

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. П. Вырко

////////////////////////////////////

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ
ЛЕСНЫХ ДОРОГ**

////////////////////////////////////

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проекту для студентов
специальности 1-46 01 01
«Лесоинженерное дело»**

Минск 2012

УДК 630^К383:625.711(075.8)
ББК 43.904я73
В92

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат технических наук,
первый заместитель директора Белорусского дорожного
научно-исследовательского института

С. В. Богданович;

доктор технических наук, профессор кафедры
строительства и эксплуатации дорог

Белорусского национального технического университета

И. И. Леонович

Вырко, Н. П.

В92 Проектирование автомобильных лесных дорог : учеб.-метод. пособие по курсовому проекту для студентов специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» / Н. П. Вырко. – Минск : БГТУ, 2012. – 130 с.
ISBN 978-985-530-128-9.

В учебно-методическом пособии приведены исходные данные для выполнения курсового проекта на участок лесной дороги, изложены содержание проекта, методика выполнения поставленных задач и проектирования лесной дороги, представлены список рекомендуемой литературы и приложения.

Предназначено для студентов специальности «Лесоинженерное дело» очной формы обучения, может быть использовано при подготовке студентами других специальностей.

УДК 630^К383:625.711(075.8)

ББК 43.904я73

ISBN 978-985-530-128-9

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2012

© Вырко Н. П., 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебным планом подготовки инженера-технолога по специальности «Лесоинженерное дело» специализации «Транспорт леса» предусмотрено выполнение курсового проекта по дисциплине «Проектирование лесных дорог».

Курсовой проект разрабатывается на участок лесной дороги согласно заданию, которое получает каждый студент. Исходные данные для его выполнения даются в соответствии с вариантами, приведенными в представленном издании. Номер варианта необходимо принимать по последней цифре номера зачетной книжки.

Все расчеты в курсовом проекте должны быть выполнены в системе единиц СИ, изложены сжато, четко. Расчеты оформляются в виде таблиц, по которым необходимо сделать соответствующие выводы.

Содержание курсового проекта, а также график его выполнения представлены в данном учебно-методическом пособии.

Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии со стандартом СТП БГТУ 002–2007 «Проекты (работы) курсовые». В ней необходимо привести обоснования принимаемых в проекте решений с помощью геометрических, технико-экономических и других расчетов. Некоторые разделы проекта следует выполнять на ЭВМ (пояснительная записка, расчет искусственных сооружений, проектирование продольного профиля и др.). При оформлении пояснительной записки рекомендуется использовать список литературы, приведенной в конце данного издания.

Примечание. Образцы оформления титульного листа курсового проекта, реферата, надписей раздела и каждой страницы проекта, задание на курсовой проект, исходные данные по вариантам, развернутый план разработки курсового проекта и график его выполнения приведены в прил. А1–А5.

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА (ТРАССЫ) ЛЕСНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

1.1 Краткая характеристика природных условий местности

В курсовом проекте необходимо дать краткую характеристику природных условий местности проектируемой дороги, к которым относятся: климатические, топографические (рельеф), грунтовые, гидрологические, грунтово-гидрологические, растительность и др. Это можно сделать используя литературные источники [1, 2, 3, 4]. Особое значение имеют следующие характеристики: продолжительность холодного и теплого периодов, среднемесячная и среднегодовая температура воздуха (максимальная и минимальная), даты первого и последнего морозов, среднемесячное и среднегодовое количество атмосферных осадков, среднемноголетняя толщина снежного покрова и глубина промерзания грунтов, направление господствующих ветров (рис. А.1.1). Данные для построения розы ветров приведены в табл. Б.1.2. Указанные выше характеристики необходимо представить в виде таблицы.

1.2 Технические требования к проектируемой дороге

Автомобильные лесные дороги относятся к ведомственным и в зависимости от годового объема вывозки делятся на четыре категории:

$$I_{л} - Q_{год} \geq 1000 \text{ тыс. м}^3/\text{год};$$

$$II_{л} - Q_{год} = 501-1000 \text{ тыс. м}^3/\text{год};$$

$$III_{л} - Q_{год} = 151-500 \text{ тыс. м}^3/\text{год};$$

$$IV_{л} - Q_{год} \leq 150 \text{ тыс. м}^3/\text{год}.$$

Автомобильные лесохозяйственные дороги в зависимости от интенсивности движения автомобилей делятся на три типа:

- I – интенсивность движения более 25 авт./сут.;
- II – интенсивность движения менее 25 авт./сут.;
- III – одиночное движение автомобилей.

Основные технические требования (нормы) проектирования лесных дорог принимают по «Инструкции проектирования лесозаготовительных предприятий», разработанной Гипролестрансом. Выписка из этой инструкции приведена в табл. В.1.3, а для лесохозяйственных дорог – в табл. В.1.4.

В пояснительной записке курсового проекта необходимо определить категорию дороги и для нее выписать в табл. 1.1 нормы проектирования, т. е. технические требования к дороге.

Таблица 1.1 – Технические требования к проектируемой автомобильной дороге ... категории

№ п/п	Наименование норм	Единицы измерения	Норма
1	2	3	4

При проектировании автомобильной лесной дороги следует иметь в виду, что радиус кривых в плане и вертикальных кривых в продольном профиле рекомендуется принимать возможно большими. Радиусы в плане должны быть не менее 400 м для дорог всех категорий. В стесненных условиях можно применять меньшие радиусы, но не менее указанных в табл. В.1.3 и В.1.4 и задании на проект.

1.3 Расчет проектных параметров автомобильных дорог

К основным проектным параметрам автомобильных лесных дорог относятся: расстояние видимости дороги, расчетные нагрузки, число полос движения, пропускная способность дороги [5, с. 190].

1.3.1 Выбор состава автопоезда и обоснование величины руководящего подъема. В задании на курсовой проект указан автопоезд (тип автомобиля и прицеп-ропуск). Перед студентом стоит задача проверить данный автопоезд с точки зрения величины руководящего подъема, т. е. обосновать величину руководящего подъема i_p .

Основной расчетной зависимостью является

$$i_p \leq \frac{1}{g} \left(\frac{F_k}{Q_{бр}} - \omega \right), \quad (1.1)$$

где i_p – руководящий подъем, ‰;

F_k – расчетная касательная сила тяги на второй передаче коробки скоростей и низшей раздаточной коробке или низшей ступени двигателя (у автомобилей КамАЗ), Н;

$Q_{бр}$ – масса груженого автомобиля, т;

ω – основное удельное сопротивление движению, Н/т (принять по табл. 3.1 [7, с. 83]).

В формуле (1.1) значение $Q_{бр}$ при спокойном рельефе можно принять максимальным и равным грузоподъемности автомобиля и прицепа. Технические характеристики лесовозных автомобилей и лесовозного прицепного состава приведены в табл. Г1.5 и Г1.6.

Значение силы тяги F_k , входящей в формулу (1.1), можно определить по следующим формулам:

$$F_k = \frac{M_{кр} i_{мех} \eta \beta \gamma}{r_k}; \quad (1.2)$$

$$F_k = \frac{1000 N_e \eta \beta \gamma}{v}; \quad (1.3)$$

$$F_{сц} = 1000 P_{сц} \varphi g, \quad (1.4)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент двигателя (расчетный), Н·м;

$i_{мех}$ – передаточное число силовой передачи;

η – КПД силовой передачи;

β – коэффициент, учитывающий использование номинальной мощности двигателя в эксплуатационных условиях (0,9);

γ – коэффициент, учитывающий расход мощности на привод вспомогательных механизмов автомобиля (0,95);

r_k – рабочий радиус колеса, м;

N_e – мощность двигателя, кВт;

v – скорость движения автомобиля, м/с;

$P_{сц}$ – сцепной вес (вес, приходящийся на сцепные оси);

φ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Технические характеристики автопоездов для перевозки сортиментов приведены в табл. Д.1.7.

Схемы распределения нагрузки от лесовозных автопоездов (рис. Е.1.4), автопоезда на базе автомобилей КраЗ 8×8 (экспериментальный) и КраЗ-260Л (рис. Е.1.5), МАЗ-5434 (рис. Е.1.6) и прицепа-ропуски приведены в прил. Е.

1.3.2 Определение числа полос движения. Число полос движения устанавливается в зависимости от расчетной интенсивности и состава движения. Определение числа полос движения в пределах проезжей части дороги тесно связано с нахождением ее пропускной способности. Следовательно, при проектировании необходимо решать вопрос о строительстве дороги с одной или двумя полосами движения в пределах проезжей части.

Теоретическая пропускная способность двухполосной дороги за один час определяется по формуле

$$N_2 = \frac{3600v_{\text{ср}}}{S_a + S_b}, \quad (1.5)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения автомобиля, м/с;

S_a – длина автопоезда, м;

S_b – расчетное расстояние видимости, м.

Теоретическая пропускная способность однополосной дороги

$$N_1 = \frac{3600v_{\text{ср}}}{2l + v_{\text{ср}} \sum t_{\text{пр}}}, \quad (1.6)$$

где l – расстояние между разъездами, м;

$\sum t_{\text{пр}}$ – время на разгон, замедление движения и ожидание поезда на разъезде, с.

Интенсивность движения, или количество автопоездов для обеспечения заданного объема вывозки древесины в единицу времени (ч), равна

$$N_a = \frac{\delta Q_{\text{год}} T}{A m Q_{\text{рейс}}}, \quad (1.7)$$

где δ – коэффициент (1,1);

$Q_{\text{год}}$ – годовой объем вывозки, м³/год;

T – продолжительность смены, ч;

A – количество дней работы дороги, дней;

m – количество смен работы;

$Q_{\text{рейс}}$ – рейсовая нагрузка на автопоезд, м³.

Если $N_1 > N_a$ – однополосная проезжая часть. Если $N_2 > N_a$ – двухполосная проезжая часть. Если $N_1 < N_a < N_2$ – необходимо технико-экономическое обоснование количества полос движения.

1.3.3 Определение расчетного расстояния видимости поверхности дороги. В курсовом проекте необходимо рассчитать расстояние видимости поверхности дороги (рис. Е.1.8). Методика расчета изложена в работах [5, с. 191] и [7, с. 70]. Расчетную скорость движения принять в соответствии с нормами проектирования.

Графическим способом определить границу видимости на перекрестках (рис. Е.1.9).

1.3.4 Сравнительный анализ результатов расчетных и нормативных параметров. В курсовом проекте данный вопрос представить в виде табл. 1.2

Таблица 1.2 – Сравнительный анализ

Показатели	Единицы измерения	Результат		Принять для дальнейших расчетов
		Нормативный	Расчетный	
Расчетная скорость движения	м/с			
Минимальный радиус круговой кривой	м			
Ширина:				
земляного полотна	м			
проезжей части	м			
обочины	м			
Поперечный уклон виража	‰			
Уширение земляного полотна или дорожной одежды	м			
Расстояние видимости поверхности дороги	м			
Минимальный радиус вертикальной кривой:				
выпуклой	м			
вогнутой	м			

1.4 Трассирование дороги по топографической карте

В курсовом проекте необходимо протрассировать участок лесной дороги от заданной на карте точки А до точки Б (карта ка-

ждому студенту выдается вместе с заданием). Для этого сначала соединяют тонкой карандашной линией заданные точки. Затем эту линию разделяют на участки вольного и стесненного хода. Участки вольного хода – это участки, на которых естественные уклоны местности меньше выбранного значения продольного уклона дороги $i_{\text{пр}}$. Участки стесненного хода – это участки, на которых естественные уклоны местности больше выбранного значения продольного уклона дороги $i_{\text{пр}}$. Трассирование дороги необходимо начинать с трудных участков. Для этого вычисляют величину шага трассирования по формуле

$$l = \frac{10^6 h}{Mi_{\text{тр}}}, \quad (1.8)$$

где h – высота сечения рельефа местности (задается на карте, см. задание), м;

M – знаменатель масштаба карты;

$i_{\text{тр}}$ – уклон трассирования, ‰, величина которого определяется по формуле

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{пр}} - i_{\text{экв}}, \quad (1.9)$$

где $i_{\text{тр}}$ – продольный уклон дороги, ‰;

$i_{\text{экв}}$ – величина эквивалентного уклона, учитывающего влияние кривых с радиусами меньше нормального, ‰.

Величину $i_{\text{экв}}$ можно принимать:

при $R \leq 100$ м, $i_{\text{экв}} = 20\text{‰}$;

$R = 100\text{--}200$ м, $i_{\text{экв}} = 10\text{‰}$;

$R > 200$ м, $i_{\text{экв}} = 0$.

Затем с помощью циркуля-измерителя откладывают полученное значение шага трассирования так, чтобы он размещался между смежными горизонталями, в этом случае выбранное направление с естественным уклоном будет равно уклону трассирования (рис. Ж.1.10).

При описанном способе трассирования углы поворота трассы могут получаться на каждой горизонтали. Для уменьшения количества углов поворота желательно по окончании трассирования провести спрямление отдельных участков стесненного хода, однако при этом следует следить за тем, чтобы такое спрямление не вызвало значительного увеличения объема земляных работ из-за уменьшения фактического шага проектирования против расчетного (рис. Ж.1.11).

