый модуль упругости $E_{тр}$ должен быть не меньше минимального требуемого модуля упругости $E_{мин}$ значение которого определяется по таблице 34.

Таблица 34

Категория дороги	Минимальный требуемый модуль упругости, $E_{мин}$		
	Покрытие, $E_{мин}$, МПа		
	Капитальное	Облегчённое	Переходное
II	200	120	-
III	180	160	-
IV	-	125	65

6. Общий модуль упругости $E_{общ}$.

$$E_{общ} = K_{пр} \times E_{тр.}, \text{ где}$$

$K_{пр}$ - коэффициент прочности (см. исходные данные)

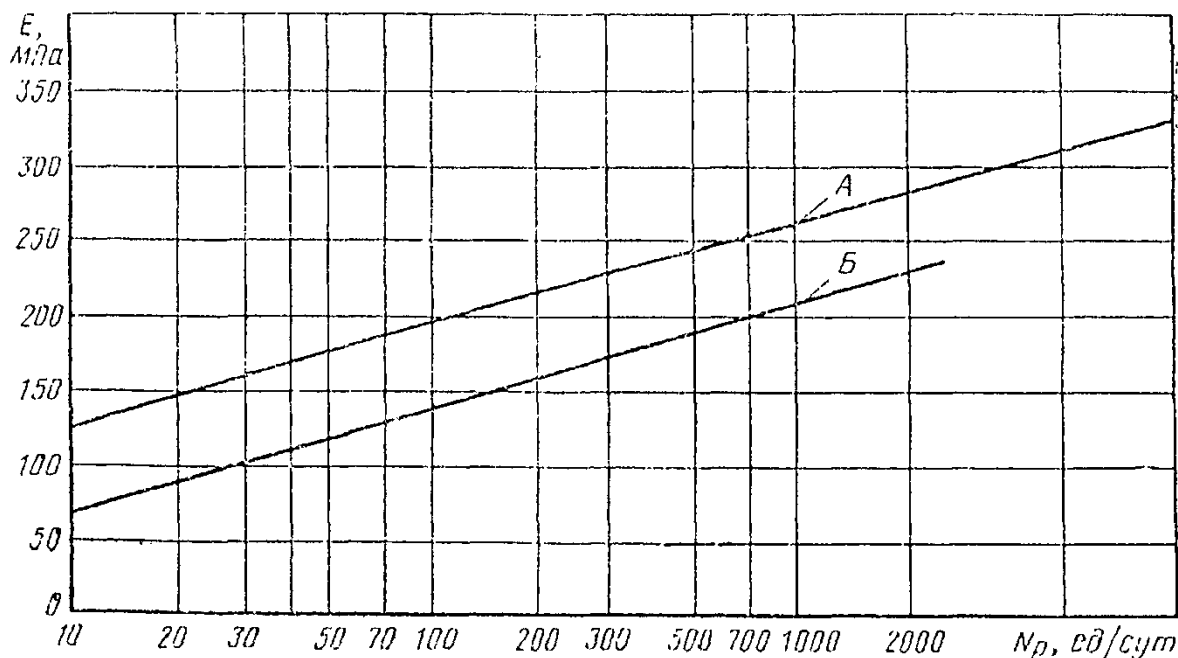


Рис.36 Требуемые модули упругости $E_{тр}$ для нагрузок групп А и Б

7.1.3. Назначение дорожной одежды

Конструкции дорожной одежды назначаются с учетом установленного типа покрытия, интенсивностью движения, дорожно-строительными материалами.

Необходимо стремиться к минимальному числу конструктивных слоев и минимальной толщине слоев.

7.1.4. Минимальная толщина покрытия и других конструктивных слоёв дорожной одежды:

1. Асфальтобетон крупнозернистый – 6-7 см,
2. Асфальтобетон мелкозернистый – 3- 5 см
3. Асфальтобетон песчаный – 3- 4 см

4. Асфальтобетон холодный – 3 см
5. Щебеночные/ гравийные материалы, обработанные органическими вяжущими – 8 см,
6. Щебень, обработанный по способу пропитки – 8 см
7. Щебеночные (гравийные материалы) не обработанные вяжущими:
 - а) на песчаном основании – 15 см
 - б) на каменном основании или из укрепленного грунта – 8 см
8. Грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими, неорганическими или комплексными вяжущими – 10см.

Предварительно назначают толщину верхних слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее.

Общая толщина верхних слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, ориентировочно назначается в зависимости от требуемого модуля упругости $E_{гр}$:

Модуль упругости, МПа:	до 125;	125-180;	180-220;	220-250;	250-300
Толщина слоя, см:	4-6;	6-8;	8-10;	10-13;	13-16

Для работы необходимо определить модули упругости грунта активной зоны земляного полотна $E_{гр}$ и модули упругости материалов слоев.

7.1.5. Определение модуля упругости грунта активной зоны земляного полотна $E_{гр}$.

1. Расчетная влажность грунта рассчитывается по формуле (62):

$$W_p = W(1 + \theta \times v_w) \quad (62)$$

W – средняя влажность грунта (таблица 35), v_w – коэффициент вариации влажности равный 0,1; θ – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от заданного уровня проектной надежности K_n конструкции дорожной одежды.

Уровень проектной надежности, K_n :	0,60;	0,85;	0,90;	0,95
Коэффициент нормированного отклонения , θ :	0,26;	1,06;	1,32;	1,71

Модуль упругости грунта $E_{гр}$ определяется по табл. 36 в зависимости от расчетной влажности грунта W_p .

Характеристики глинистых грунтов и пылеватых песков и нормативные значения модулей упругости материалов принимаем по таблицам 36, 37. Модуль упругости каменных материалов и грунтов определяем по таблице 38.

Таблица 35

Средние значения влажности W грунта,

Дорожно-климатические зоны и подзоны	Тип местности по условиям увлажнения	Среднее значение влажности W грунта, доли от W_T			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок легкий и тяжелый, глины	Супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок пылеватый
II ₁	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II ₂	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
III	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
IV	1	0,53	0,55	0,57	0,60
	2-3	0,57	0,58	0,60	0,64
V	1	0,52	0,53	0,54	0,57
	2-3	0,55	0,56	0,57	0,60

Таблица 36

Характеристики глинистых грунтов и пылеватых песков

Грунт	Обозначение измерения	Значения характеристики при влажности грунта W_p									
		0,50	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
Супесь легкая	$E_{гр.}, \text{МПа}$	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
Песок пылеватый Супесь пылеватая Легкий пылеватый	$E_{гр.}, \text{МПа}$	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
Суглинок легкий Глина, тяжелая	$E_{гр.}, \text{МПа}$	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Супесь тяжелая, пылеватая, Суглинок легкий, пылеватый	$E_{гр.}, \text{МПа}$	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25

Таблица 37

Нормативные значения модулей упругости материалов

Материал	Марка битума	Модуль упругости при t°	
		10°C	
Плотный асфальтобетон Горячий	БНД 40\60	4400	
	БНД 60\90	3200	
	БНД 90\130	2400	
	Теплый	БНД 130\200	1500
		БНД 200\300	1200
		БГ 70\130	1000
		СГ 130\200	900
	Холодный	СГ 70\130	800
		МГ 70\130	800
	Пористый и высокопористый асфальтобетон Горячий	БНД 40\60	2800
БНД 60\90		2000	
БНД 90\130		1400	
Плотный дегтебетон		-	3800
Пористый дегтебетон		-	2000
Пористый и высокопористый теплый асфальтобетон		БНД 130\200	1100
	БНД 200\300	950	

Таблица 38

Каменные материалы и грунты

Материал	Модуль упругости, МПа
Щебень, обработанный битумом в установке	700-800
Щебень из горных пород 1-го и 2-го классов, обработанный органическими вяжущим по методу пропитки	600-700
То же, из горных пород 3 класса	400-500
Щебеночные холодные смеси и холодный черный щебень, изготовленный в установке	500-550
Щебень и гравий, обработанный цементом в количестве 6-7%	650-700
То же, при содержании цемента 4-5%	500-550
Гравийные холодные смеси, изготовленные в установке	600-700
То же, изготовленные смешиванием на дороге	400-450
Щебень, уложенный по принципу заклинки из каменных пород и кислых шлаков 1 и 2 классов, а так же основных шлаков с добавками каменной муки	400-450
То же, из горных пород 3 класса	300-350
Супесчаные грунты, укрепленные цементом в количестве, %	
6	180
8	280
10	350
12	400
То же, обработанные органическими вяжущими в количестве, %	
8	200-250
10	250-280

Суглинистые грунты, укрепленные цементом в количестве, % 6 8 10 12	150 220 270 300
То же, обработанный органическими вяжущими в количестве, % 10 12	170-200 200-250
Золошлаковая смесь, укрепленная вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	300-350
То же, укрепленная цементом в количестве, % 6 8 10	100 150 200
Крупноблочные грунты и гравийно-песчаные смеси оптимального состава, укрепленные цементом 1 класс прочности 2 класс 3 класс	800-550 530-350 320-280
То же, укрепленные активной золой уноса или гранулированным шлаком, известью 1 класс прочности 2 класс 3 класс	700-530 500-330 300-250
То же, укрепленные комплексными вяжущими 1 класс прочности 2 класс 3 класс	900-700 650-500 450-300
Крупноблочные грунты и гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, гравелистый, крупный и среднезернистый песок, укрепленные цементом: 1 класс прочности 2 класс 3 класс	700-500 480-330 300-250
То же, укрепленные комплексными вяжущими 1 класс прочности 2 класс 3 класс	800-650 600-450 420-280
Малопесчаный каменный материал и отходы камнедробления, укрепленные цементом в количестве, % 4 6 8 10	200 350 450 550

Таблица 39

Пески

Материал	Модуль упругости, МПа
Песок крупный гравелистый	130
Песок среднезернистый	120
Песок мелкозернистый	100