При укладке трассы необходимо, чтобы расстояние между смежными вершинами углов было не менее L_{\min} .

Величина L_{\min} равна

$$L_{\min} = T_1 + T_2 + C, \quad (1.10)$$

где T_1 и T_2 – величины дорожных тангенсов смежных кривых;

C – строительная вставка, необходимая для размещения переходных кривых (при $R \leq 250$ м) или отгона виражей (при $R < 400$ м). Величину C принимают не менее 50 м.

На участках стесненного хода необходимо сделать 2–3 варианта и затем выбрать лучший.

На участках вольного хода направление трассы выбирают таким образом, чтобы обеспечить наименьшее расстояние перевозки грузов между заданными точками.

После окончательного выбора направления трассы производят разбивку пикетажа, счет пикетажа ведут от заданного пикета к точке B , т. е. «в лес», измеряют транспортиром величину углов поворота, разбивают круговые кривые, наносят километровые знаки, вычисляют румбы линий, т. е. оформляют план трассы по эталону (рис. А.1.2).

Вычисление румбов линий производят через их азимуты. Для этого азимут начального направления измеряют транспортиром, а все последующие азимуты направлений трассы вычисляют по формуле

$$A_{\text{посл}} = A_{\text{пред}} + \alpha_{\text{пр}} \quad (1.11)$$

или

$$A_{\text{посл}} = A_{\text{пред}} - \alpha_{\text{лев}}, \quad (1.12)$$

где $\alpha_{\text{пр}}$ и $\alpha_{\text{лев}}$ – углы поворота трассы вправо и влево соответственно.

Вычисленные азимуты переводят в румбы (рис. А.1.3).

Таблица 1.3 – Зависимость между азимутами и румбами

Четверть окруж- ности	Румбы		Азимуты	Величина азимута при известном румбе	Величина румба при известном азимуте
	название	величина			
I	СВ	0–90°	$A_1 = 0-90^\circ$	$A_1 = r_1$	$r_1 = A_1$
II	ЮВ	0–90°	$A_2 = 90-180^\circ$	$A_2 = 180 - r_2$	$r_2 = 180 - A_2$
III	ЮЗ	0–90°	$A_3 = 180-270^\circ$	$A_3 = 180 + r_3$	$r_3 = A_3 - 180$
IV	СЗ	0–90°	$A_4 = 270-360^\circ$	$A_4 = 360 - r_4$	$r_4 = 360 - A_4$

Элементы круговых кривых рассчитывают по формулам или определяют по таблицам:

– тангенс кривой

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (1.13)$$

– длина кривой

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180}; \quad (1.14)$$

– биссектриса кривой

$$B = R \left(\operatorname{Sec} \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (1.15)$$

– домер кривой

$$D = 2T - K, \quad (1.16)$$

где R – радиус круговой кривой;

α – величина угла поворота трассы.

Определяют пикетажные значения главных точек круговых кривых (начало кривой – НК, конец кривой – КК).

Для этого на карте сначала находят пикетажное положение вершины первого угла – ВУ и затем производят расчет по известной схеме

	Контроль вычислений
ВУ ПК ...	ВУ ПК ...
–Т _____	+Т _____
НК ПК ...	ПК ...
+К	–Д
КК ПК	КК ПК ...

Вычислив пикетажное положение главных точек кривой, их наносят на карту.

Для этого от вершины угла поворота откладывают в обе стороны тангенс кривой и обозначают положение начала и конца кривых, затем с помощью циркуля наносят на план круговые кривые. Направления радиусов у НК и КК указывают штриховыми линиями, у которых выписывают пикетажные наименования НК и КК. Около кривой выписывают угол поворота и все элементы кривой.

На основании проведенных расчетов составляют ведомость прямых и кривых (форма приведена в табл. Ж.1.8). По карте в горизонталях определяют отметки всех пикетов и «плюсов», по которым «накладывают черную линию» (линию поверхности земли) на нормальном продольном профиле.

На плане прямые участки от кривых следует отделить черточками, показывающими направление к центру кривой начального и конечного радиусов. Тангенсы обозначаются тонким пунктиром, пикеты – черточками, а на каждом десятом пикете ставится порядковый номер километра. Вдоль прямых участков трассы проводят параллельные черточки, над которыми выписывается румб прямой, а под черточкой – протяжение прямого участка.

Для проверки правильности всех вычислений и надписей подсчитывается сумма длины всех прямых и кривых участков дороги.

После проведения указанных расчетов приступают к выбору оптимального варианта трассы по технико-экономическим показателям (табл. 1.4).

Выбор основного варианта трассы по сумме преимуществ (+) над недостатками (–) осуществляют по табл. 1.4.

В данном примере лучшим является 1-й вариант. При сравнении вариантов решающим фактором в большинстве случаев выступает длина дороги (ввиду высокой стоимости дорожной одежды).

После установления окончательного направления трассы дороги разбивают пикетаж, на каждом десятом ставят километровые знаки.

Трассу дороги наносят в виде сплошной жирной линии по прямым и кривым участкам. Все неприятые варианты – пунктирной линией. Прямые участки от кривых отделяют черточками, показывающими направление к центру кривой по начальному и конечному радиусам. Тангенсы наносят тонким пунктиром, пикеты – черточками; у прямых участков трассы проводят параллельные черточки, над которыми выписывают румбы, а под черточками – протяжение прямых участков. Нумерацию пикетов не производят. Образец оформления плана представлен на рис. А.1.2.

В пояснительной записке должны быть приведены все расчеты, связанные с трассированием и проектированием плана дороги.

Трасса дороги на карте обозначается красным цветом сплошной линией толщиной 1,5 мм.

При выборе оптимального варианта трассы рекомендуется использовать ЭВМ.

Таблица 1.4 – Сравнение вариантов трассы дороги по технико-эксплуатационным показателям (пример)

Технико-эксплуатационные показатели	Единицы измерения	Значения показателей по вариантам		Преимущества (+) и недостатки (-) по вариантам	
		I	II	I	II
1. Длина трассы L	км	9,730	11,020	+	-
2. Суммарная длина кривых ΣK	м	2330	2700	+	-
3. Коэффициент кривизны $\left(\frac{\Sigma K}{L}\right)100$	%	23,9	24,5	-	+
4. Коэффициент удлинения трассы	-	1,29	1,17	-	+
5. Сумма углов поворота $\Sigma\alpha$	градусы	158,4	194,5	+	-
6. Количество углов поворота n	шт.	4	5	+	-
7. Средняя величина угла поворота $\frac{\Sigma\alpha}{n}$	градусы	39,6	38,9	-	+
8. Минимальный радиус горизонтальной кривой	м	200	250	-	+
9. Средний радиус горизонтальной кривой $57,3\frac{\Sigma K}{\Sigma\alpha}$	м	842,3	762,1	+	-
10. Длины участков: с руководящим подъемом	%	9,6	11,2	+	-
максимальным спуском	%	4,8	7,3	+	-
по заболоченной местности	%	6,0	4,1	-	+
11. Количество искусственных сооружений:					
большие мосты	шт.	1	1	=	=
малые мосты	шт.	3	2	-	+
трубы	шт.	2	4	+	-
<i>Итого</i>				8	6

Программа «PLAN» позволяет произвести расчет элементов плана трассы и получить ведомость прямых и кривых с минимальными затратами времени для множества вариантов.

Исходные данные для программы «PLAN» необходимо представить в виде табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Исходные данные к программе «PLAN»

Наименование данных	Единицы измерения	Значение по вариантам		
		1	2	3
Количество участков	шт.			
Длина прямых участков	м			
Длина прямой вставки между смежными поворотами (нормативная)	м			
Минимальный радиус кривых	м			
Значения радиусов кривых	м			
Начальный азимут	градусы			
Местоположение вершины угла	ВУ и +			
Величина угла поворота	градусы			
Вывод				

Движение автомобиля по кривой отличается от движения его на прямом участке дороги. Это отличие состоит в том, что автомобиль (автопоезд) занимает большую полосу; на него действует центробежная сила, которая стремится опрокинуть автомобиль во внешнюю сторону кривой или сдвинуть внутрь кривой. В связи с этим при проектировании дороги в плане на кривых участках малого радиуса ($R \leq 400$ м) возникает необходимость устройства виражей, уширений, переходных кривых.

1.5 Проектирование плана автомобильной дороги на кривых участках

1.5.1 Расчет виража и уширения. На кривых участках (поворотах) дороги для обеспечения безопасности движения автопоездов с расчетными скоростями предусматривают устройство виража (рис. И.1.13 и И.1.14), уширение проезжей части или земляного полотна.

В курсовом проекте расчет виража и уширения выполняется в соответствии с методикой, изложенной в работах [5, с. 193], а уширение [5, с. 197] или по [7, с. 112].

Некоторые данные, необходимые для расчета уширения, приведены в табл. 1.6, а нормативные – в табл. 1.7.

Максимальный допустимый уклон виража не более 60‰, а для условий Республики Беларусь он составляет не более 40‰.

Таблица 1.6 – Значения величин, входящих в расчетные формулы

Варианты лесовозных автопоездов	Полезная нагрузка, т	Расстояние от задней оси автомобиля, м	
		до переднего бампера (L)	до буксировочного крюка (a)
ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	12,0	5,0	1,8
КамАЗ-5410 + ТМЗ-802	16,0	5,0	1,5
Урал-377 + ТМЗ-802	15,0	5,5	1,5
МАЗ-509 + ГКБ-9383	16,0	5,0	1,0
МАЗ-509А + ГКБ-9383-011	17,0	5,0	1,0
КрАЗ-255Л + ГКБ-9383-010	23,0	6,5	1,5
КрАЗ-260Л + ЛТ-56	28,0	6,5	1,5
КрАЗ-260Л + ГКБ-9383-010	24,0	6,5	1,5

Рассчитанные значения уширения проезжей части сравнивают с нормативными (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Величины уширения проезжей части автомобильных лесовозных дорог

Вид дороги, род поворота в грузовом направлении	Длина пакета хлыстов, м	Уширение проезжей части, м, при радиусе круговых кривых, м						
		50	100	150	200	300	500	700
Двухполосные	До 20	–	1,7	1,3	1,2	0,8	0,6	0,5
Правый поворот	21–25	–	2,3	1,7	1,4	1,0	0,7	0,6
	26–30	–	3,0	2,1	1,8	1,2	0,8	0,7
Левый поворот	До 20	1,7	1,0	0,8	0,8	0,6	0,4	0,3
	21–25	1,9	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3
	26–30	2,2	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
Однополосные	До 20	0,9	0,6	0,4	0,4	–	–	–
	21–25	1,2	0,7	0,5	0,4	0,3	–	–
	26–30	1,5	0,9	0,6	0,5	0,4	–	–

1.5.2 Обеспечение видимости на кривых участках дороги в плане. Для обеспечения видимости на кривых в плане (закрытой местности) необходимо, чтобы водитель, находясь в точке A (рис. К.1.15, a), видел поверхность дороги в точке B ([5, с. 201]). Схема расчета видимости дороги на закруглении приведена на рис. К.1.15.

На дороге в плане должна быть обеспечена боковая видимость, равная

$$z = \frac{v_{п} S_{в}}{v_{а}}, \quad (1.17)$$

где $v_{п}$ – скорость движения пешехода, км/ч;

$S_{в}$ – расстояние видимости поверхности дороги, м;

$v_{а}$ – скорость движения автомобиля, км/ч.

Расчеты виража, уширения и расстояния видимости должны сопровождаться расчетными схемами, которые приведены в соответствующих приложениях или учебной литературе [5, 7].

В пояснительной записке необходимо дать характеристику трассы в виде табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Характеристика плана трассы

Показатели	Единицы измерения	Значение
Длина участка дороги	км	
Длина прямых	км	
	%	
Длина кривых	км	
	%	
Коэффициент удлинения трассы		
Радиусы кривых в плане:		
минимальный	м	
максимальный	м	
Сумма градусов углов поворота	градус	
Средний радиус кривой $R_{ср} = \frac{57,3 \sum K}{\sum \alpha}$	м	
Генеральное направление трассы (румб воздушной линии), (С, СВ, В и т. д.)	градус	

По карте в горизонталях определяют отметки всех пикетов и плюсов, после чего на основе этих данных составляют продольный профиль поверхности земли.

Отметки поверхности земли находят с помощью метода интерполяции или экстраполяции (рис. К.1.16).

В первом случае (рис. К.1.16, а) отметку пикета или плюса определяют по формуле

$$H_{иск} = H_{ниж} + \frac{ah}{l}, \quad (1.18)$$

где $H_{иск}$ – искомая отметка пикета (плюса) поверхности земли, м;

$H_{ниж}$ – отметка нижней горизонтали, м;

a – расстояние от пикета (плюса) до нижней горизонтали, мм;

h – высота сечения горизонтали, м;

l – кратчайшее расстояние между горизонталями с отметками H и $H + h$ измеренное по прямой, проходящей через точку, отметка которой определяется, мм.