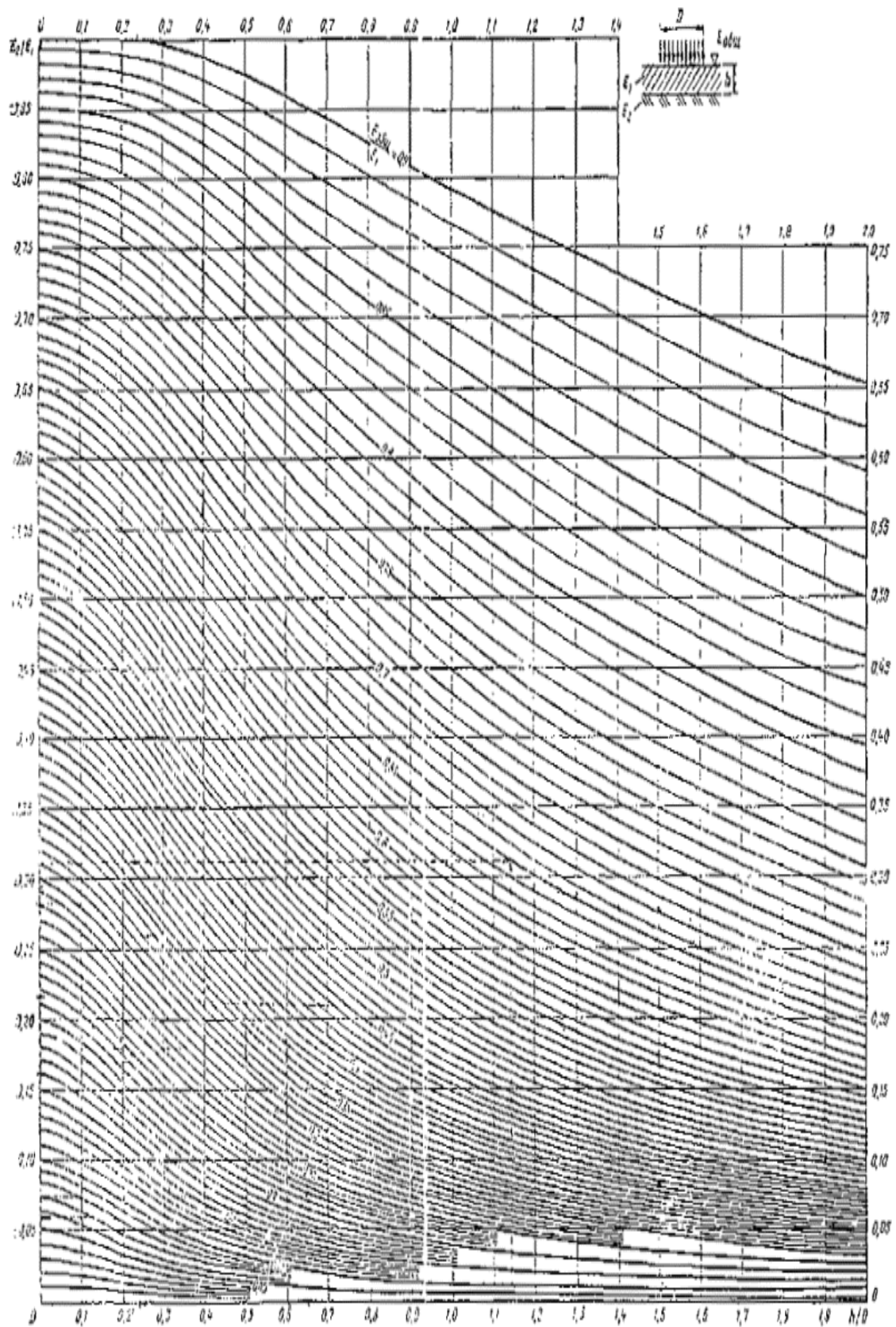


Рис 37. Номограмма для определения общего модуля упругости $E_{\text{общ}}$ двухслойной модели (цифры на кривых показывают отношение модуля упругости двухслойной модели к модулю верхнего слоя $E_{\text{общ}}/E_1$)

7.2. Расчет дорожной одежды

1. Категория автомобильной дороги – III.
2. N задан. – 2520 авт./сутки.
3. Состав движения приведен в таблице 40

Таблица 40

Состав движения

№ п/п	Марка автомобилей	Содержание, %
1	ГАЗ 53	5
2	ЗИЛ-130	12
3	Легковые	67
4	Автобусы	16

1. Ежегодный рост интенсивности движения – 2,4%.
2. Дорожно-климатическая зона – II.
3. Тип местности по увлажнению – I.
4. Вид грунта земного полотна – привозной, суглинок легкий.
5. Местные ДСМ – щебень, асфальтобетон, песок; привозные – битум, цемент.
6. Тип дорожной одежды – капитальный, облегченный.
7. Группа расчетного автомобиля: группа А, с параметрами:
 $T = 100 \text{ кН}$
 $P = 0,6 \text{ МПа}$
 $D = 37 \text{ см}$

Предложены два варианта конструкции дорожной одежды:

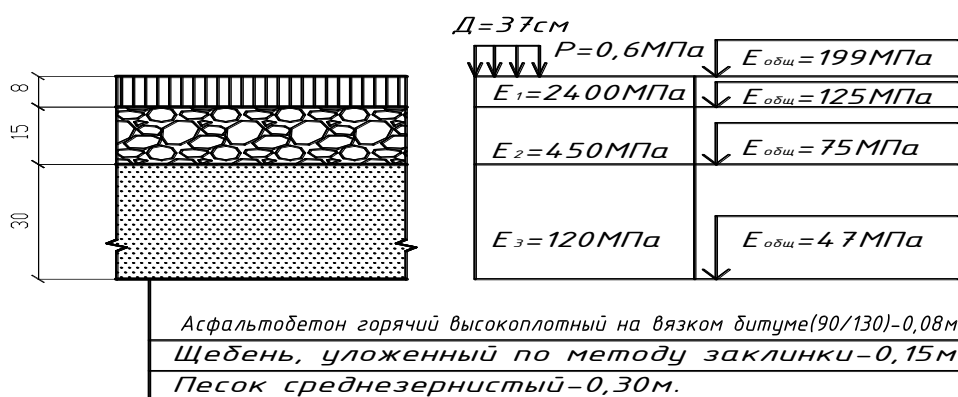


Рис. 38 I вариант дорожной одежды

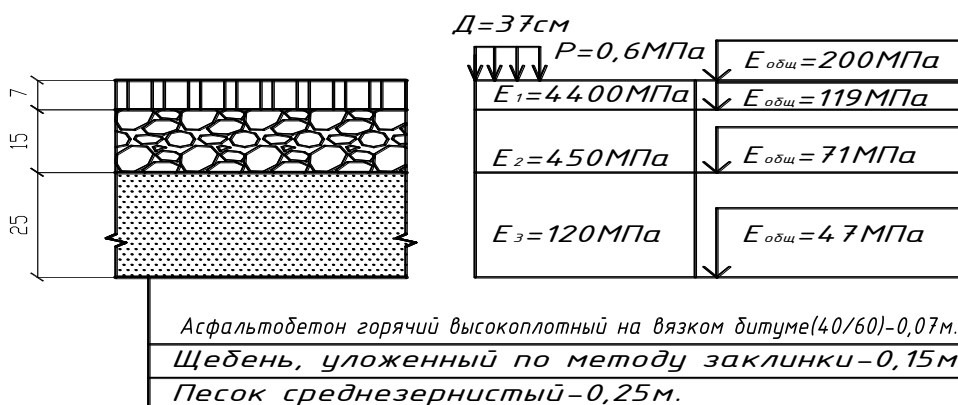


Рис. 39 II вариант дорожной одежды

7.3. Сравнение вариантов дорожной одежды

1. Год приведенных затрат – 2012-й год.
2. Межремонтные сроки для капитального ремонта:
Капитальный ремонт I варианта-18 лет, II варианта – 18 лет.
Средний ремонт I варианта-6 лет, II варианта – 6 лет (табл. 41).
3. Срок сравнения вариантов дорожной одежды 18лет, следовательно, расчетным будет 2030 год.

Расчет:

- I. Капитальные вложения средств в строительство дорожной одежды рассчитываются по формуле 63:

$$K_0 = (C_1/10)*h_1+(C_2/10)*h_2+(C_3/10)*h_3\dots \quad (63)$$

C_1, C_2 – стоимость слоев дорожной одежды при толщине слоя 10 см по укрупненным показателям на 1000м^2 (таб. 42); h_1, h_2 – толщина слоев дорожной одежды, см.

I в. $K_0 = (3,51/10)*7+(1,4/10)*15+(0,59/10)*25 = 6,04$ тыс. руб.

II в. $K_0 = (3,51/10)*8+(1,4/10)*15+ (0,59/10)*30 = 6,68$ тыс. руб.

II. Суммарные приведенные затраты на капитальный ремонт: за 18 лет дорожная одежда обоих вариантов будет ремонтироваться капитально только 1 раз -через 18 лет

Стоимость капитального ремонта 1м^2 дорожной одежды (из таб. 42):

I в : $K_{кр} = 3,68$ руб/ м^2 ; II в : $K_{кр} = 3,68$ руб/ м^2

Тогда получаем:

$$\Sigma K_{кр} \frac{1}{(1+E_{н.п.})^{18}} = 3,68*0,25 = 0,92 \text{ тыс. руб.}$$

III. Суммарные приведенные затраты на средний ремонт дорожной одежды (табл. 43):

За 18 лет дорожная одежда обоих вариантов будет ремонтироваться 2 раза: на 6-й и 12-й годы соответственно:

Стоимость среднего ремонта 1м^2 дорожной одежды (из таб. 42):

Iв: $C_{ср.р.} = 0,60$ руб/ м^2 ; Пв: $C_{ср.р.} = 0,60$ руб./ м^2

$$\Sigma C_{т.р.} \frac{1}{(1+E_{н.п.})^6} \dots + \dots \Sigma C_{т.р.} \frac{1}{(1+E_{н.п.})^{12}} = 0,60(0,63+0,397) = 0,62 \text{ тыс. руб.}$$

IV. Суммарные приведенные затраты на текущий ремонт и содержание:

Стоимость I текущего ремонта 1м^2 дорожной одежды (из табл. 44)

Iв: $C_{т.р.} = 0,061$ руб./ м^2 ; Пв: $C_{т.р.} = 0,061$ руб./ м^2

$$\Sigma C_{т.р.} \frac{1}{(1+E_{н.п.})^1} \dots + \dots \Sigma C_{т.р.} \frac{1}{(1+E_{н.п.})^{18}} = 0,061 \times 9,37 = 0,57 \text{ тыс. руб.}$$

V. Суммарные приведенные затраты на 1000м^2

Iв.: $P_{пр} = (0,12/0,08) \times (6,04+0,92)+0,62+0,57 = 10,25$ тыс. руб.

Пв.: $P_{пр} = (0,12/0,08) \times (6,68+0,92)+0,62+0,57 = 12,59$ тыс. руб.

Вывод: экономичнее I –й вариант дорожной одежды,
 $\Delta = 12,59 - 10,25 = 2,34$ тыс. руб.

Таблица 41

Межремонтные сроки эксплуатации дорог

№	Типы дорожных покрытий	Межремонтные сроки, лет	
		капитальный	средний
1	Цементобетонные	30	10
2	Асфальтобетонные	18	6
3	Из битумных смесей	12	4
4	Щебеночные, гравийные	9	3
5	Грунтовые, обработанные органическими вяжущими	9	3
6	грунтовые улучшенные	6	3

Таблица 42

Укрупненные показатели стоимости конструктивных слоев дорожной одежды

	Наименование слоя	Стоимость 1000м ² при толщине слоя 10см, тыс.руб.
1	Холодный асфальтобетон	2.93
2	Горячий черный щебень	2.69
3	Щебень, обработанный по способу пропитки	2.11
4	Щебень, обработанный цементом 5-7%	1.37
5	Грунт, обработанный цементом 6-10%	0.76
6	Щебень, устраиваемый по способу заклинки	1.40
7	Песчаные слои	0.59
8	Поверхностная обработка:	
9	одиночная	0.35
10	двойная	0.59
11	черной каменной мелочью	0.82
12	Мелкозернистый горячий асфальтобетон	3.86
13	Среднезернистый	3.51
14	Крупнозернистый	3.04
15	Теплый асфальтобетон	3.16
16	Песок, обработанный битумной эмульсией с цементом	1.05
17	Щебень, обработанный битумной эмульсией с цементом	1.76
18	Гравийный материал, обработанный битумной эмульсией в сочетании с цементом	1.64
19	Гравий, обработанный цементом 5-7%	1.76
20	Гравийно-песчаная смесь обработанная цементом	1.64
21	Песок укрепленный цементом 5-6%	0.94
22	Щебень, устраиваемый по способу заклинки	1.40
23	Гравий	1.17
24	Гравийная смесь, укрепленная золами уноса 20% и цементом 4-5%	1.52
25	Песок, укрепленный золами уноса 20% и цементом 4-5%	0.82
26	Золошлаковые смеси, укрепленные цементом или известью 5-6%	0.70
27	Подобранные гравийные смеси с добавлением щебня 3%	1.29
28	Гравийный материал, укрепленный гранулированным шлаком 20-30%	1.05
29	Щебень укрепленный золами уноса	1.40
30	Шлак по способу заклинки	0.94
31	Грунтощебень	0.94

Таблица 43

Расчетные показатели затрат на капитальный, средний и текущий ремонты и содержание дорожной одежды и обочин

Категория дороги	Покрытие	Стоимость нового строительства	Стоимость одного ремонта, руб./м ²		
			Капитальный	средний	текущий
1	Цементобетонное	14.42	4.93	0.59	0.04549
2	Асфальтобетонное	11.72	4.93	0.59	0.06486
3	Асфальтобетонное	8.52	3.68	0.60	0.06092
	Щебеночное, обработанное битумом с поверхностной обработкой	7.55	3.68	0.60	0.07385
4	Гравийное, обработанное битумом с поверхностной обработкой	4.50	2.23	0.38	0.08616
	Щебеночное, с двойной поверхностной обработкой	4.48	2.38	0.40	0.07123

Таблица 44

Коэффициент для приведения затрат будущих лет к базисному году

t	$\frac{1}{(1 + \text{Ен. п.})^t}$
1	0.926
2	0.858
3	0.794
4	0.735
5	0.681
6	0.630
7	0.583
8	0.540
9	0.500
10	0.493
11	0.429
12	0.397
13	0.368
14	0.340
15	0.315
16	0.292
17	0.270
18	0.250
19	0.232
20	0.215

ГЛАВА 8. ОБУСТРОЙСТВО ДОРОГИ

Для обеспечения удобного и безопасного движения по автомобильным дорогам необходимо предусмотреть мероприятия по их обустройству. К числу таких мероприятий относятся:

- Площадки для остановки автобусов и автомобилей,
- АЗС и СТО,
- Автовокзалы, автостанции и автопавильоны,
- Сооружения дорожно-эксплуатационной службы,
- Посты ГАИ,
- Дорожные знаки,
- Разметка проезжей части,
- Ограждающие сооружения,
- Пересечения и примыкания дорог.

При проектировании дорог должен быть предусмотрен комплекс мероприятий по обслуживанию и организации движения. Необходим осмотр автомобилей, их заправка и так далее. С этой целью на дороге проектируются специальные площадки для остановки автомобилей. Планировка этих площадок зависит от количества останавливающихся автомобилей (но не менее пяти), от рельефа местности, от наличия исторических памятников или иных достопримечательностей в районе строительства. Такие площадки устраивают около придорожных столовых, магазинов, красивых мест. Расстояние между ними определяется категорией дороги. Стоянки располагают на дорогах 1 и 2 категорий не реже чем через 10-15 км, на дорогах 3 категории через 20-30 км. И через 45 -55 км на дорогах 4 категории. Ниже приведены возможные варианты таких площадок (рис.40, 41, 42, 43).

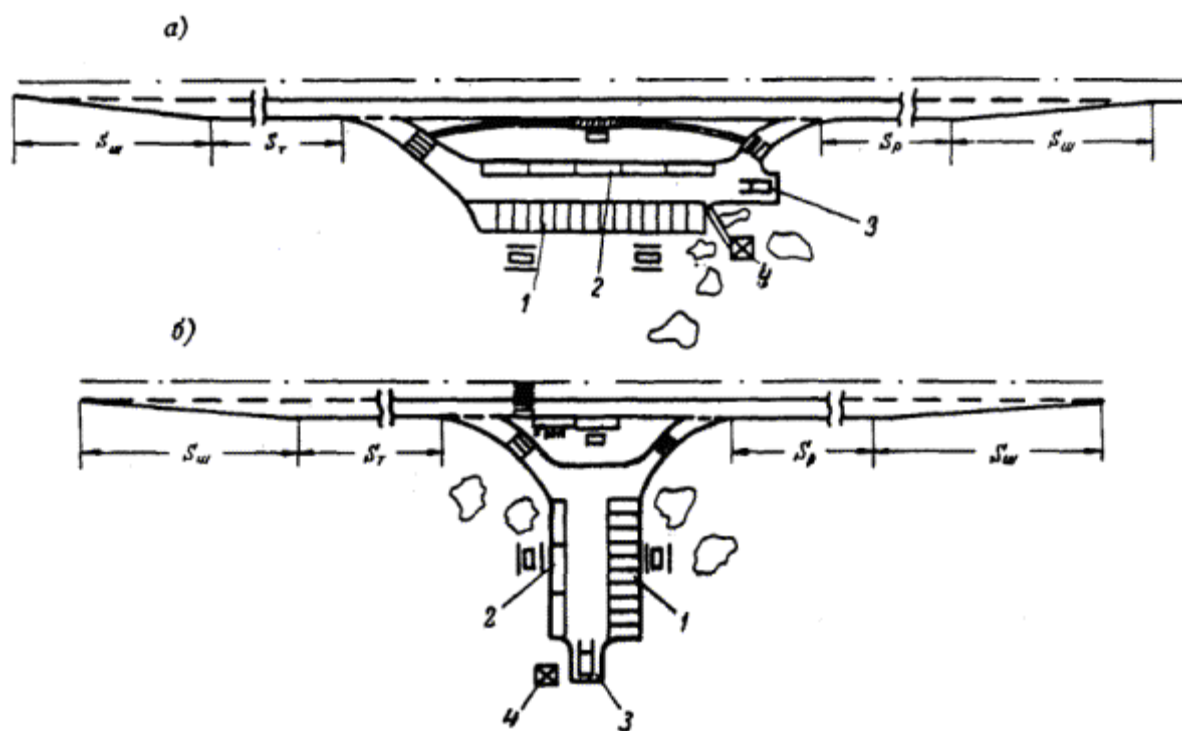


Рис.40 Схемы площадок с параллельным (а) и перпендикулярным расположением относительно дороги (б) для стоянок автомобилей в зоне автобусных остановок.