При положении пикета (плюса) в пределах замкнутой или полузамкнутой горизонтали (рис. К.1.16, б) применяется метод экстраполяции. В этом случае в формуле (1.18) необходимо измерять расстояние между основной (замкнутой) и соседней (внешней) горизонталями, а второй член принимать со знаком «+», если соседняя горизонталь ниже основной; или «-», если соседняя горизонталь выше основной.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

2.1 Общие положения

Для пропуска воды через земляное полотно дороги устраивают мосты и трубы. Обычно это делается на пересечении трассой дороги суходолов, оврагов, рек, ручьев. Основной характеристикой водотока является водосборная площадь (площадь бассейна) F . Водосборная площадь – это территория, с которой вода притекает к автомобильной дороге в месте пересечения ею водотока, т. е. к искусственному сооружению.

В зависимости от величины водосборной площади и ее длины искусственные сооружения подразделяют на:

- малые мосты – $F \leq 25 \text{ км}^2$ и длиной $\leq 25 \text{ м}$;
- средние мосты – $F = 25\text{--}100 \text{ км}^2$ и длиной $25\text{--}100 \text{ м}$;
- большие мосты – $F > 100 \text{ км}^2$ и длиной $>100 \text{ м}$.

Основным показателем, определяющим тип и параметры искусственных сооружений, является расчетный расход протекающей к ним воды.

К искусственным водопропускным сооружениям относятся дорожные трубы. Они могут быть короткими (длина звена 1,0 м) с внутренним диаметром: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50, 2,0 и длинными (длина звена от 3 до 5 м), имеющими внутренний диаметр: 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м.

В настоящее время в большинстве случаев проектируют длиннономерные железобетонные трубы.

2.2 Расположение мостов и труб в плане и продольном профиле

Расположение сооружения и выбор места перехода водотока в плане и продольном профиле производится в тесной увязке, с учетом строительных и эксплуатационных показателей, режимов протекающего водотока, гидрологических и других условий, оп-

ределяющих оптимальное технико-экономическое решение соответствующего участка дороги.

Если два смежных бассейна имеют небольшую площадь, а искусственные сооружения через водотоки (суходолы) расположены неподалеку друг от друга, целесообразно запроектировать (расположить) вместо двух одно сооружение на пересечении более крупного водотока с прокладкой водоотводной канавы для отвода воды из меньшего бассейна в больший (рис. Л.2.1 и Л.2.2). Водоотводная канава указывается на продольном профиле с вычислением ее длины и уклона, начальных, промежуточных и конечных отметок дна.

Малые и средние мосты и трубы могут быть расположены на любом сочетании профиля и плана дороги, предусмотренных нормами проектирования.

На больших мостах продольный уклон проезжей части должен быть не более 20‰, а при высоте бордюра 45 см его можно увеличивать до 40‰. На всех мостах с деревянным настилом продольный уклон должен составлять: при продольной укладке досок не более 20‰, при поперечной – не более 30‰. Если же продольный уклон более 30‰, то дощатый настил заменяют покрытием, принятым на дороге.

Высота насыпи над трубой должна быть не менее 0,5 м.

При выборе типа сооружения (мост, труба) необходимо учитывать, что на временных и малых постоянных водотоках (ручьи, с расчетным расходом до 3–10 м³/с) выгоднее применять трубы с оголовками.

При продольном уклоне $\geq 10\text{‰}$ трубы не заливаются, поэтому их диаметр можно уменьшить до 0,5 м, так как их не нужно очищать от илистых отложений. На лесных автомобильных дорогах можно использовать металлические гофрированные трубы.

Безнапорные трубы укладываются по уклону местности i_0 . Если i_0 будет меньше критического уклона $i_{кр}$ в 2 раза и более, необходимо вводить поправку на подпор, равную

$$\Delta H = L_{тр} (i_{кр} - i_0), \quad (2.1)$$

где $L_{тр}$ – длина трубы на подошве насыпи, м.

При укладке полунапорных и напорных труб наклон лога у сооружения должен быть меньше уклона трения $i_{тр}$.

Уклон трения $i_{тр}$ для круглых труб принимают в зависимости от диаметра трубы: при $d_{тр} = 1,0$ м уклон $i_{тр} = 0,035$, при $d_{тр} = 1,25$ м

уклон $i_{тр} = 0,026$, при $d_{тр} = 1,50$ м уклон $i_{тр} = 0,021$ и при $d_{тр} = 2,0$ м уклон $i_{тр} = 0,015$.

Критический продольный уклон трубы определяется по формуле

$$i_{кр} = k \frac{gn^2}{\alpha \sqrt{h_{тр}}}, \quad (2.2)$$

где k – коэффициент, учитывающий форму отверстий, сопротивление потока и степень наполнения трубы ($k = 2,4 \dots 2,9$);

n – коэффициент шероховатости, для бетона равен $0,015 \dots 0,017$;

α – коэффициент потерь стока, зависящий от вида грунта, принимается по табл. 7.3 [7];

$h_{тр}$ – высота (диаметр) трубы, м.

2.3 Установление границ водосборной площади бассейна

Границы бассейна устанавливаются на топографических картах (карте), обводя их синим карандашом. Границами бассейна являются водораздельные линии и проектируемая дорога (рис. Л.2.3 и Л.2.4).

Основные показатели, характеризующие бассейн, следующие: длина бассейна l_b , км; уклон бассейна i_b , ‰; уклон лога у сооружения $i_{л}$, ‰; площадь бассейна F , км², которые заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика искусственных сооружений

№ сооружения	Местоположение		Тип сооружения	Наименование водотока	Площадь бассейна, км ²	Длина бассейна, м	Уклон лога, ‰	Рабочая отметка у сооружения, м	Длина моста трубы, м	Отверстие, м	Укрепление русла	
	ПК	+									материал	объем работ, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

На малых и односкатных бассейнах уклон его i_6 определяют по формуле

$$i_6 = \frac{H_1 - H_2}{l_6}, \quad (2.3)$$

где H_1 – отметка точки начала лога, м;

H_2 – отметка лога у сооружения, м.

Уклон лога $i_{л}$ у искусственного сооружения принимают равным уклону на участке между ближайшими горизонталями, расположенными выше и ниже сооружения:

$$i_{л} = \frac{H_3 - H_4}{500}. \quad (2.4)$$

2.4 Определение расчетного расхода воды

Расход воды, притекающей к искусственному сооружению, является основной характеристикой, определяющей его параметры. Расход воды может быть ливневым (летом), расход талых вод (во время весеннего снеготаяния) и сбросным. Определив их, за расчетный принимается больший.

Вероятность превышения (ВП) расчетных расходов берут в процентах: для капитальных, малых и средних мостов 1 раз в 50 лет, т. е. ВП равно 2%; больших – 1 раз в 100 лет – ВП 1%; для труб – 2; деревянных: 2–3% на постоянных дорогах и 5% на временных (срок службы до 10 лет).

Для определения расхода воды используют следующие формулы:

– ливневый расход Q , м³/с, определяют методом, разработанным МАДИ и Союздорпроектом:

$$Q_{л} = 16,7 F a_p \varphi \alpha, \quad (2.5)$$

где F – водосборная площадь, км²;

$a_p = k_r a_{час}$ – расчетная интенсивность ливня, мм/мин, где

k_r – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной [7, с. 203, табл. 7.4];

$a_{час}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин; [7, табл. 5.7];

φ – коэффициент редукции стока, равный

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}} \text{ (при } F \leq 0,1 \text{ км}^2, \varphi = 1\text{);}$$

α – коэффициент потерь стока, зависящий от вида грунта [7, табл. 7.3];

– расход талых $Q_{\text{вес}}$, м³/с, определяется по формуле

$$Q_{\text{вес}} = \frac{k_0 h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2, \quad (2.6)$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья, равный 0,010–0,013;

h_p – расчетный слой суммарного стока, мм;

n – показатель степени, равный 0,17;

δ_1 – коэффициент, учитывающий наличие в бассейне озер: при озерности 10–15% – 0,75 и при озерности более 15% – 0,7;

δ_2 – коэффициент, учитывающий залесенность и заболоченность бассейна, принимается в зависимости от коэффициента β по [7, с. 206, табл. 7.6].

Недостающие данные для определения $Q_{\text{л}}$ и $Q_{\text{вес}}$ можно найти в [5, 7].

В курсовом проекте результаты расчета, а также исходные данные, принятые по справочной литературе, необходимо занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные и расчетные данные к расчету искусственных сооружений

Исходные и расчетные данные	Условные обозначения	Единицы измерения	Данные	Примечание
Водосборная площадь бассейна	F	км ²	–	Определяется по карте с горизонталями
Расчетная вероятность превышения		%	–	Принимается в зависимости от типа сооружения
Расчетная интенсивность ливня при принятой вероятности превышения	a_p	мм/мин	–	Рассчитывается по формуле (7.2) [7]
Коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной	k_T	–	–	Принимается по табл. 7.4 или 2.4 [7]
Интенсивность ливня часовой продолжительности	$a_{\text{час}}$	мм/мин	–	Принимается по табл. 2.3 [2]

Окончание табл. 2.2

Исходные и расчетные данные	Условные обозначения	Единицы измерения	Данные	Примечание
Коэффициент потери стока	α	–	0,55–0,90	Смотри табл. 7.3 для вашего грунта [7]
Коэффициент редукции	φ	–		Смотри [8, с. 70]
Коэффициент дружности половодья	k_0	–	0,02	
Расчетный слой суммарного стока	h_p	мм	–	Методика расчета изложена в [8, с. 73]
Показатель степени	n	–	0,17	–
Коэффициент, учитывающий наличие в бассейне озер	δ_1	–	0,7–0,9	–
Коэффициент, учитывающий заселенность и заболоченность озер	δ_2	–	–	Принимается по табл. 7.6 [7]
Глубина воды в подпаре	H	м	–	Определяется по формуле (7.12) или (7.13) в зависимости от схемы водослива [7]
Скорость течения воды в сооружении	V_c	м/с	–	Принимается по табл. 7.7 [7]
Бытовая глубина потока	h_b	м	–	Методика определения изложена в [8]
Коэффициент учета сжатия струи потока	μ	–	0,9	–
Коэффициент скорости	φ_c	–	0,9	–
Критическая глубина потока в сооружении	$h_{кр}$	м	–	Определяется по формуле (7.37) [7]
Допустимая скорость воды в сооружении	V_d	м/с	–	Принимается по табл. 2.6 [8]
Площадь бассейна, покрытая лесом	F_l	км ²	–	–
Площадь бассейна, занятая болотом	F_b	км ²		–
Расчетный ливневый расход воды	Q_l	м ³ /с		Определяется по формуле (2.11) [2]
Расчетный расход талой воды	$Q_{вес}$	м ³ /с		Определяется по формуле (2.13) [2]
Длина моста	H_m	м		[5, с. 65]
Высота моста	L_m	м		[5, с. 65]
Диаметр трубы	d_T	м		[5, с. 65]
Длина трубы	$L_{тр}$	м		[5, с. 65]

2.5 Гидравлический расчет отверстия малого моста и других параметров

При гидравлическом расчете отверстия малого моста необходимо определить расчетную схему протекания воды. Выделяют свободное и несвободное истечение воды через искусственное сооружение (рис. М.2.5, б). Характер истечения определяется в зависимости от соотношения критической глубины потока $h_{кр}$ и бытовой глубины $h_б$.

Если $\frac{h_{кр}}{h_б} \leq 1,3$ – водослив незатопляемый, т. е. имеет место свободное истечение, а если $\frac{h_{кр}}{h_б} > 1,3$ – водослив затопляемый, т. е. истечение несвободное.

Критическую глубину потока $h_{кр}$, м, определяют в зависимости от принятой допустимой скорости течения воды $V_{доп}$ под мостом и типа укрепления русла:

$$h_{кр} = \frac{V_{доп}^2}{g}. \quad (2.7)$$

Допустимую скорость течения можно принять по учебному пособию [7, с. 212, табл. 7.7].

Бытовую глубину потока определяют методом подбора. Для этого на поперечниках русла (рис. М.2.5, в) задаются глубины потока h_1, h_2, h_3, h_4 и для каждой глубины определяют расход воды.

Расход воды можно определить по формулам

$$Q_i = \omega_i V_i \quad \text{или} \quad Q_i = \omega_i C \sqrt{Ri_{л}},$$

где ω_i – площадь живого сечения потока для каждой глубины h_1, h_2, h_3 .

При треугольной форме поперечного сечения водоток равен

$$\omega_i = \frac{(m_1 + m_2)h_i^2}{2}. \quad (2.8)$$

Если $m_1 = m_2$ – $\omega_i = mh_i^2$;

C – скоростной множитель, равный

$$C = \frac{R_i^y}{n}; \quad (2.9)$$

R – гидравлический радиус, $R_i = \frac{\omega_i}{\chi}$;

n – коэффициент шероховатости: для обычных естественных земляных русел равен 0,04; для извилистых и заросших – 0,055–0,067;

y – показатель степени, при $R_i < 1,0$ м $y = \sqrt{1,5n}$, а при $R_i > 1,0$ м $y = 1,3\sqrt{n}$;

χ – смоченный периметр, $\chi = (m_1 + m_2)h_i$, при треугольной форме сечения поперечного русла $R = \frac{h_i}{2}$;

$i_{\text{л}}$ – уклон лога у сооружения в долях единицы.

Имея эти данные, строят график зависимости расхода Q_i от глубины потока h_i (h_1, h_2, h_3). Отложив на оси ординат расчетный расход Q_p , на оси абсцисс получают бытовую глубину потока h_6 (рис. М.2.5, з).

Величину отверстия моста для свободного истечения определяют по формуле

$$b = \frac{Q_p}{1,33\sqrt{H}}, \quad (2.10)$$

где H – глубина подпора перед мостом, м: $H = \frac{1,46V_c^2}{g}$.

Определив величину отверстия, подбирают типовой проект и уточняют величину H в связи с изменением отверстия моста b_0 .

Величину отверстия моста для схемы затопленного водослива определяют по формуле

$$b = \frac{Q_p}{h_6 v_c}. \quad (2.11)$$

Выбирают типовое отверстие моста b_0 и уточняют подмостовую скорость потока и подпор:

$$v_0 = \frac{v_c b_0}{h_6}; \quad H = h_6 + \frac{v_0^2}{2g\varphi^2}. \quad (2.12)$$

Типовые проекты для деревянных мостов: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 12; 15; 20 м, а для железобетонных величина пролетных строений составляет: 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21 и 24 м.

Минимальная высота моста (насыпи моста) определяется по формуле (рис. М.2.6):

$$H_m = 0,88H + z + k, \quad (2.13)$$

где z – просвет между уровнем воды под мостом и низом пролетного строения, м (0,5–1,0);

k – конструктивная высота пролетного строения, м (0,4–0,6).

С учетом полученного значения продольного профиля в месте перехода через водоток, принимая во внимание, что бровка земляного полотна насыпи у моста должна быть поднята под подпертым горизонтом воды не менее, чем на 0,5 м длину моста определяют по следующим формулам:

– при свайных опорах с заборными стенами:

$$L_M = \sum l_{\text{пр}} + \sum a, \quad (2.14)$$

где $\sum l_{\text{пр}}$ – сумма длин пролетных строений, м;

$\sum a$ – сумма зазоров между пролетными строениями ($a = 0,05$);

– при беговых опорах с конусами (рис. М.2.6 и М.2.7):

$$L_M = b + \sum d + 2m_k(H_M - 0,5h_p) + 2q; \quad (2.15)$$

– при устоях с обратными стенками:

$$L_M = b + \sum d + 3H_M + 0,5, \quad (2.16)$$

где b – отверстие моста, м;

$\sum d$ – суммарная ширина промежуточных опор, м (при свайных опорах 0,35; при опорах стенках 0,4);

m_k – коэффициент заложения откоса конуса ($m_k = 1,5$);

H_M – высота моста, м;

h_p – глубина воды в сооружении при расчетном расходе (при незатопленном водосливе $h_p = 0,5h_6$);

q – строительный размер, м: для деревянных мостов 0,5–1,0; для железобетонных пролетных строений – 0,32–0,50.

2.6 Расчет водоотводных дорожных труб

Различают три режима протекания воды в трубах: безнапорный, полунапорный и напорный.

Схема протекания воды в трубах показана на рис. М.2.5, а.

Безнапорный режим (глубина воды перед трубой на входе не превышает $H < 1,2h_T$), где h_T – диаметр отверстия трубы.

Полунапорный режим ($1,2h_T \leq H \leq 1,4h_T$).

Напорный режим ($H > 1,4h_T$).

Пропускная способность труб Q_c рассчитывается по следующим формулам:

– при безнапорном режиме:

$$Q_c = \varphi \omega_{\text{сж}} \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (2.17)$$

где φ – коэффициент скорости, $\varphi = 0,85$;

$\omega_{\text{сж}}$ – площадь живого сечения, определяемая при $h_c = 0,5H$;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

H – глубина подпора воды перед трубой, м;

h_c – глубина воды в сжатом сечении при безнапорном режиме, м.

– при полунапорном режиме:

$$Q_c = \varphi \varepsilon \omega_{\text{т}} \sqrt{2g(H - h_{\text{сж}})}, \quad (2.18)$$

где ε – коэффициент сжатия потока, $0,6$;

$\omega_{\text{т}}$ – полная площадь сечения входа воды, м^2 ;

$h_{\text{сж}}$ – глубина воды в сжатом сечении ($h_{\text{сж}} = 0,5h_{\text{т}}$);

$h_{\text{т}}$ – диаметр трубы, м;

– при напорном режиме:

$$Q_c = \varphi \omega_{\text{т}} \sqrt{2g[H - h_{\text{т}} - L_{\text{т}}(i_{\text{тр}} - i)]}, \quad (2.19)$$

где $L_{\text{т}}$ – длина трубы, м;

$i_{\text{тр}}$ – уклон трения для круглых труб диаметром менее $1,25$ м, $i_{\text{тр}} = 0,007$.

Поперечные профили (сечения) труб и их оголовки приведены на рис. Н.2.8 и Н.2.9.

В курсовом проекте отверстие круглой трубы можно определить по табл. П.2.1 и П.2.2. Для этого необходимо найти расход воды по формулам (2.17); (2.18); (2.19) и в зависимости от режима протекания воды принять скорость течения воды и глубину воды в подпоре H с учетом местных условий.

Если одной трубы для пропуска расчетного расхода недостаточно, нужно запроектировать двух- и трехочковые трубы.

Трубы с безнапорным режимом проектируют при пологих склонах долины водотока, а напорные – на водотоках с крутыми берегами или в оврагах.

Минимальную высоту насыпи (рабочая отметка насыпи над трубой, рис. Н.2.10) определяют следующим образом:

– для безнапорной трубы:

$$H_{\text{min}} = h_{\text{т}} + \delta + \Delta; \quad (2.20)$$

– для полунапорной или напорной:

$$H_{\min} = H + \Delta, \quad (2.21)$$

где δ – толщина стенки трубы, м;

Δ – запас высоты над трубой, м (0,5 – для безнапорного режима, 1,0 – для полунапорного и напорного режимов).

Длину трубы L_T (рис. Н.2.10 и Н.2.11) определяют по формуле

$$L_T = B + 2m(H_H - d) + 2M, \quad (2.22)$$

где B – ширина земляного полотна, м;

m – коэффициент крутизны откоса насыпи;

H_H – высота насыпи у трубы, м;

d – диаметр трубы, м;

M – длина оголовка ($M = 2,25$ при $d = 1,0$ м; $M = 2,74$ при $d = 1,5$ м; $M = 3,66$ при $d = 2,0$ м).

Порядок расчета малого моста и дорожных труб, укрепления русла приведен в работе [7, с. 214].

Толщина звена « δ » (толщина стенки): 0,12 м при диаметре трубы 1,0 м; 0,14–0,18 м – при диаметре 1,5 м; 0,20–0,24 м – при 2,0 м.

Результаты расчета необходимо записать в табл. 2.2.

Длину трубы L_T уточняют с учетом укладки целого числа цилиндрических звеньев длиной по 1 м и больше длины конических звеньев (при диаметре трубы $d = 1,0$ м длина конического звена 1,20 м; при $d = 1,25 - 1,50$; при $d = 2,0 - 2,40$ м).

На промежутки между звеньями следует прибавлять по 0,01 м на каждый стык и учитывать толщину поджатых блоков на входе и выходе из трубы $a = 0,35$ м.

2.7 Укрепление русел водоотводных сооружений

Тип укрепления (мощением, плитами и др.) зависит от скорости течения воды на выходе из сооружения, равной примерно $v_{\text{выс}} = 1,5v_c$ (где v_c – расчетная скорость, принятая при определении отверстия).

Укрепительные работы для мостов включают:

– укрепление русла у входа потока в сооружение, в самом сооружении и на выходе из него общей площадью укрепления, равной

$$F_{\text{укр}} = (b + \Sigma d)(B_{\text{м}} + 2,5v_c + 2,5), \quad (2.23)$$

где b – отверстие моста, м;

Σd – общая ширина промежуточных опор, м;

$B_{\text{м}}$ – габарит моста по ширине, м;

– укрепление откосов конусов в пределах подтопления (плитами или камнем). Площадь укрепления равна

$$F_{\text{кон}} = [3,14(R + r) + 2B - 4r]l, \quad (2.24)$$

где $R = (0,75-1,5)H_{\text{н}}$ – радиус кривизны нижней части конуса, м;

$H_{\text{н}}$ – высота насыпи у береговой опоры моста, м;

B – ширина земляного полотна, м;

$l = h_{\text{укр}} \sqrt{1 + m^2}$, при $m = 1,5$ $l = 1,8h_{\text{укр}}$;

l – длина образующейся подтопляемой части конуса;

$h_{\text{укр}}$ – высота конуса плюс 0,25 м;

– укрепление откосов насыпи, примыкающей к береговым конусам на длину 2–3 м:

$$F_{\text{нас}} = 4(2-3)l; \quad (2.25)$$

– укрепление русла на выходе из дорожных труб и входе:

$$F_{\text{т}} = 7B_{\text{рус}}d, \quad (2.26)$$

где $B_{\text{рус}}$ – ширина потока за сооружением $B_{\text{рус}} = (3-5)d$;

d – диаметр трубы, м.

Длину погребной части укрепления принимают равной 1,5–2,0 м. Для трубы $d = 1$ м; $l_{\text{вх}} = 2,2-2,5$ м; $l_{\text{вых}} = 4,5-4,6$ м (см. рис. Н.2.10 и Н.2.12).

2.8 Проектирование водоотводных сооружений

Одним из принципов проектирования дорожной конструкции является обеспечение водоотвода воды от земляного полотна продольными (боковыми) канавами или резервами от насыпей и кюветами – от выемок.

При уклоне местности 1 : 25 и более канавы проектируют с одной стороны (верховой), а если уклон меньше 1 : 25 – с двух. При большей высоте насыпи боковые канавы можно не предусматривать.

Размеры поперечного сечения боковых канав в зависимости от типа принимают в соответствии с табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Размеры поперечного сечения боковых канав

Тип грунта	Очертания поперечного сечения канавы (кювета)	Минимальные размеры, м		Откосы	
		глубины	ширины по дну	внутренние	наружные
Песок, супесь, пылеватый песок: насыпь выемка	Треугольное	0,5	–	1,5 (1 : 3)	1,5 (1 : 2)
	Треугольное	0,5	–	1 : 3	1 : 1,5
Суглинок, глина, пылеватый грунт: насыпь выемка	Трапецеидальное	0,6	0,4	1 : 1,5 (1 : 3)	1 : 1,5
	Трапецеидальное	0,8	0,4	1 : 1,5	1 : 1,5

Примечание – На водораздельных участках глубина каналов уменьшается до 0,2 м.

Для обеспечения отвода воды из канала (резервов) их дну придается продольный уклон не менее 5‰ (осушительных каналов – не менее 2‰).

Размер поперечного сечения канавы (трапецеидальной формы с откосами 1 : 1,5) принимают таким, чтобы она обеспечила пропуск расчетного объема воды, определенного по формуле с запасом по высоте ~0,1 м (для устрения переполнения канавы)

$$Q = 87,5 a_{\text{час}} \alpha F, \quad (2.27)$$

и выполнялось условие

$$\omega > \frac{Q}{C \sqrt{Ri}},$$

где ω – площадь рабочего поперечного сечения канавы, м²;

C – скоростной множитель (коэффициент), определяют по формуле (2.9).

Если длина канавы более 100–150 м, ее следует разбить на участки длиной по 100–150 м и для каждого участка подобрать свое сечение с учетом увеличения расхода.

При $i > 10‰$ в супесях и $i = 25‰$ – в суглинках дно канав укрепляют щебнованием, а стенки – одерновкой. Если $i > 40–50‰$, устраивают перепады.

В курсовом проекте по своим размерам вычертить тушью поперечный профиль трубы (рис. Н.2.11 или Н.2.12) на листе формата А3 (можно на миллиметровке).

На каждую трубу составляется карточка, форма которой представлена на рис. Н.2.11.

Виды различных водопропускных канав и схема их устройства приведены на рис. Р.2.13 и Р.2.14.

2.9 Расчет искусственных сооружений с применением ЭВМ

Применение ЭВМ для расчета дорожных труб позволяет найти оптимальный вариант.

Расчет выполняется по программе «truba.exe», которая находится в каталоге «TRANS» кафедры транспорта леса. Исходные данные включают постоянные данные для всех сооружений на дороге и индивидуальные для каждого сооружения. Программа предусматривает определение ливневого и весеннего стоков, выбирает величину расчетного расхода, вычисляет бытовую глубину потока. Студент имеет возможность выбрать тип сооружения (мост или трубу).

Для расчета параметров моста необходимо ввести допускаемую скорость течения воды в сооружении с учетом материала укрепления русла. После введения допускаемой скорости выполняется расчет критической глубины, выбирается тип водослива и вычисляется отверстие моста. Далее можно выполнить сравнение запроектированного и типового отверстий. Для этого в программу необходимо ввести типовое отверстие моста, произвести расчет его длины и высоты, а также напора. Если студента не удовлетворяют результаты расчета, задают новое значение допускаемой скорости и расчет повторяется.