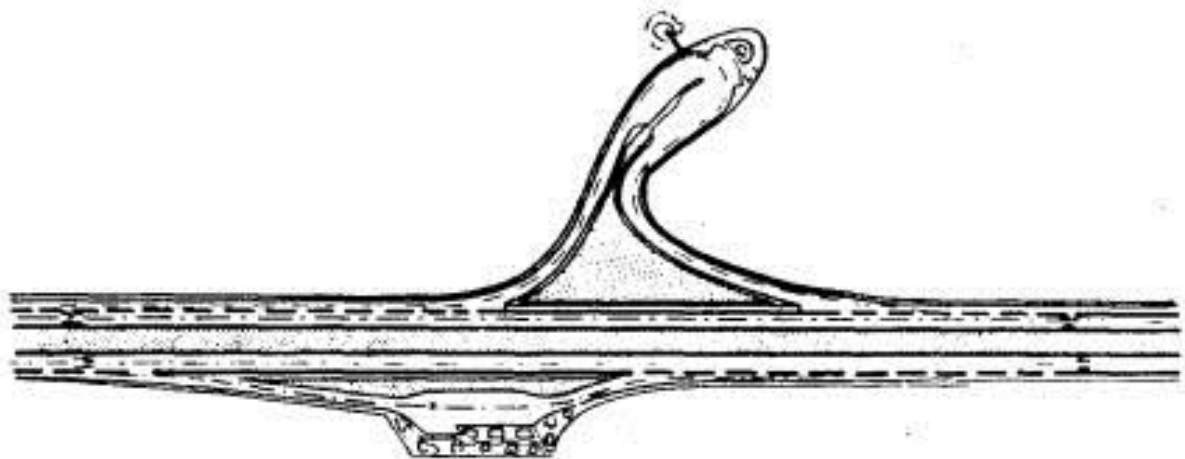


Рис. 41 Размещение площадки с учетом местности (Венгрия)

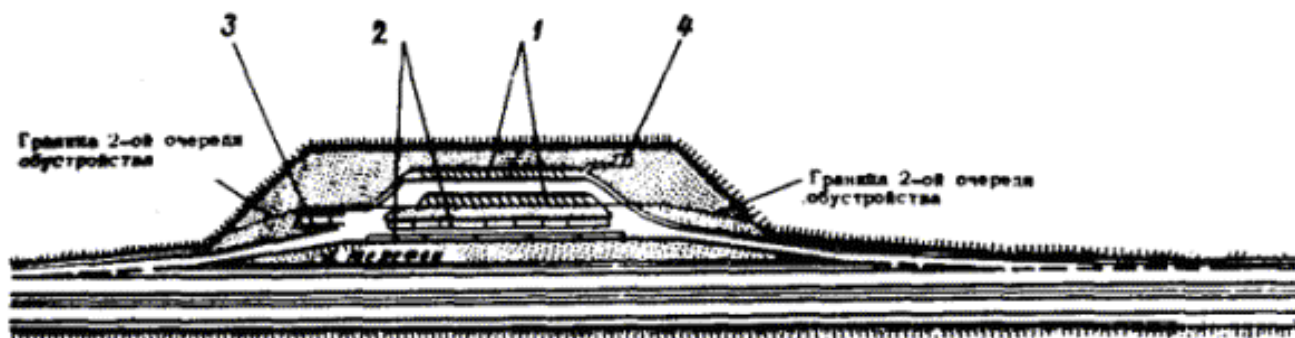


Рис.42 Схема площадки для стоянки на перегоне (французский вариант)

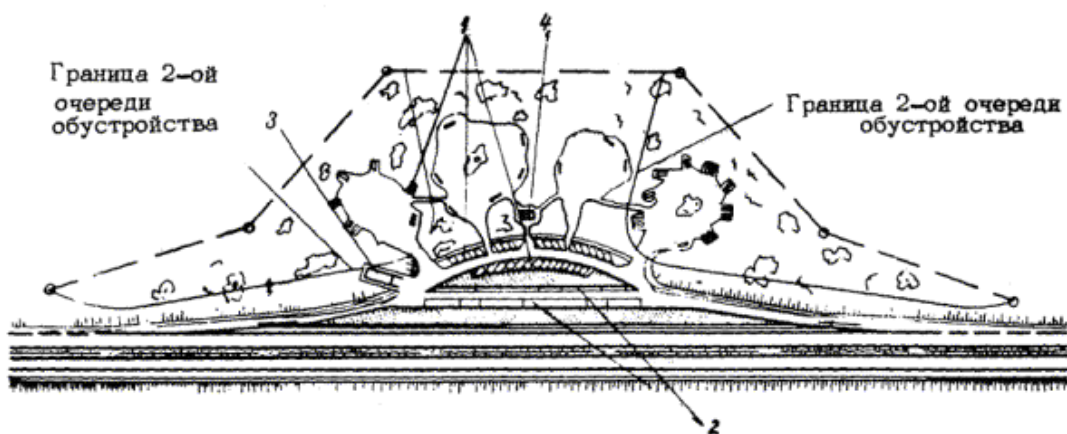


Рис 43 Схема площадки для стоянок на перегоне
 1 - легковые автомобили; 2 - грузовые; 3 - смотровая эстакада; 4 - туалет

Автобусные остановки

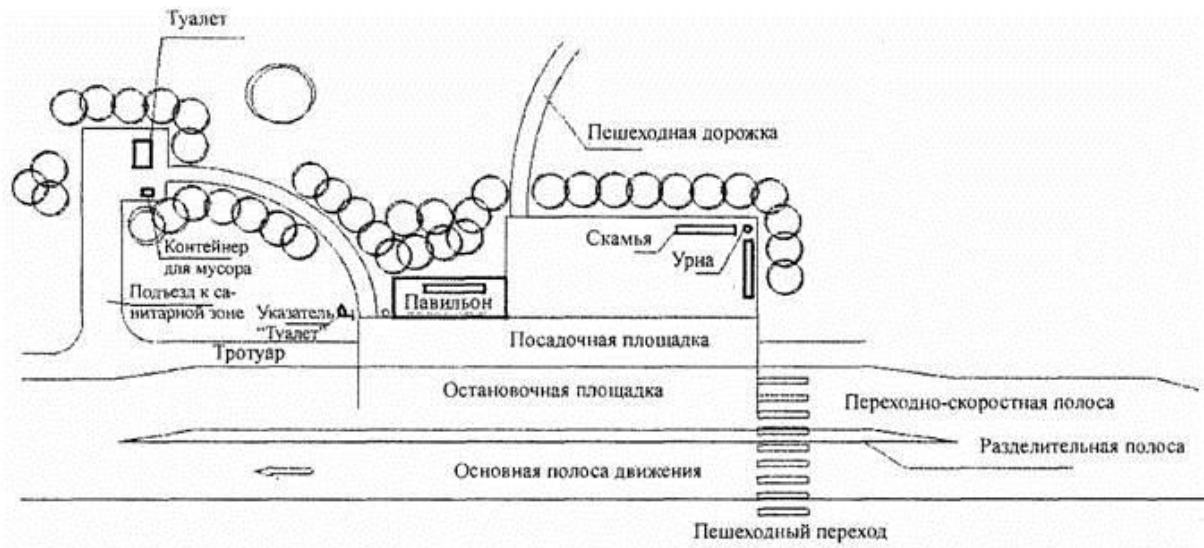


Рис. 44. Элементы автобусной остановки

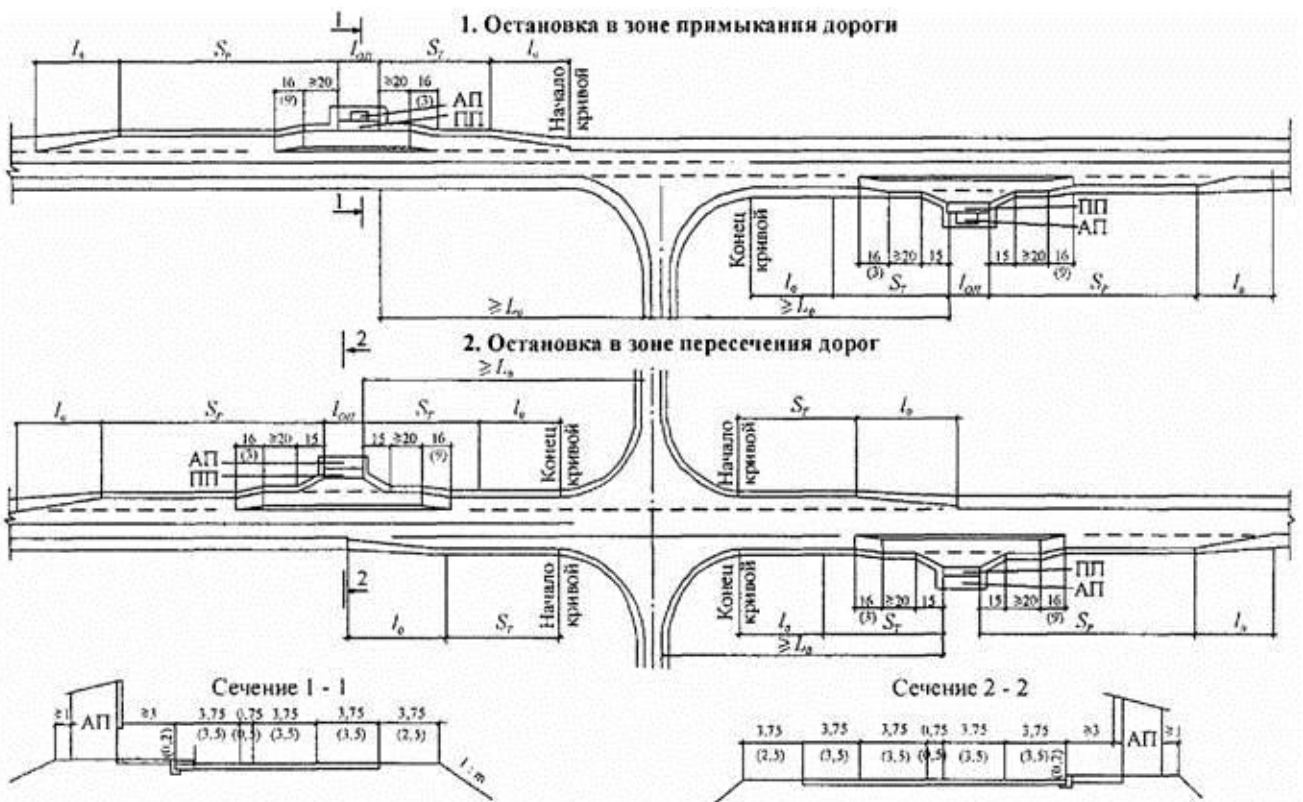
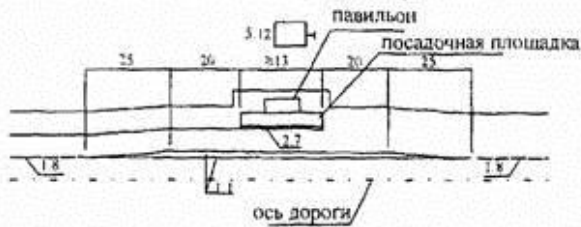
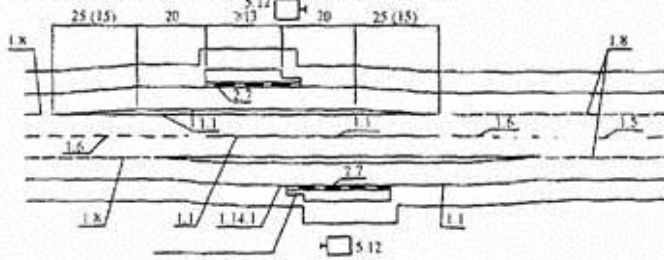


Рис. 45 Автобусные остановки на дорогах II-III категорий с пешеходным переходом в одном уровне в зоне пересечения и примыкания дорог

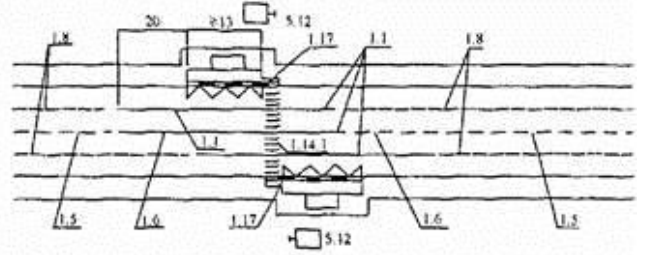
1. Разметка дорог II-III категорий с пешеходным переходом в разных уровнях



2. Разметка дорог II-III категорий с пешеходным переходом в одном уровне



3. Разметка дорог IV категории



4. Разметка дорог IV категории при отсутствии переходно-скоростных полос

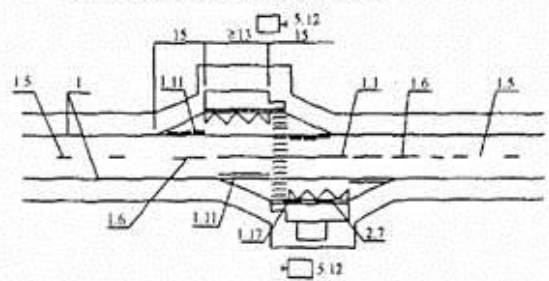


Рис. 46 Разметка дорог у автобусных остановок на дорогах II-IV категорий

Вне населенных пунктов

В населенных пунктах

Знаки предварительных указаний направлений

На присыпной бортике, На обочине, На отдельной стойке, На осветительной опоре, На присыпной обочине, Над боковой канавой, На откосе насыпи, За боковой канавой, Между ограждениями, Над обочинной, На стене здания, На сигнальной тумбе, На контактной сети троллейбуса, На присыпной обочине, Над проезжей частью.

Типоразмеры дорожных знаков

Типоразмер знака	Основные размеры, мм		Условия применения знаков	
	Треугольная сторона знака	Круглый диаметр знака	В населенных пунктах	Вне населенных пунктов
I	700	600	Дороги местного значения	Дороги с одной полосой движения
II	900	700	Магистральные дороги	Дороги 2-, 3-полосные
III	1200	900	Скоростные дороги	Автомостральи. Дороги с 4 и более полосами движения
IV	1500	1200	Ремонт, работы на автомагистралях, опасные участки на других работах	

Рис.47 Дорожные знаки

Установка дорожных знаков

К техническим средствам организации дорожного движения относятся дорожные знаки (рис.47), которые подразделяются на:

- предупреждающие,
- приоритета,

- запрещающие,
- предписывающие,
- информационно-указательные,
- сервиса,
- дополнительной информации.

Разметка

Как и дорожные знаки, разметка применяется для упорядочения дорожного движения, которая производится в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ГОСТ Р 51256-2011, ГОСТ 52289-2004). Она может быть горизонтальная и вертикальная.



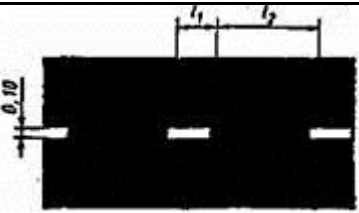
В горизонтальную входят линии, надписи, стрелы и другие обозначения на проезжей части (табл.45). При этом горизонтальная разметка может быть продольной и поперечной.

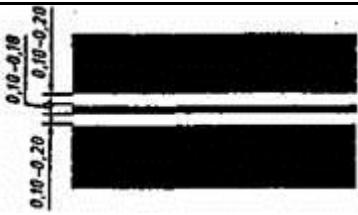
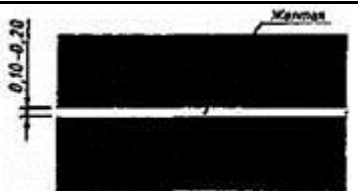
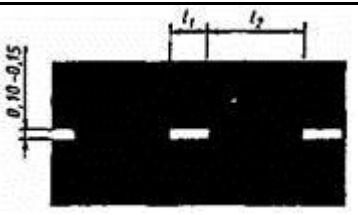
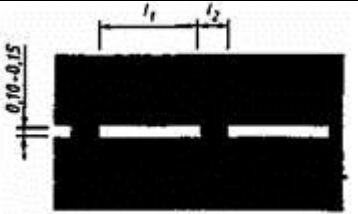
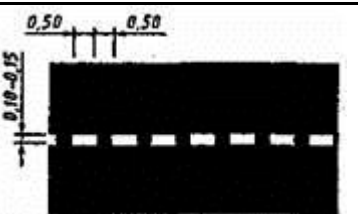
В вертикальную разметку входят линии и обозначения, наносимые на элементах опор мостов, путепроводов, тоннелей.

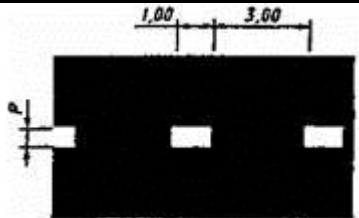
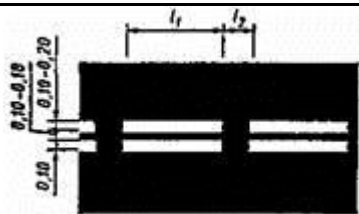
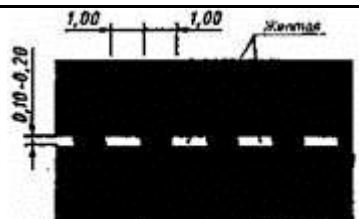
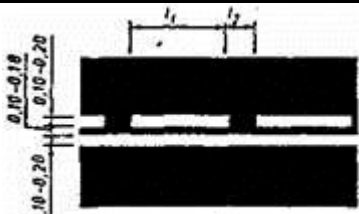
Для каждого вида разметки установлены размеры, цвет и правила применения.

Таблица 45

Горизонтальная разметка

Номер	Форма, цвет, размеры в м	Назначение
1	2	3
1.1		Разделение транспортных потоков противоположных направлений. Обозначение полос движения. Обозначение края проезжей части, на которые въезд запрещен. Обозначение границ мест стоянки транспортных средств
1.2.1		Обозначение края проезжей части
1.2.2	 <p> $V \leq 60 \text{ км/ч}$, $l_1=1,00$, $l_2=2,00$; $V > 60 \text{ км/ч}$, $l_1=2,00$, $l_2=4,00$; V - скорость движения $l_1:l_2 = 1:2$ </p>	Обозначение края проезжей части на двухполосных дорогах

1	2	3
1.3		Разделение транспортных потоков противоположных направлений
1.4		Обозначение мест, где запрещена остановка транспортных средств
1.5	 <p data-bbox="300 992 727 1160"> $V \leq 60 \text{ км/ч}$, $l_1 = 1,00 - 3,00$, $l_2 = 3,00 - 9,00$; $V > 60 \text{ км/ч}$, $l_1 = 3,00 - 4,00$, $l_2 = 9,00 - 12,00$; $l_1 : l_2 = 1 : 3$ </p>	Разделение транспортных потоков противоположных направлений. Обозначение полос движения
1.6	 <p data-bbox="300 1417 727 1585"> $V \leq 60 \text{ км/ч}$, $l_1 = 3,00 - 6,00$, $l_2 = 1,00 - 2,00$; $V > 60 \text{ км/ч}$, $l_1 = 6,00 - 9,00$, $l_2 = 2,00 - 3,00$; $l_1 : l_2 = 3 : 1$ </p>	Обозначение приближения к сплошной линии продольной разметки
1.7		Обозначение полос движения в пределах перекрестка

1	2	3
1.8	 <p>$P = 0,4$ – на автомагистралях; $P = 0,2$ - на прочих дорогах</p>	<p>Обозначение границы между полосой разгона или торможения и основной полосой проезжей части</p>
1.9	 <p>$V \leq 60^{KM/ч}$, $l_1=3,00-6,00$, $l_2=1,00-2,00$; $V > 60^{KM/ч}$, $l_1=6,00-9,00$, $l_2=2,00-3,00$; $l_1:l_2 = 3:1$</p>	<p>Обозначение границ полос движения, на которых осуществляется реверсивное регулирование. Разделение транспортных потоков противоположных направлений на дорогах, где осуществляется реверсивное регулирование (при выключенных реверсивных светофорах - ррра.ru)</p>
1.10		<p>Обозначение мест, где запрещена стоянка транспортных средств</p>
1.11	 <p>В местах разворота, въезда и выезда с прилегающей территории $l_1 = 0,9$, $l_2 = 0,3$ $V \leq 60^{KM/ч}$, $l_1=3,00-6,00$, $l_2=1,00-2,00$; $V > 60^{KM/ч}$, $l_1=6,00-9,00$, $l_2=2,00-3,00$; $l_1:l_2 = 3:1$</p>	<p>Разделение транспортных потоков противоположных или попутных направлений в местах, где необходимо ограничить маневрирование на проезжей части. Обозначение места, где необходимо разрешить движение только со стороны прерывистой линии (в местах разворота, въезда или выезда со стояночных площадок, АЗС, остановочных пунктов маршрутных транспортных средств и т.п.)</p>

Список литературы:

а) основная литература:

1. Амиров М.Ш. Единая транспортная система: учебник /Амиров М.Ш., Амиров С.М. - М.: Крокус, 2012. – 184 с.
2. Аристов А.И. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие/ Аристов А.И.,Приходько В.М., Сергеев В.М., – М.: ИНФРА – М, 2012.- 256с.
3. Илюшечкин В.М. Основы использования и проектирования базы данных: учеб. пособие / Илюшечкин В.М. – М.: изд-во Юрайт, 2010. – 213с.
4. Лапташкина Л.М. Основы проектирования автомобильных дорог. Учебное пособие и задания к дипломному, курсовому проекту «Проект участка автомобильной дороги» для студ. спец. 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы». – Ч.: ВФ МАДИ (ГТУ), 2011. - 185 с.