При «расчете трубы» задается режим протекания воды в трубу, определяется диаметр трубы. После запроса необходимо округлить полученное значение до ближайшего стандартного и затем получить результаты расчета. Таблица сопровождается запросом, удовлетворяющим полученные результаты. Если студент ответил «ДА», то результаты выдаются на печать.

Исходные данные для расчета включают постоянные для всех рассчитываемых сооружений на дороге (труб) и индивидуальные для каждого сооружения.

Постоянными исходными данными для всех сооружений являются:

- количество проектируемых сооружений;
- интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;
- коэффициент дружности половодья
- средний слой стока талых вод, мм;
- модульный коэффициент слоя стока;
- коэффициент лесистости;
- коэффициент озерности;
- показатель степени при расчете снеготаяния;
- ширина земляного положения, м;
- коэффициент заложения откоса земляного полотна.

Индивидуальные данные:

- расположение оси сооружения, ПК +;
- площадь водосбора, м²;
- длина бассейна, км;
- уклон лога, ‰;
- уклон бассейна, ‰;
- глубина пруда, м;
- показатель крутизны откоса М1;
- показатель крутизны откоса М2.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДОРОГИ

3.1 Общие положения. Проектирование проектной линии

Продольным профилем дороги называют графическое изображение разреза дороги, вертикальной плоскостью проходящей через ее ось (рис. С.3.1).

По отметкам земли, которые определяются, как описано в подразделе 5.2, на миллиметровой бумаге с шириной листа 287 мм вычерчивают продольный профиль поверхности земли в масштабах: горизонтальный – 1 : 5000, вертикальный – 1 : 500 и грунтовый профиль – 1 : 50.

Линия грунтового профиля вычерчивается параллельно линии земли (на 2 см ниже ее). Места расположения шурфов и скважин назначаются в соответствии с рельефом местности, грунтово-геологическими условиями. У каждого шурфа, скважины цифрами указывается их глубина и дата устройства. Условными знаками на шурфах и скважинах показываются границы залегания различных грунтов. Шурфы, как правило, устраивают глубиной 2 м. Определяются места устройства искусственных сооружений (мостов, труб). Выявляются фиксированные точки, в которых проектная линия дороги должна пройти с заранее установленной отметкой (высота моста, железные дороги, дорожные трубы и т. д.). Толщина грунта над трубой должна быть не менее 0,5 м (рис. Т.3.2; Т.3.3; Т.3.4).

Продольный профиль проектируемой дороги определяется проектной линией. Нанесение (проектирование) проектной линии – это наиболее ответственная часть работы над продольным профилем.

При назначении на продольном профиле проектной линии принятые значения руководящего подъема и расчетного спуска следует использовать на всех участках, где это дает сокращение объемов земляных работ.

Проектную линию лесных дорог круглогодического действия (магистральные дороги) следует назначать в насыпях, высоту которых

необходимо устанавливать в соответствии с требованиями, приведенными в табл. 3.1.

Уклоны проектной линии не должны превышать руководящий подъем и максимальный спуск.

Таблица 3.1 – Возвышение низа дорожной одежды или дна корыта

Вид грунта	Над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (все типы местности)	Над поверхностью земли (1 и 2 типов местности)
Пески средние и мелкие супеси	0,7	0,5
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,6
Супеси и суглинки пылеватые	1,9	0,8
Суглинки тяжелые, глина	1,9	0,7

При совпадении продольного уклона с кривыми радиусом 200 м и менее величину руководящего уклона необходимо уменьшить на 10–20‰.

Выемок по возможности следует избегать (ввиду плохих гидрологических условий и трудностей зимней эксплуатации таких участков).

Если же выемки имеются (пилообразный профиль земли), то проектирование горизонтальных площадок в них не рекомендуется. Кюветы в выемках должны иметь продольный уклон не менее 5‰.

Расстояние между переломами проектной линии должны быть не менее шага проектирования, равного 50 м (в целях размещения вертикальных кривых).

Соблюдение указанных выше возвышений бровки земляного полотна и пролетных строений над расчетными горизонтами воды не должно отразиться на плавности проектной линии на участке водопропускного сооружения. В некоторых случаях формальное соблюдение указанных выше норм приводит иногда к проектированию горбатого моста, весьма неудобного для автомобильного движения и требующего снижения скорости (рис. Т.3.3).

Неудобное возвышение проектной линии над безнапорной трубой может получиться на суходолах при низких пологих склонах

бассейна (рис. Т.3.4) в связи с тем, что требуется обеспечить толщину насыпи 0,5 м над трубой. В этом случае неудобное возвышение насыпи можно устранить углублением русла укладкой дна трубы ниже уровня земли или укладкой двух очковых труб меньшего диаметра.

На участках перехода через водотоки, на которых необходима постройка малых искусственных сооружений (трубы и мосты), высота насыпи должна быть достаточной для размещения этих сооружений и составлять 1,5–2,0 м.

На участках, периодически затапливаемых внешними водами, высота земляного полотна должна быть больше на 0,5 м наивысшего горизонта воды.

На лесных дорогах наилучшей является обертывающая проектная линия. В пересеченной местности или при наличии участков с уклонами больше допустимых по нормам проектируемой дороги проектную линию прокладывают по принципу «секущей проектировки» (рис. Т.3.2).

Уклон проектной линии определяется по формуле

$$i = \frac{h}{d}, \quad (3.1)$$

где h – превышение конечной точки над начальной, м;

d – длина участка проектной линии, м.

Вычисленные значения уклонов округляют до целых тысячных.

Проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек вычисляют по формуле

$$H_2 = H_1 \pm id, \quad (3.2)$$

где H_2 – искомая конечная отметка проектной линии, м;

H_1 – предыдущая (известная или заданная) отметка проектной линии, м;

i – округленный до целых тысячных уклон проектной линии, ‰.

Отметка H_1 принимается в соответствии с табл. 3.1 в зависимости от вида грунта.

Рабочие отметки и отметки бровки земляного полотна определяют по формуле

$$h_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{чер}}. \quad (3.3)$$

Находят места перехода насыпи в выемку (точки нулевых работ). При расчете местоположения точки нулевых работ вычисляют

ют расстояние X от точки нулевых работ до ближайшей пикетной или плюсовой точки по формуле

$$X = \frac{h_1}{h_1 + h_2} d_0, \quad (3.4)$$

где h_1 и h_2 – смежные рабочие отметки насыпи и выемки;

d_0 – расстояние между рабочими отметками, м.

Оформляют продольный профиль дороги согласно эталонным образцам (рис. С.3.1), а также [5]. Условные обозначения грунтового профиля, продольного профиля, надпрофильные обозначения, обозначения сетки продольного профиля приведены на рис. С. 3.1, а–г.

В курсовом проекте необходимо запроектировать продольный профиль участка дороги протяженностью 5–6 км.

3.2 Проектирование вертикальных кривых

В курсовом проекте нужно привести обоснование выбора радиусов вертикальных кривых на переломах продольного профиля с алгебраической разностью смежных уклонов Δi , равная или больше 15‰ для дорог Iл и IIл категорий, 20‰ – для дорог IIIл и IVл категорий и 30‰ – на ветках и усах.

Уклоны на подъемах принимают со знаком плюс, на спусках – со знаком минус.

При проектировании вертикальных кривых длина кривой должна быть не менее 10 м, биссектриса – не менее 5 м.

Минимальный радиус выпуклой вертикальной кривой назначают из условия обеспечения видимости:

$$R_{\min} = \frac{S_{\text{в}}^2}{2d}, \quad (3.5)$$

где $S_{\text{в}}$ – реечное расстояние видимости поверхности дороги, определенное в подразделе 1.3.3;

d – высота глаза водителя над поверхностью дороги, м ($d = 1,2-1,5$).

Минимальный радиус выгнутой кривой устанавливают исходя из недопущения перегрузки рессор:

$$R_{\min} = \frac{v_p^2}{a}, \quad (3.6)$$

где v_p – расчетная скорость движения автомобиля, м/с;
 a – допускаемое центробежное ускорение, м/с ($a = 0,5 \text{ м/с}^2$).

На каждом переломе продольного профиля, где необходимо предусмотреть вертикальные кривые, вычисляют следующие элементы кривых:

– длина вертикальной кривой:

$$K = \frac{\Delta i R}{1000}; \quad (3.7)$$

– тангенс:

$$T = \frac{K}{2}; \quad (3.8)$$

– биссектриса:

$$B = \frac{K^2}{8R} = \frac{T^2}{2R}, \quad (3.9)$$

где Δi – разность.

Рекомендуемые радиусы кривых: на магистралях (выпуклые – 5000 м, вогнутые – 2000 м); на ветках и усах – 1000 м.

Минимальное расстояние между смежными переломами продольного профиля (шаг проектирования) должно отвечать неравенству

$$l > R_1 \frac{i_1 + i_2}{2000} + R_2 \frac{i_2 + i_3}{2000}, \quad (3.10)$$

где R_1, R_2 – радиусы смежных вертикальных кривых, м;

i_1, i_2, i_3 – продольные уклоны элементов профиля, образующих два смежных перелома.

Методика расчета, проектирования и вписывания вертикальной кривой в профиль стандартным методом изложена в [7, с. 152], определение местоположения вершины вертикальной кривой приведено на рис. У.3.5.

При вычерчивании профиля тушью принимают следующие толщины линий: сетки – 0,5 мм; плана и осевой линии графы «Развернутый план дороги» – 0,8 мм; ординат, соответствующих переломам проектной линии, – 3,0 мм; отметок горных, проектных и рабочих, соответствующих пикетам, – 3,0 мм; соответствующих

плюсам, – 2,0 мм; элементам прямых, кривых и уклонов, номеров скважин и шурфов, а также плюсовых значений ординат, километровых знаков, зданий и поездов – 2,0 мм; прочих – 1,5 мм.

Характеристика продольного профиля сводится в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика продольного профиля

Показатели	Единицы измерения	Значение
Длина участка дороги	км	
Длина подъемов в грузовом направлении	км %	
Длина спусков	км %	
Длина горизонтальных участков	км %	
Руководящий подъем	‰	
Максимальный спуск в грузовом направлении	‰	
Протяженность участков с предельным уклоном	км %	
Средний уклон (±)	‰	
Шаг проектирования	м	
Радиусы вертикальных кривых:		
выпуклых	м	
вогнутых	м	
Километровый объем земляных работ:		
насыпей	м ³	
выемок	м ³	
<i>Итого</i>	м ³	

Грунтовый профиль составляют согласно принятым данным о размещении пластов грунта в виде шурфов и скважин.

3.3 Проектирование земляного полотна в поперечном профиле

Земляное полотно проектируют для характерных участков продольного профиля, в которых дорога проходит в высоких насыпях, глубоких выемках и в 2–3 типах местности по условиям увлажнения.

Дорожную одежду располагают выше уровня грунтовых вод и над поверхностью земли в зависимости от типа грунта земляного полотна на величину, приведенную в табл. 3.1.

3.3.1 Определение высоты земляного полотна (отметка бровки земляного полотна). Отметку бровки земляного полотна (высоты) определяют по формуле

$$h_{\text{бр}} = Z - h_{\text{г.в}} + h_{\text{д.о}} - ic, \quad (3.11)$$

где Z – минимальное расстояние от расчетного уровня грунтовых вод до низа дорожной одежды (табл. 3.1), м;

$h_{\text{г.в}}$ – глубина грунтовых вод (0,4 м);

$h_{\text{д.о}}$ – толщина дорожной одежды (по расчету), м;

i – уклон обочины (50–60‰), доли;

c – ширина обочины (принять по нормам проектирования [7, с. 40]).

Крутизну откосов насыпи высотой 1 м принимают 1 : 3. При возведении насыпи привозного грунта или поперечном направлении (высотой до 6 м) – 1 : 1,5. Уклон водосливной призмы – 10–30‰.

3.3.2 Определение ширины земляного полотна. Ширина земляного полотна (рис. Ф.3.6) на прямых участках дороги определяется по формуле

$$B = B_0 + 2c, \quad (3.12)$$

где B – ширина проезжей части, м;

c – ширина обочин, м.

Ширина проезжей части определяется в зависимости от числа полос движения по формулам (3.13); (3.14); (3.15), приведенным ниже.

В лесной отрасли в основном дороги имеют однополосную или двухполосную ширину проезжей части:

– одна полоса движения устанавливается при весьма малой его интенсивности Π_1 ;

– двухполосная, крайняя полоса, находящаяся у кромки проезжей части, – при наличии на соседней полосе встречного движения.

Ширина полосы движения зависит от ширины кузова автомобиля d , величины предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проезжей части a , величины зазора между кузовами автомобилей при встречном движении m . Ширина кузова и колеи автомобиля может быть принята по табл. Г.1.5.