б) дополнительная литература

1. Автомобильные дороги: Безопасность, экологические проблемы, экономика (российско- германский опыт). Под ред. Лукина В.Н., К.-Х . Ленца - М.: Транспорт, 2002. 624 с.
2. Армогрунтовые системы Тенсар. Устои мостов. Подпорные стены. Крутые откосы.- С.Петербург:Тенсар Интернэшнл, 2012 – 19 с.
3. Асфальтобетонные покрытия. Армирование асфальтобетонных слоев дорожных покрытий.- С.Петербург:Тенсар Интернэшнл, 2012 – 11 с.
4. Баженов С.Л. Полимерные композиционные материалы: науч. Издание / БаженовС.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г.. Изд-во «Интеллект»,2010. – 352 с.
5. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог в 2 т.-т.1: учебник / Васильев А.П. - М.:Изд-во «Академия», 2011.-320 с.
6. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2т. – т.2: учебник / Васильев А.П.-М.: Изд-во «Академия», 2011.-320 с.
7. Владимиров В.В.и др. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. - М.: Архитектура – С, 2004. – 238 с.
8. Все для хороших дорог- С.Петербург: Меркурий, 2012 – 26 с.
9. ГОСТ 52398 – 2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования.-М.: Сдандартинформ, 2006. – 12 с.
10. ГОСТ52399- 2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.- М.: Сдандартинформ, 2006. – 15 с.
11. Геосинтетические материалы «Тенсар» в транспортном строительстве. /Обзор технических решений и область их применения. С.Петербург:Тенсар Интернэшнл, 2012 – 19 с.
12. Дороги автомобильные общего пользования . Материалы для дорожной разметки. Технические требования. ГОСТ Р 52575-2006.- изд-ние офиц.; введен 01.01.2007; Введ. Впервые.- М: стандарт информ, 2006.-8 с.
13. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геотекстильные. Методы определения водонепроницаемости. ГОСТ Р 52608-2006.- изд-ние офиц.; введен 01.01.2008; Введ. Впервые.- М: стандарт информ, 2007.-15 с.
14. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования 503-0-48.87.- М.: Министерство транспортного строительства, 1987 – 49 с.
15. Каменев С.В. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. Учебное пособие .: ИД «Ин-Фолио», 2010. – 384 с.
16. Карпов Б.Н. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебник/ Карпов Б.Н. – М.: Изд-во «Академия», 2011.- 208 с.
17. Лапташкина Л.М., Савельева В.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Текст лекций. Часть1.- Ч.:ВФ МАДИ (ГТУ), 2005. – 153 с.

18. Лапташкина Л.М., Савельева В.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог/ текст лекций, часть2. – Ч.: ВФ МАДИ (ГТУ), 2007. - 244 с.
19. Лапташкина Л.М., Холин А.С. Расчёт малых водопропускных сооружений. Учебное пособие к выполнению курсового проекта.- Ч.: ВФ МАДИ (ГТУ), 2007.- 39с.
20. Митин Н.А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах. Изд. 2-е перераб. и доп.-М.: Недра, 1978 – 469 с.
21. Немчинов М.В., Рудакова В.В. Строительство городских улиц и дорог. Часть2.- М.:ЭКОН-ИНФОРМ, 2010. – 330 с.
22. Оценка воздействия автомобильной дороги на окружающую среду. ОДН 218.5-016-2002. – 27 с.
23. Пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне. Типовые материалы для проектирования. ТМП 503-051.89. М.: Министерство транспортного строительства. 1989. – 78 с.
24. Погодина Л.В. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и стройплощадок: учебник/ Погодина Л.В. – М.: «Дашков и К», 2010. - 476 с.
25. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. ГОСТ 9128 – 2009. – 59с.
26. Справочная энциклопедия дорожника. 5том. Проектирование автомобильных дорог. М.: «ВиАрт Плюс», 2007. – 667с.
27. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог. Под ред. Цупикова – М.: «Инфра-Инженерия», 2005.-928 с.
28. 29. Свод правил. СП 34. 13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02 -85.* – М.: Минрегион России 2012 г.–109 с.
29. Строительные нормы и правила. Строительная климатология. СНиП 23-01-99 Госстрой России- М.: ЦИТП Госстроя России, 1999. – 67 с.
30. Свод правил. СП 34. 13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02 -85.* – М.: Минрегион России 2012 г. – 109 с.
31. Садило М.В. Автомобильные дороги : строительство и эксплуатация. Учеб. пособие / Садило М.В., Садило Р.В. Ростов : Феникс ,2011. – 367 с.
32. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов: учебное пособие / Федотов Г.А. – М: Изд-во «Академия», 2010. – 304 с.
33. Технические средства организации дорожного движения. Кременец Ю.А., Печёрский М.П. – М.: ИСК «Академкнига» 2005. – 176 с.
34. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования. ГОСТ Р 52290 - 2004. – 123 с.
35. Журналы: «Автомобильные дороги», «Транспортное строительство», «Дороги России».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Титульный лист

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

Направление подготовки **08.03.01 «Строительство»**
Кафедра **Строительство дорог и инженерной экологии**
Дисциплина **Изыскания и проектирование автомобильных дорог**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Основы проектирования автомобильных дорог

Выполнил студент:
_____ формы обучения

курса _____ группы _____

Ф.И.О.

(подпись студ.) (число, м-ц, год)

Руководитель _____

(учёная степень, звание)

Рег. № _____
« _____ » _____ 2016г.

оценка _____

(подпись препод-ля) (расшифровка)

« _____ » _____ 2015.

г. Чебоксары, 2015г.

Задание
на курсовой проект № 1 «Основы проектирования автомобильных дорог»

Студенту _____
 (Ф.И.О., группа)

1. Исходные данные для выполнения проекта:

1. Топографическая карта местности в масштабе 1 : 10000 (25000).
2. Дорога проектируется между: _____
3. Данные о составе и интенсивности движения: _____
4. Интенсивность движения, полученная по результатам титульных дорожно-экономических обследований с учётом изменений состава движения _____
5. Прирост интенсивности _____
6. Район проложения трассы _____
7. Грунтовые условия:

Супеси на глубине _____,	Суглинки на глубине _____
Глины на глубине _____,	Пески на глубине _____
Растительный слой _____.	
8. Уровень грунтовых вод _____
9. Уровень поверхностной воды _____

2. Состав проекта:

а). Пояснительная записка

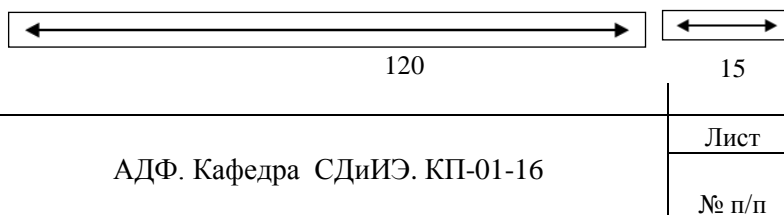
- Глава 1. Характеристика района проектирования автодороги
- 1.1. Общая характеристика района проектирования
 - 1.2. Транспортная сеть
 - 1.3. Природно-климатическая характеристика
 - 1.3.1. Климат
 - 1.3.2. Гидрология
 - 1.3.3. Рельеф. Геология
 - 1.3.4. Почвы и растительность
 - 1.3.5. Полезные ископаемые
 - 1.4. Определение интенсивности движения, определение технической категории дороги и технических нормативов.
- Глава 2. План трассы и продольный профиль (Выбор направления трассы по топографической карте с соблюдением требований безопасности движения. Установление величины радиусов круговых и переходных кривых и их элементов. Описание вариантов трассы. Проектирование продольного профиля)
- Глава 3. Искусственные сооружения (расчет трубы и моста)
- Глава 4. Земляное полотно (определение типов поперечных профилей, подсчёт объёмов земляных работ).
- Глава 5. Дорожная одежда
- Глава 6. Обустройство дороги

б). Графическая часть

1. План трассы в масштабе 1 : 10000 (1: 25000) (формат А-2).
2. Продольный профиль в масштабе: горизонтальный 1 : 5000, вертикальный 1 : 500, для грунтов 1 : 50.
3. Поперечные профили земляного полотна (формат А-4),
4. Искусственные сооружения (формат А-2),
5. Конструкция дорожной одежды (формат А-2),
6. Обустройство дороги (формат А-2),