Ширина полосы для однополосной проезжей части определяется по формуле

$$\Pi_1 = S + 1 + 0,01v, \quad (3.13)$$

где S – ширина колеи, м;

v – расчетная скорость движения, км/ч.

Для двухполосной проезжей части:

$$\Pi_2 = \frac{d + S}{2} + m + a = \frac{d + S}{2} + 1 + 0,01v, \quad (3.14)$$

где

$$m = (0,3 + 0,27\sqrt{v})K_{\text{ум}}, \quad a = K_{\text{ум}}\sqrt{0,1 + 0,027v}; \quad (3.15)$$

$K_{\text{ум}}$ – коэффициент уменьшения (для двухполосных равен 0,8–1,0; для однополосной – 1,0).

В формуле (3.15) при определении m и a скорость в м/с.

В курсовом проекте по расчетным данным запроектировать поперечные профили земляного полотна.

Полученную расчетом по формуле ширину земляного полотна сравнить с нормами (табл. В.1.3) и принять для дальнейших расчетов большую.

Поперечные профили земляного полотна приведены на рис. Ф.3.7 и Ф.3.8.

3.3.3 Определение объемов земляных дорожных работ.

Расчетные схемы для нахождения объемов дорожных земляных работ приведены на рис. Х.3.9.

Объем земляных работ, м^3 , определяют по следующим формулам – для насыпи:

$$V_{\text{н}} = \left[a + B \frac{H_1 + H_2}{2} + m \frac{(H_1 + H_2)^2}{4} + m \frac{(H_2 - H_1)^2}{12} \right] L; \quad (3.16)$$

– для выемки:

$$V_{\text{в}} = \left[2k - a + (B + 2b)H_{\text{ср}} + mH_{\text{ср}}^2 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right] L_{\text{в}}, \quad (3.17)$$

где a – площадь водосливной призмы земляного полотна, м^2 ;

B – ширина земляного полотна, м;

H_1 – рабочая отметка в начале участка, м;

H_2 – рабочая отметка в конце участка, м;

m – крутизна откоса насыпи (выемки);

b – ширина кювета по верху, м;
 H_{cp} – средняя рабочая отметка рассматриваемого участка, м,
 равная $H_{cp} = \frac{H_1 + H_2}{2}$.

Площадь водосливной призмы, m^2 , можно определить по формуле

$$a = \frac{i_{\pi} B^2}{4}, \quad (3.18)$$

где i_{π} – поперечный уклон поверхности земляного полотна, доли единиц ($i_{\pi} = 0,020$, что соответствует 20‰).

Поперечная площадь сечения резерва определяется по формуле

$$k = b_k h + (m + n) h^2, \quad (3.19)$$

где b_k – ширина кювета по низу, м;

n – крутизна внутреннего откоса кювета (в выемке).

Объем земляных работ в курсовом проекте нужно рассчитать на ЭВМ по программе, имеющейся на кафедре. По полученным данным построить кривую объемов земляных работ (рис. X.3.10).

Все расчеты по определению земляных работ заносят в ведомость следующей формы (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Ведомость попикетного подсчета объемов земляных работ (форма-образец)

Километр	Пикет	Плюс	Расстояние, м	Рабочая отметка H , м	Средняя рабочая отметка, м	Разность рабочих отметок $H_1 - H_2$, м	Объем земляных работ, m^3								
							Без поправки		Призматическая поправка	С поправкой		Водоотводные каналы и кюветы при насыпях	Компенсация снятого растительного слоя	Всего	
							насыпь	выемка		насыпь	выемка				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

Сумма объемов насыпей $\sum V_n$ и сумма объемов выемок $\sum V_v$ составляют профильный объем. Профильный объем за вычетом суммы объемов выемок, грунт из которых используется для устройства насыпей, называется производственным объемом. В курсовом проекте также необходимо определить объем земляных работ на 1 км проектируемой дороги.

4 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

4.1 Конструирование дорожной одежды

При конструировании дорожных одежд необходимо соблюсти основные требования:

- общий эквивалентный модуль упругости должен соответствовать проектному (требуемому);
- изменение модуля упругости по глубине должно соответствовать (по возможности) эпюре вертикальных напряжений по глубине;
- толщина отдельных слоев и их количество должны отвечать производственным требованиям;
- дорожная одежда должна обладать достаточной прочностью независимо от изменения погодных-климатических условий;
- должна быть предусмотрена возможность перспективного усиления одежды без коренных изменений путем укладки слоев сверху;
- в слоях одежды должны применяться местные материалы;
- все слои одежды должны выполняться механизмами с применением современных поточных методов.

Конструкции дорожных одежд разрабатывают для участков с одинаковыми расчетными значениями модулей упругости. Для каждого такого участка намечают сначала конструктивную схему одежды с покрытием заданного типа, причем толщина отдельных слоев конструкции должна быть достаточной для того, чтобы было обеспечено необходимое формирование слоя и его надежная работа. Минимально допустимые конструктивные толщины слоев дорожной одежды приведены в табл. 8.5 [5, с. 221].

Проектирование дорожных одежд состоит из двух последовательно выполняемых этапов – конструирования и расчета, которые взаимосвязаны и не должны противоречить друг другу. Необходимо стремиться обеспечить плавный переход от жестких верхних слоев к нижним – менее жестким. При этом отношение модулей упругости смежных слоев из слабо связанных материалов не превышают 5–6.

В задании на курсовой проект дан тип покрытия (материал). Зная тип покрытия, расчетную схему дорожных одежд выбирают конструктивно по варианту (прил. Ц).

Вариант задания студент принимает по последней цифре зачетной книжки и типа покрытия. Вариант № 1 – если номер зачетной книжки оканчивается на нечетную цифру или ноль. Например, номер зачетной книжки 115, тип покрытия «щебеночное» – вариант № 1. В случае, если номер зачетной книжки оканчивается четной цифрой, – вариант № 2. Например, зачетная книжка № 102, тип покрытия «грунт, обработанный битумом (грунтово-битумное)» – вариант № 2.

Выбрав вариант, необходимо в пояснительной записке вычертить расчетную схему (см. с. 45).

По табл. Ш.4.4, Ш.4.5 принять соответствующие модули упругости, МПа, в зависимости от расчетной влажности грунта земляного полотна (табл. Ш.4.1, тип грунта задан в задании) по табл. Ш.4.2 принять модуль упругости грунта земляного полотна, МПа.

Минимальные значения требуемого модуля упругости определяют по табл. Ш.4.3, а расчетные нагрузки приведены в табл. Ш.4.6 и в табл. 4.1 пояснительной записки.

Таблица 4.1 – Расчетные нагрузки для автомобильных дорог

Тип автотранспорта	Номинальная статическая нагрузка на ось, кН	Нормированная нагрузка, передаваемая дорожной одежде, кН		Среднее давление (расчетное) колеса на покрытие, МПа	Расчетный диаметр D следа колеса автомобиля, м	
		неподвижная	движущаяся		неподвижного	движущегося
Автомобили: группа А	100	50	65	0,6	0,33	0,37
группа Б	60	30	39	0,5	0,28	0,32

4.2 Расчет дорожной одежды на прочность

В пояснительной записке исходные данные, необходимые для расчета дорожной одежды на прочность, следует дать в виде табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные

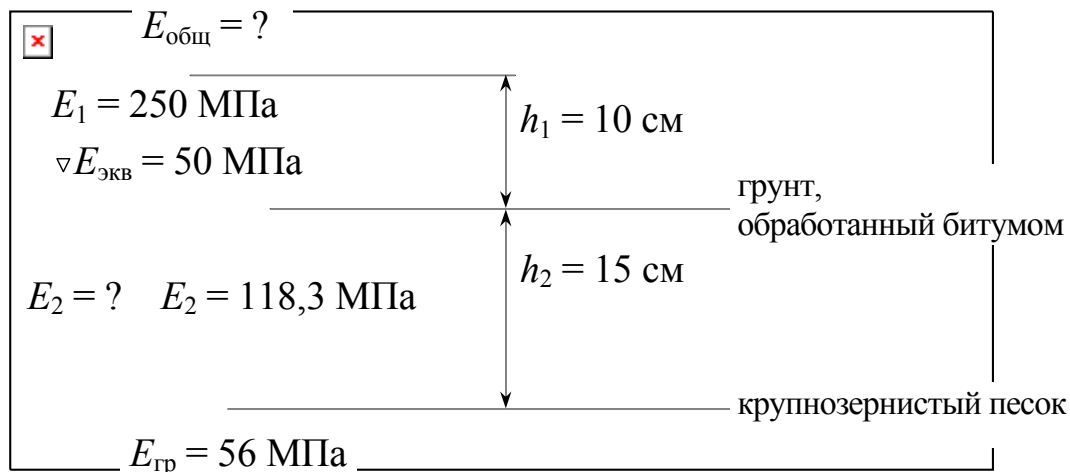
Исходные и расчетные данные	Условное обозначение	Единицы измерения	Значения	Примечание
Тип автопоезда: группа А или Б указать	–	–		Например, МА3-5434 + + ГКБ-9383
Расчетные нагрузки (для автомобиля вашей группы): номинальная статическая нагрузка на ось	Q	кН		Табл. 8.8 [5, с. 227]
среднее расчетное давление колеса на покрытие	p	МПа		–/–
расчетный диаметр следа колеса	D	см		–/–
Число автопоездов	N_a	шт.		Формула [7, с. 104]
Расчетная интенсивность движения	N_p	авт./сут		Формула (8.24) [5, с. 229]
Коэффициент прочности	$K_{пр}$			Табл. 8.6 [5, с. 225, 231]
Требуемый модуль упругости для дорожной одежды	$E_{тр}$	МПа		По графику рис. 8.20 [5, с. 231], [7, с. 229]
Тип покрытия дорожной одежды	Дать наименование			
Общий (эквивалентный) модуль упругости дорожной одежды	$E_{общ}$	МПа		[5, с. 233, п. 5]
Тип грунта земляного полотна	–	–	–	–
Средняя расчетная влажность	W	%	0,60– 0,65	Формула (8.5) [7, с. 223] и табл. 8.5 [7, с. 234]
Коэффициент прочности на сдвиг	$K_{пр}$			Формула (8.26) [5, с. 234]
Допускаемое напряжение сдвига	$T_{доп}$	МПа		Формула (8.29) [5, с. 235]
Активное напряжение сдвига	T	МПа		[5, с. 234]
Средний модуль упругости	$E_{ср}$	МПа		Формула (8.28) [5, с. 235]
Угол внутреннего трения грунта	φ	градусы		Табл. 8.6, 8.7 [5, с. 234, 235]
Коэффициент сцепления	c	МПа		Табл. 8.6, 8.7 [5, с. 234, 235]

Далее расчет дорожной одежды на прочность по критерию упругого прогиба рассмотрим **на примере**.

1. Допустим, в соответствии с заданием покрытие дорожной одежды – грунто-битум, а студент имеет зачетную книжку № 102, т. е. 2-й вариант.

2. В зависимости от варианта и типа покрытия по прил. Ц принимаем контруктивно-расчетную схему дорожной одежды.

3. Вычерчиваем конструкцию дорожной одежды (рисунок), в которой необходимо найти общий модуль упругости $E_{общ}$ на поверхности дорожной одежды (искомая величина помечена знаком вопроса).



Расчетная схема

4. По табл. 8.6, 8.7, 8.8 [7] или по табл. Ш.4.4, Ш.4.5 принимаем их модули упругости. В нашем примере для грунта, обработанного битумом (супесь легкая), модуль упругости $E_1 = 250 \text{ МПа}$, а для грунта земляного полотна (супесь легкая) при влажности $W = 0,6$ $E_{\text{гр}} = 56 \text{ МПа}$ (табл. 8.7 [7]), а также угол внутреннего трения $\varphi = 36^\circ$, коэффициент сцепления $C = 0,014 \text{ МПа}$. Значение $E_1 = 250 \text{ МПа}$ и $E_{\text{гр}} = 56 \text{ МПа}$ выписываем в расчетную схему.

5. В зависимости от расчетной интенсивности движения автопоездов N_p , определяемой по формуле (8.24) [5, с. 229] по графику рис. 8.20 [5, с. 231] или рис. 8.3 [7, с. 230], или рис. Ш.4.4, находим требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}}$ для нашей группы автомобиля. Значение $E_{\text{тр}}$ для переходных типов покрытий не должно быть 65 МПа .

6. В зависимости от типа покрытия по табл. 8.6 [5, с. 225] или табл. 8.2 [7, с. 228] принимаем коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$.

7. Определяем общий модуль упругости $E_{\text{общ}}$ на поверхности дорожной одежды:

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

В нашем примере принято, что $E_{\text{общ}} = E_{\text{тр}} = 65 \text{ МПа}$.

8. Расчетом, используя номограмму рис. 8.21 [5, с. 232], находим эквивалентный модуль упругости на границе раздела 1-го и 2-го слоев дорожной одежды:

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_1} = \frac{65}{200} = 0,26;$$

$$\frac{h_1}{D} = \frac{10}{32} = 0,31.$$

По номограмме находим

$$\frac{E_{\text{экв}}}{E_1} = 0,2.$$

Откуда

$$E_{\text{экв}} = 0,2E_1 = 50 \text{ МПа}.$$

Полученное значение $E_{\text{экв}} = 50$ МПа показывают на расчетной схеме.