Преподаватель _____/Е.В.Вязова/ Студент _____/_____ /

образец углового штампа
на листах
пояснительной записки КП



АДФ. Кафедра СДиИЭ. КП-01-16

Лист

№ п/п

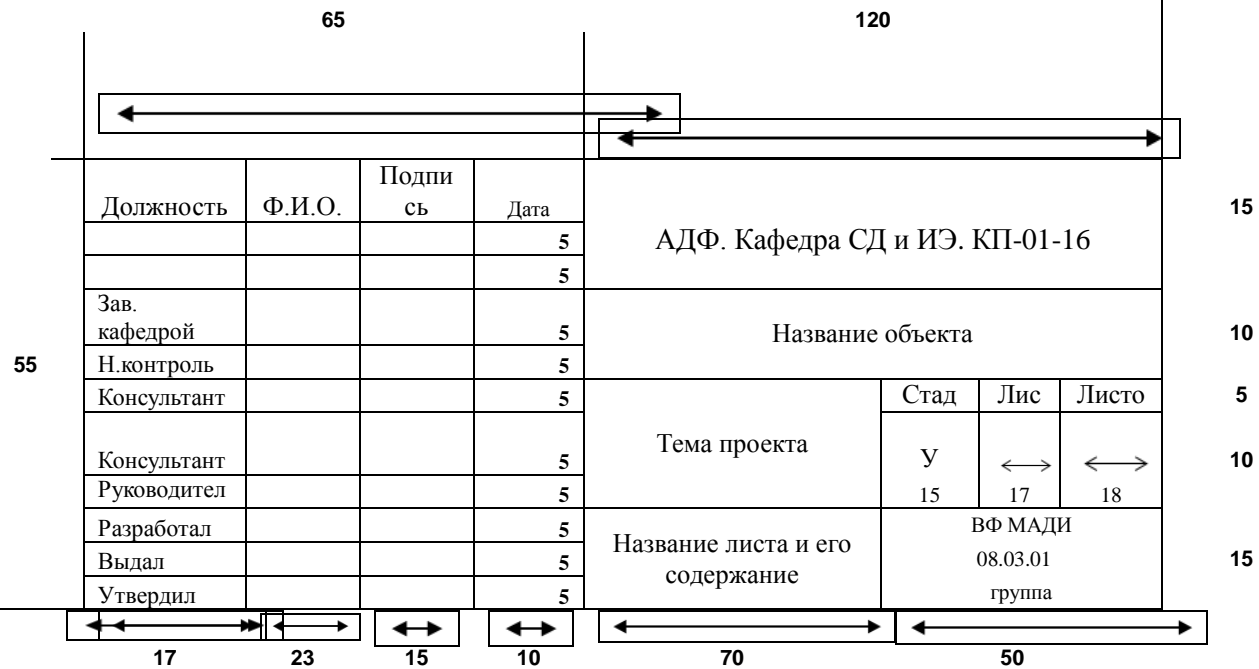
5

10

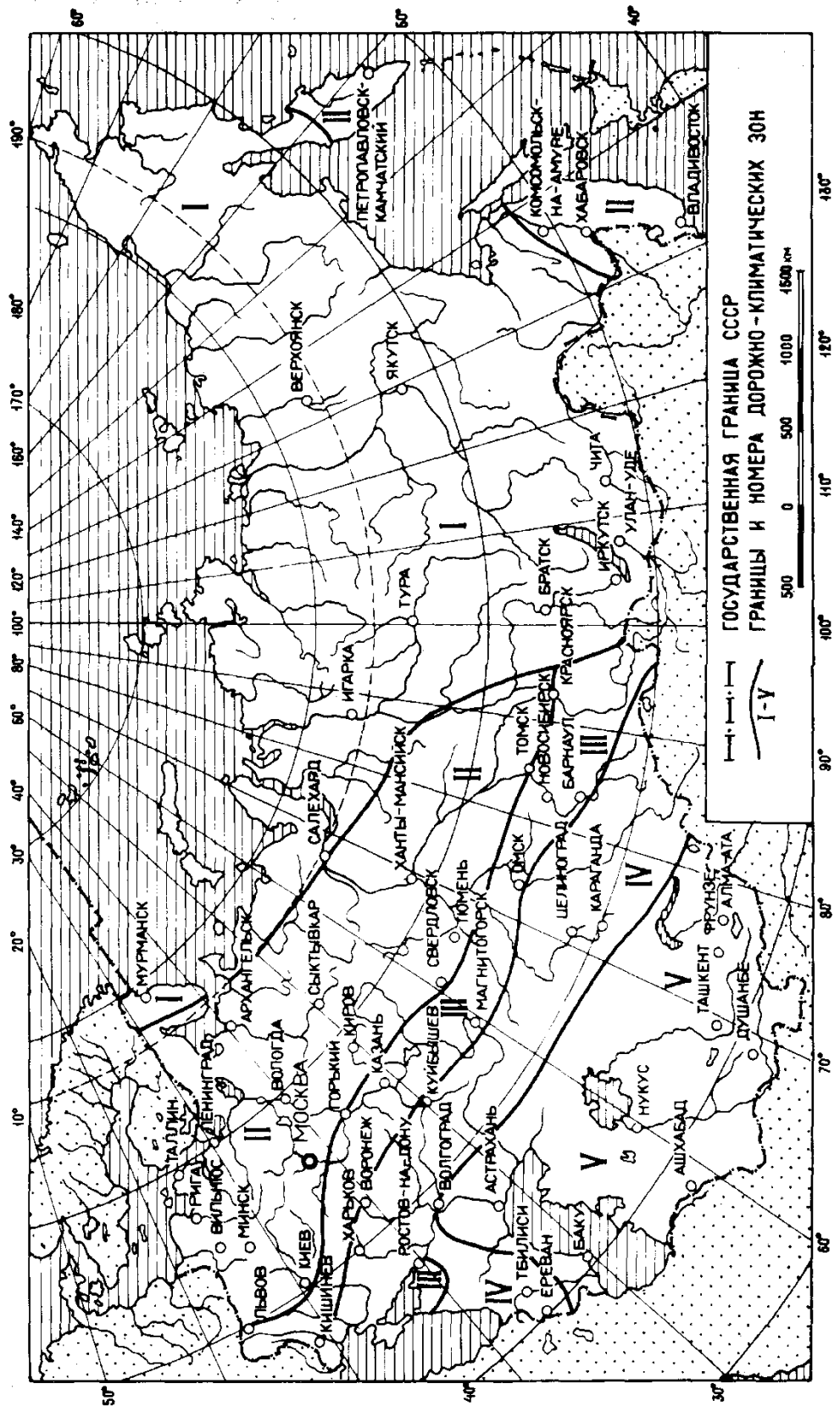
**Образец уголовного штампа
на титульных листах
глав пояснительной записки**

Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата	АДФ. Кафедра СД и ИЭ. КП-01-16			
Зав. каф							
Н.Контроль							
Консультант				Тема КП	Стадия	Лист	Листов
Консультант					у		
Разработал				Наименование главы	ВФ МАДИ 08.03.01 Группа-_____		
Проверил							
Утвердил							

образец углового штампа на листах
графической части КП



Дорожно - климатическое районирование



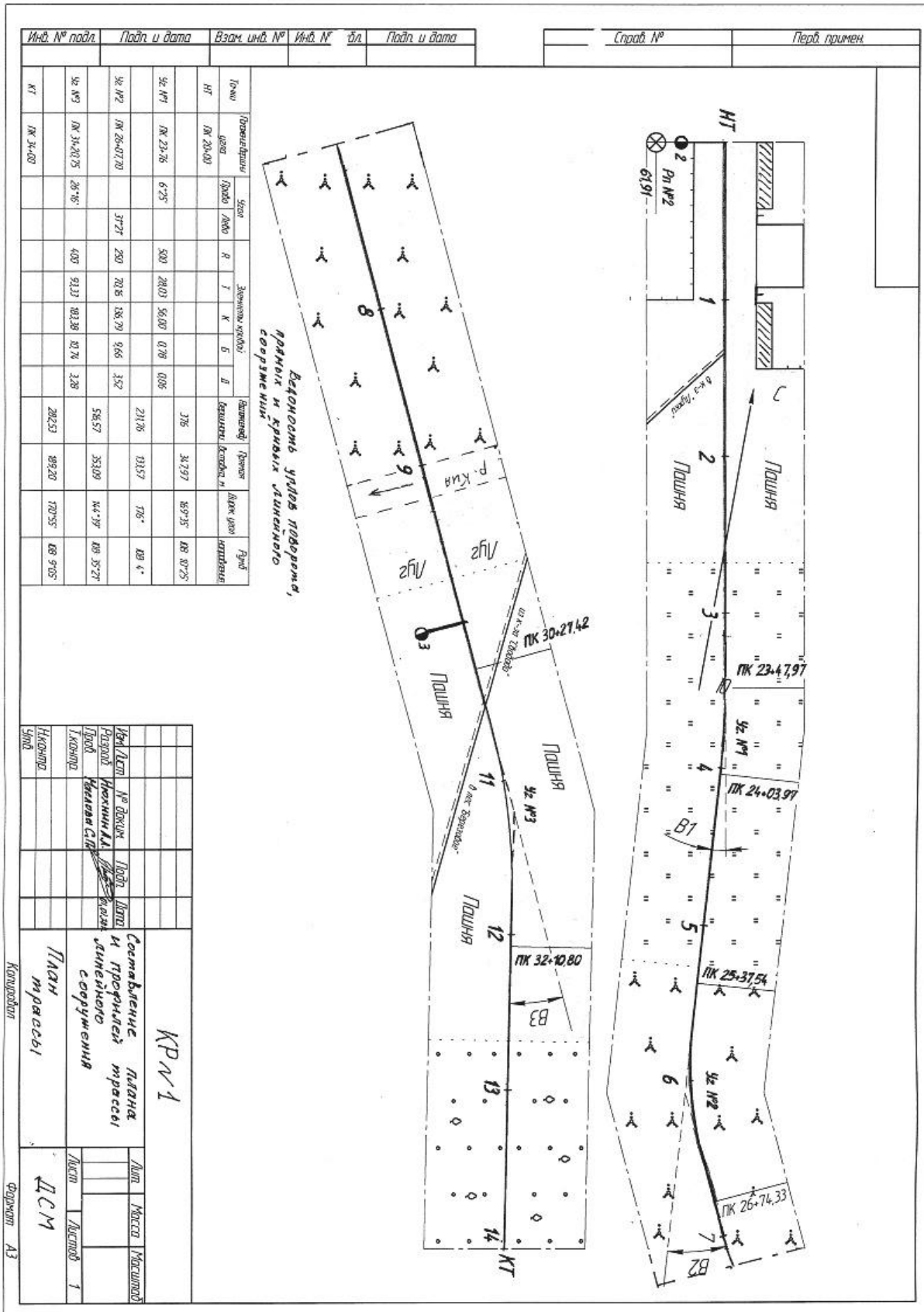
ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Элементы круговых кривых при $R=1000$ м

Угол поворо- та, град	Тангенс T	Кривая K	Домер $D=2T-K$	Биссектриса B	Угол поворо- та, град	Тангенс T	Кривая K	Домер $D=2T-K$	Биссектриса B
0	0	0	0	0	46	424,475	802,851	46,097	68,360
1	8,727	17,454	0	0,038	47	434,812	820,305	49,319	90,441
2	17,455	34,907	0,003	0,152	48	445,229	837,758	52,700	94,636
3	26,186	52,360	0,012	0,343	49	455,726	855,211	56,241	98,948
4	34,921	69,813	0,029	0,610	50	466,308	872,665	59,951	103,378
5	43,661	87,226	0,056	0,953	51	476,975	890,118	63,832	107,929
6	52,408	104,72	0,096	1,372	52	487,733	907,571	67,895	112,602
7	61,163	122,173	0,153	1,869	53	498,582	925,025	72,139	117,400
8	69,927	139,626	0,228	2,442	54	509,525	942,478	76,572	122,326
9	78,702	157,080	0,324	3,092	55	520,567	959,931	81,203	127,382
10	87,489	174,533	0,445	3,820	56	531,710	977,384	86,036	132,570
11	96,829	191,986	0,592	4,625	57	542,956	994,838	91,074	137,893
12	105,104	209,440	0,768	5,508	58	554,309	1012,291	96,327	143,354
13	113,936	226,893	0,979	6,470	59	565,773	1029,744	101,802	148,956
14	122,785	244,346	1,224	7,510	60	577,350	1047,198	107,502	154,700
15	131,653	261,799	1,505	8,629	61	589,045	1064,651	113,439	160,592
16	140,541	279,253	1,829	9,828	62	600,861	1082,104	119,618	166,633
17	149,451	296,706	2,196	11,106	63	612,801	1099,557	126,045	172,827
18	158,384	314,159	2,609	12,465	64	624,869	1117,011	132,727	179,178
19	167,343	331,613	3,073	13,905	65	637,070	1134,464	139,676	185,689
20	176,327	349,066	3,588	15,427	66	649,408	1151,917	146,899	192,363
21	185,339	366,519	4,159	17,030	67	661,886	1169,371	154,401	199,204
22	194,380	383,972	4,788	18,717	68	674,508	1186,824	162,192	206,217
23	203,452	401,426	5,478	20,487	69	687,281	1204,277	170,285	213,406
24	212,557	418,879	6,235	22,341	70	700,208	1221,731	178,685	220,774
25	221,695	436,332	7,058	24,280	71	713,293	1239,184	187,402	228,326
26	230,868	453,786	7,950	26,304	72	726,543	1256,637	196,449	236,068
27	240,079	471,239	8,919	28,415	73	739,961	1274,090	205,832	244,002
28	249,328	488,692	9,964	30,614	74	753,554	1291,544	215,564	252,136
29	258,618	506,145	11,091	32,900	75	767,327	1308,997	225,657	260,472
30	267,949	523,599	12,299	35,276	76	781,286	1326,450	236,122	269,018
31	277,325	541,052	13,598	37,742	77	795,436	1343,904	246,968	277,778
32	286,745	558,505	14,985	40,300	78	809,784	1361,357	258,211	286,759
33	296,213	575,959	16,469	42,949	79	824,336	1378,810	269,862	295,967
34	305,731	593,412	18,050	45,692	80	839,100	1396,263	281,937	305,407
35	315,299	610,865	19,733	48,529	81	854,081	1413,717	294,445	315,087
36	324,920	628,319	21,521	51,462	82	869,287	1431,170	307,404	325,013
37	334,595	645,772	23,418	54,492	83	884,725	1448,623	320,827	335,192
38	344,327	663,225	25,429	57,621	84	900,404	1446,077	334,731	345,632
39	354,119	680,678	27,560	60,849	85	916,331	1483,530	349,132	356,341
40	363,970	698,132	29,808	64,178	85	932,515	1500,983	364,047	367,327
41	373,885	715,585	32,185	67,609	87	948,969	1518,437	379,493	378,598
42	383,864	733,038	34,690	71,145	88	965,689	1535,890	395,488	390,163
43	393,910	750,492	37,328	74,186	89	982,697	1553,343	412,051	402,032
44	404,026	767,945	40,107	78,535	90	1000,000	1570,796	429,204	414,214
45	414,214	785,398	43,030	82,392					

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

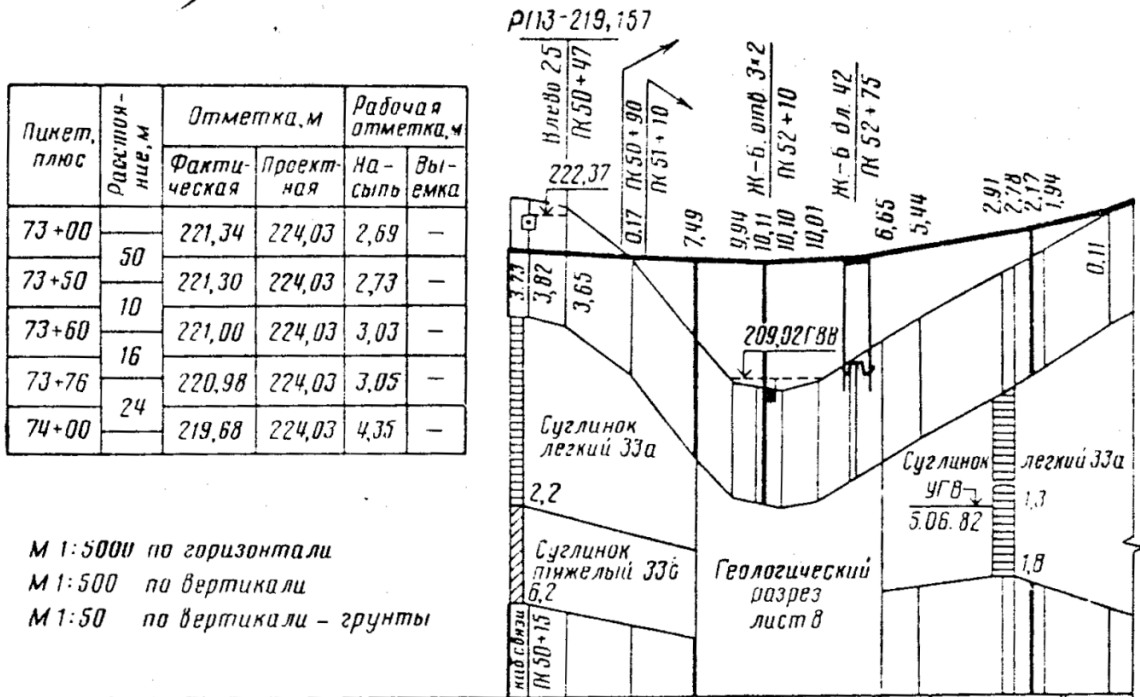
Пример оформления плана трассы



Сетка продольного профиля

Проектные данные		Тип местности по увлажнению		5		
		Тип поперечного профиля	слева	5		
			справа	5		
		левый кювет	Укрепление		5	
			Уклон, ‰, длина, м		10	
			Отметка дна, м		15	
		правый кювет	Укрепление		5	
			Уклон, ‰, длина, м		10	
			Отметка дна, м		15	
		Уклон, ‰, вертикальная кривая, м		10		
		Отметка оси дороги, м		15		
		Фактические данные		Отметка земли, м		15
				Расстояние, м		10
		Пикет Элементы плана Километры				20
10	25	20	20			
				75		
				145		

Фрагмент продольного профиля автодороги



М 1:5000 по горизонтали
 М 1:500 по вертикали
 М 1:50 по вертикали - грунты

Развернутый план дороги		Пашня					Ручей		Выгон		К.		Пашня							
Тип местности по увлажнению		1					3		1		1		1							
Тип поперечного профиля		5					2		3		2		1							
Проектные данные	Левый кювет	Укрепление	Засед трад																	
		Уклон, ‰	5					90		90		5		10						
		Длина, м	90					90		110		10		10						
	Правый кювет	Укрепление	Засед трад																	
		Уклон, ‰	5					10		10		5		10						
		Длина, м	110					10		10		5		10						
Отметка дна, м		218,28					217,78		218,23		217,68		218,21							
Уклон и вертикальная кривая		160					5		60		10		R-10000 K-270		R-25000 K-145					
Отметка бровки земляного полотна, м		219,42	219,35	219,19	218,93	218,63	218,54	218,31	218,50	218,50	218,56	218,70	218,71	218,90	219,21	220,30	220,48	220,92	221,14	222,36
Фактические данные	Отметка земли, м	223,15	223,17	222,84	218,76	(211,14)	208,60	208,40	(208,40)	208,10	208,55	210,50	210,50	212,25	213,77	217,39	217,70	(218,75)	218,70	222,47
	Расстояние, м	15	30	53	98	80	20	17	29	27	25	29	7	9	31	60				
Пикет		50					1		2		3		4		5					
Прямая и кривая в плане		514					99		y-6°00' R-3000, T-157,23		314,16									
Указатель километров		49					5													

Вязова Е.В., Еремеева С.С.

Методические указания к курсовому проектированию
по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги»
всех форм обучения

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)» Волжский филиал
428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей,
д. 101, корп.30