9. Величину модуля упругости E_2 находят из отношения равенств прочности рассматриваемых слоев дорожной одежды, т. е.

$$\frac{E_{\text{гр}}}{E_2} \text{ и } \frac{E_2}{E_1}, \text{ т. е. } \frac{E_{\text{гр}}}{E_2} = \frac{E_2}{E_1}, \text{ откуда } E_2^2 = E_{\text{гр}}E_1. \quad (1)$$

В выражение (1) подставляем значения $E_{\text{гр}} = 56$ МПа и $E_1 = 250$ МПа.

Получаем

$$E_2 = \sqrt{56 \cdot 250} = 118,3 \text{ МПа}.$$

В качестве материала этого слоя можно принять крупнозернистый песок.

Значение E_2 вписываем в расчетную схему.

Проверка:

$$\frac{E_{\text{гр}}}{E_2} = \frac{26}{118,3} = 0,473;$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{118,3}{250} = 0,473,$$

т. е. подтверждается, что

$$\frac{E_{\text{гр}}}{E_2} = \frac{E_2}{E_1}.$$

По полученным расчетам вычертить поперечный профиль дорожной одежды, приведенный на рис. Щ.4.1.

Номограммы для расчета слоев дорожной одежды, ее параметров для конструктивно-расчетных схем приведены в прил. Ц. Параметр, который необходимо определить при выполнении курсового проекта, обозначен вопросительным знаком, приведен на рисунке прил. Ц.

4.3 Расчет дорожных одежд нежесткого типа на ЭВМ

Применение ЭВМ позволяет значительно увеличить количество рассматриваемых конкурентоспособных вариантов слоев с различными толщинами и прочностными свойствами дорожно-строительных материалов. Следовательно, для заданной конструкции дорожной одежды определяется некоторое множество подвариантов, удовлетворяющих требованиям жесткости и прочности, из этой совокупности выбирается наиболее дешевый вариант. В основу программы расчета на ЭВМ положена инструкция ВСН 46-83. В качестве критерия оптимальности, с помощью которого определяется эффективность того или иного варианта, используется стоимость единицы площади дорожной одежды:

$$S = \sum_{i=1}^n C_i H_i,$$

где n – количество слоев дорожной одежды;

C_i – стоимость единицы i -того конструктивного слоя дорожной одежды, отнесенная к единице площади этого слоя, руб./см³ на 1 м²;

H_i – толщина i -того конструктивного слоя одежды, м.

Процесс поиска рациональной толщины конструктивных слоев заключается в определении такой совокупности толщины конструктивных слоев H_i , для которых $S = \sum_{i=1}^n C_i H_i \rightarrow \min$ и которая од-

новременно удовлетворяет условиям ограничения: $E_{\text{общ}} \geq E_{\text{тр}}$ – обеспечение требуемой жесткости; $A_i \leq H_i \leq B_i$ – обеспечение технологических требований.

Программа ODEJDA реализована на ЭВМ, работает в диалоговом режиме. В качестве исходных данных используются:

$E_{\text{гр}}$ – модуль упругости земляного полотна;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости;

D – диаметр круга, равновеликого отпечатку следа колеса;

C_i – стоимость единицы площади слоя дорожной одежды; толщина слоев дорожной одежды: минимальная A_i , максимальная B_i . Программа применяется для расчета как однослойных, так и многослойных дорожных одежд.

5 РАСЧЕТ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ЛЕСОТРАНСПОРТА

5.1 Размещение подъездных путей (веток) на трассе лесной дороги

На трассу дороги, запроектированной на карте, размещают подъездные пути (ветки) и погрузочные пункты так, как показано на транспортной схеме, приведенной в прил. Ю. Каждый студент выбирает свой вариант (номер варианта принимать по последней цифре номера зачетной книжки, например, вариант № 10 – для студентов, у которых номер зачетной книжки оканчивается на ноль).

5.2 Определение измерителей лесотранспорта

1. На миллиметровой бумаге (формат А4) в произвольном масштабе вычерчивают свой вариант расчетной схемы, приведенной в прил. Ю.

2. Устанавливают объем груза на каждом погрузочном пункте q_1, q_2, q_3, q_4 в процентном отношении к общему объему груза: $q_1 = 10\%$; $q_2 = 40\%$; $q_3 = 30\%$; $q_4 = 20\%$ и выписывают в расчетную схему.

3. На трассе дороги, запроектированной на карте, измеряют в масштабе длину участков (км): l_1, l_2, l_3 и т. д. Полученные данные записывают на расчетной схеме.

4. Принимают масштаб единицы объема груза (например, в 1 мм = 1000 м³ груза).

5. На этой миллиметровке строят график грузопотоков, как показано на рис. Э.4.8.

6. Производят расчет измерителей лесотранспорта [7]:

$$- Q_{\text{год}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{ тыс. м}^3;$$

$$- R = q_1 l_1 + q_2 (l_1 + l_2) + \dots + q_{n-1} l_{n-1} + q_n l_n, (\text{м}^3 \cdot \text{км})/\text{км};$$

$$- l_{\text{cp}} = \frac{R}{Q_{\text{год}}}, \text{ км};$$

$$- d = \frac{Q}{L}, \text{ м}^3/\text{м};$$

$$- L = l_1 + l_2 + \dots + l_n, \text{ км};$$

$$- \alpha = \frac{l_{\text{cp}}}{L};$$

$$- m = \frac{L}{l_{\text{cp}}}; \beta = \frac{l_{\text{д}}}{l_{\text{в}}}.$$

6 ТЯГОВО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ

6.1 Определение сил (Н), действующих на автопоезд во время его движения

$$F_k = \frac{1000N_e}{v_{II}} \eta \beta \gamma;$$

$$F_k = \frac{M_{кр}}{r_k} i_M \eta \beta \gamma;$$

$$F_{сц} = 1000 \varphi g P_{сц},$$

а также силы сопротивления движения и веса автопоезда.

6.2 Определение расчетной массы автопоезда (т, м³) и полезной нагрузки

$$Q_{бр} = \frac{F_k}{\omega + g i_p};$$

$$Q_{пол} = \frac{(Q_{бр} - P_a - P_{гр})}{\gamma}.$$

6.3 Определение производительности автопоезда (м³/смену) на вывозке леса и потребности в тяговом, прицепном составе и эксплуатационных материалах

$$\Pi_{см} = \frac{(T_{см} - t_{п.з}) k Q_{пол}}{120 \frac{l_{ср}}{v_{ср.техн}} + t_{пр}}.$$

Потребность в тяговом и прицепном составе по [5, с. 139].

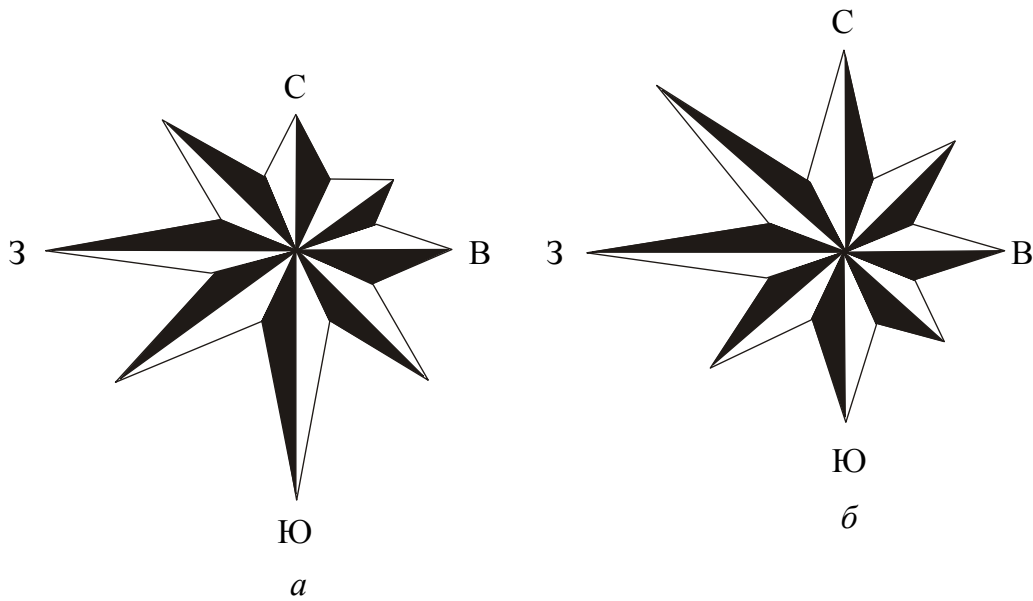
Потребность в эксплуатационных материалах (ТСМ, солидол, топливо, автол, нигрол и т. д.) по [5, с. 143].

6.4 Расчет скоростей движения и времени хода автопоезда методом эквивалентного продольного профиля

Методика расчета изложена в работе [9, с. 20]. Тяговые характеристики для некоторых автомобилей даны в прил. Я.

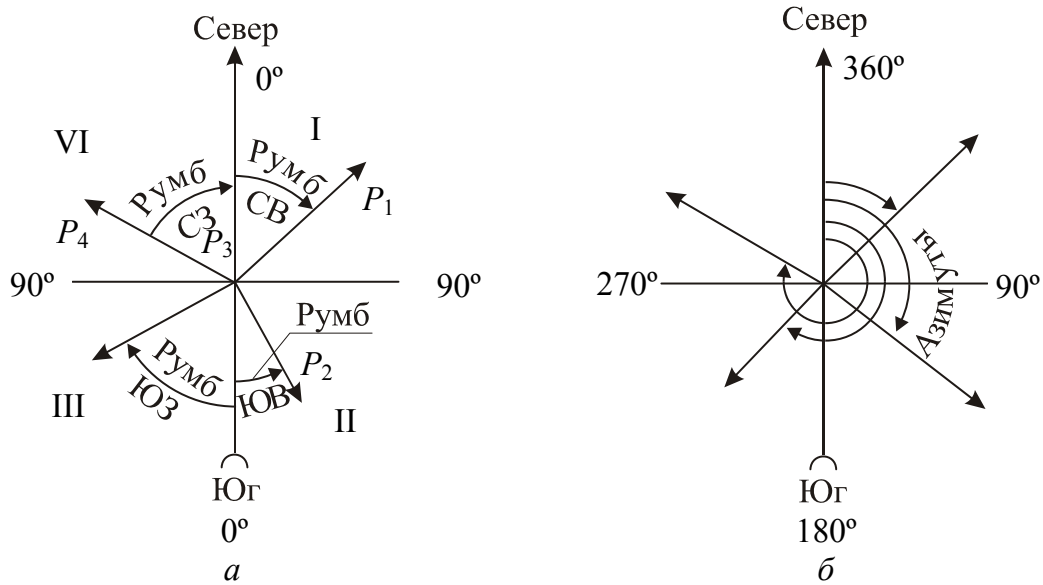
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А1



а – в январе; *б* – в июне.

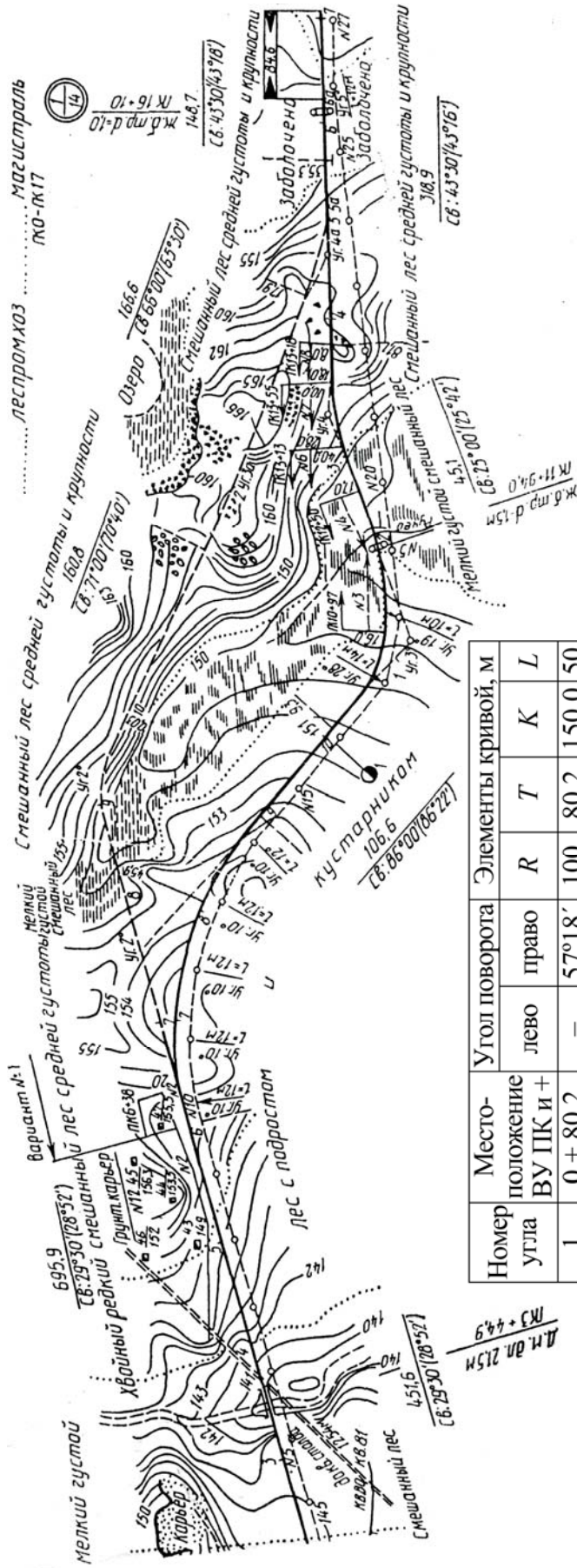
Рисунок А.1.1 – Роза ветров для г. Минска



а – румбы; *б* – азимуты.

Рисунок А.1.2 – Соотношение между углами, их румбами и азимутами

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А1



Номер угла	Место-положение ВУ ПК и +	Угол поворота		Элементы кривой, м		
		лево	право	R	T	K L
1	0 + 80,2	-	57°18'	100	80,2	150,0 50
2	7 + 16,2	-	57°30'	300	164,6	301,1 -
3	11 + 19,9	60°40'	-	150	110,6	203,8 45
4	13 + 20,1	-	17°36'	400	61,9	122,9 -
Вариант №1						
2a	9 + 25,9	-	41°48'	150	80,0	154,4 45
3a	12 + 6,2	5°10'	-	1000	45,1	90,2 -
4a	14 + 77,1	22°10'	-	200	59,2	117,4 40

Рисунок А.1.3 – Эталон плана трассы автомобильной лесной дороги

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А1

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет ТТЛП _____
Кафедра транспорта леса _____
Специальность ЛИД _____
Специализация Транспорт леса _____

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

по дисциплине «Проектирование лесных дорог» _____
Тема «Проект автомобильной лесной дороги» _____

Исполнитель:
студент(ка) IV курса группы _____
_____ подпись, дата _____ инициалы и фамилия

Руководитель
_____ должность, ученая степень, ученое звание _____
_____ подпись, дата _____ инициалы и фамилия

Курсовой проект защищен с оценкой _____
Руководитель _____
_____ подпись _____ инициалы и фамилия

Минск 20__

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А1

<p style="text-align: center;"><i>Примечания:</i> 1. Рамка для каждого раздела ПЗ. 2. В графе «листов» указывается количество страниц в пределах одного раздела</p>					<p>№ фамилии студента в списке группы ↓ Две последние цифры года, в котором оформляется проект ↓</p>			
КП 06 07 XX XX ПЗ								
					Наименование раздела			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>						У	1	
<i>Провер.</i>						БГТУ		
<i>Реценз.</i>						2 06 07 XX XX		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А1

<p><i>Примечания:</i> 1. Рамка для каждого листа ПЗ. 2. Нумерация листов ПЗ сквозная.</p>				
---	--	--	--	--

					КП 06 07 XX XX ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А1

Реферат

Пояснительная записка _с., _рис., _табл., _источников, _прил.
ДОРОГА, ТРАССА, ПЛАН, ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ,
ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ, ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА,
ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ, АВТОМОБИЛЬ,
АВТОПОЕЗД.

Целью выполнения курсового проекта является проектирование лесной автомобильной дороги.

На карте с горизонталями запроектирована автомобильная лесная дорога ... категории.

Разработан план, продольный и поперечные профили дороги и т. д.

.....
В результате разработан проект автомобильной лесной дороги с учетом требований, норм проектирования и обеспечения безопасности движения транспортных средств.

Графическая часть включает:

- | | |
|--|------------|
| – план трассы дороги | _____листа |
| – продольный профиль | _____листа |
| – поперечные профили земляного полотна | _____листа |
| – график грузопотоков | _____листа |
| – конструкция дорожной трубы в разрезе | _____листа |
| – поперечные профили дорожной одежды | _____листа |
| – расчетные и конструктивные схемы | _____листа |
| – иллюстрационный материал | _____листа |

ПРИЛОЖЕНИЕ А2

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет _____
Кафедра _____
Специальность _____
Специализация _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой

подпись инициалы и фамилия

«__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на курсовой проект (работу)
по дисциплине «Проектирование лесных дорог»

студенту(ке) IVк. 2гр. ЛИД

1. Тема _____

2. Сроки защиты _____

3. Исходные данные

1. Запроектировать автомобильную лесную дорогу между пунктами А и Б по требованиям к дороге _____ категории на карте с горизонталями $1 : M = 1 : 50000$.

2. Годовой объем вывозки _____ тыс. м³.

3. Количество дней работы в году _____.

4. Минимальный радиус круговой кривой _____ м.

5. Данные инженерной разведки:

а) местные грунты _____

б) дорожно-строительный материал покрытия _____

6. Глубина залегания грунтовых вод _____ м.
7. Дорожно-климатическая зона (в соответствии со своим районом).

8. Среднеголетняя глубина промерзания грунта _____ м.
9. Среднеголетняя толщина снежного покрова _____ м.
10. Тип автопоезда на вывозке леса _____ .
11. Режим протекания воды в трубе (безнапорный, полупорный, напорный) по расчету.

4. Содержание пояснительной записки курсового проекта (работы) (перечень вопросов, подлежащих разработке)

5. Перечень графического, иллюстрационного материала (с точным указанием обязательных чертежей, графиков и др.)

6. Консультанты (с указанием разделов)

7. Календарный график работы

8. Дата выдачи задания

Руководитель _____
подпись _____ инициалы и фамилия

Задание принял(а) к исполнению _____
дата и подпись студента(ки)

Примечание. Конкретные значения вышеуказанных исходных данных необходимо принять по табл. 1.1 прил. А3 в соответствии с вариантом.

СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

А. Графические материалы

- 1 План трассы на карте с горизонталями
- 2 График грузопотоков
- 3 Продольный профиль дороги (на миллиметровой бумаге)
- 4 Чертеж искусственного сооружения (на листе формата А3, можно на миллиметровой бумаге)
- 5 Характерные поперечные профили земляного полотна и дорожной одежды (масштаб 1 : 50)
- 6 Расчетные схемы, графики

Б. Пояснительная записка, включающая:

Реферат

Введение

I Проектирование плана трассы лесной автомобильной дороги

II Проектирование и расчет искусственных сооружений

III Проектирование продольного профиля дороги

IV Расчет и конструирование дорожной одежды

V Расчет измерителей лесотранспорта

VI Тягово-эксплуатационные расчеты

VII Научно-исследовательский раздел (по заданию руководителя)

VIII Охрана труда и техника безопасности

IX Охрана окружающей среды

Заключение

Список литературных источников

Приложения

Руководитель курсового проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ А3

Таблица А.1.1 – Исходные данные к курсовому проекту

Варианты Числа		Объемы вывозки (тыс. м ³) и запас на 1га (м ³) по вариантам									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дополнительная шкала	0	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
	0,5	250	105	110	100	120	125	130	115	140	135
	1	150	155	157	211	159	160	203	204	208	210
	1,5	170	173	175	207	180	184	183	189	190	192
	2	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
	2,5	214	215	216	217	218	219	220	191	193	194
	3	195	196	197	198	199	164	165	166	167	168
	3,5	169	172	174	176	178	178	179	181	182	185
	4	106	116	126	124	134	143	128	132	144	151
	4,5	157	163	174	147	168	186	175	179	182	177
	5	90	93	95	97	100	101	80	84	87	89
	5,5	101	102	103	104	106	107	109	108	121	122
	6	123	127	129	139	108	70	71	72	73	74
	6,5	75	76	77	78	79	153	154	157	158	159
	7	81	82	83	85	86	88	91	92	94	96
	7,5	211	212	213	221	222	223	224	226	227	228
	8	229	231	232	233	234	236	237	238	239	241
8,5	304	305	306	307	308	309	310	300	302	301	
9	312	315	316	217	318	319	320	321	322	325	

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А3

Окончание табл. А.1.1

Варианты Числа	Объемы вывозки (тыс. м ³) и запас на 1га (м ³) по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество дней работы в году	200	210	215	220	225	230	210	240	250	200
Тип автопоезда	ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	МАЗ-5434 + ГКБ-9883	МАЗ-64255 + ГКБ-9362	Урал-375Н + МАЗ-9008-10	КамАЗ-5410 + АПЛ-9970-16	МАЗ-5434 + МАЗ-9008	КрАЗ-255Л + АПЛ-9970-10	КрАЗ-260Л + МАЗ-9008-10	МАЗ-6303-26 сортиментовоз	МАЗ-6303-26 сортиментовоз
Способ вывозки	В хлыстах									
Минимальный <i>R</i> круговой кривой	125	150	200	250	100	90	80	70	50	300
Местный грунт (грунт земляного полотна)	Песок ср. круп.	Супесь легкая крупная	Супесь легкая	Супесь пылеватая	Суглинок легкий	Глина песчаная	Суглинок легкий пылеватый	Песок мелкозернистый	Суглинок тяжелый	Супесь легкая
Материал покрытия	Оптимальная смесь	Гравийное	Щебеночное	Грунт, обработанный битумом	Гравий, обработанный битумом	Гравийное	Щебеночное	Щебень, обработанный битумом	Грунт, обработанный битумом	Гравий, обработанный битумом

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А3

Правила пользования: 1. Номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки.

2. Объем вывозки леса (тыс. м³) соответствует точке пересечения номера варианта и числа, указанного на дополнительной шкале, которую находят как сумму двух последних цифр номера зачетной книжки, деленной на два.

3. Запас леса на 1 га соответствует точке пересечения номера варианта и последней цифре номера зачетной книжки, которую откладывают на дополнительной шкале.

4. Тип автомобиля, количество дней, тип грунта, R_{\min} , дорожное покрытие принимают по номеру варианта.

5. Пример пользования таблицей:

– допустим, номер зачетной книжки студента 06-248, следовательно, номер варианта – 8;

– объем вывозки древесины (тыс. м³) – точка пересечения номера варианта 8 с числом на дополнительной шкале, которое равно $4 + 8 = 12 : 2 = 6$, тогда объем вывозки будет равен 73 тыс. м³;

– запас древесины на 1 га есть точка пересечения номера варианта, т. е. 8 и последней цифры номера зачетки, т. е. 8, и в нашем случае запас древесины на 1 га будет равен 239 м³.

ПРИЛОЖЕНИЕ А4

РАЗВЕРНУТЫЙ ПЛАН КУРСОВОГО ПРОЕКТА

А. Графические материалы

- 1 План трассы на карте с горизонталями (с соответствующим оформлением)
- 2 График грузопотоков
- 3 Продольный профиль дороги (на миллиметровой бумаге)
- 4 Чертеж искусственного сооружения (на листе формата А3)
- 5 Характерные поперечные профили земляного полотна и дорожной одежды (масштаб 1 : 50, на миллиметровой бумаге)
- 6 Расчетные схемы, графики

Б. Пояснительная записка, включающая:

Реферат

Введение

1 Проектирование плана трассы лесной автомобильной дороги

1.1 Климатическая и грунтово-геологическая характеристика района строительства дороги

1.2 Нормы проектирования проектируемой дороги __ категории (дать в виде таблицы). Основные технические требования к проектированию лесных автомобильных дорог

1.3 Расчет проектных параметров лесной автомобильной дороги

1.3.1 Расчет ширины проезжей части дороги и земляного полотна

1.3.2 Обеспечение безопасности движения на кривых участках дороги: вираж, уширение, видимость и т. д.

1.3.3 Выбор состава автопоезда с обоснованием величины руководящего подъема

1.3.4 Сравнительный анализ результатов расчета с нормами (дать в виде таблицы и сделать вывод)

1.3.5 Трассирование вариантов трассы (не менее трех) на карте с горизонталями (произвести сравнение и обосновать выбранный вариант)

1.3.6 Оформление трассы выбранного варианта в соответствии с требованиями

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А4

2 Проектирование и расчет искусственных сооружений

2.1 Размещение водопропускных сооружений на трассе проектируемой дороги (на карте) с обозначением (очертанием) водосборной площади (синим карандашом) для каждого искусственного сооружения

2.2 Расчет расчетного расхода воды: ливневого и талых вод

2.3 Гидравлический расчет отверстия малого моста

2.4 Расчет диаметра железобетонной трубы и определение ее водопропускной способности

3 Проектирование продольного профиля дороги

3.1 Расчет отметок земли по трассе дороги протяженностью 5 км (по указанию руководителя)

3.2 Проектирование проектной линии продольного профиля

3.3 Расчет вертикальных кривых стандартным методом и вписывание их в продольный профиль дороги

3.4 Проектирование земляного полотна в поперечном профиле с проектированием водоотводных сооружений

3.5 Определение объемов земляных работ с построением кривой объемов

4 Расчет и конструирование дорожной одежды

4.1 Основные правила конструирования дорожных одежд

4.2 Определение прочностных характеристик материалов слоев дорожной одежды (дать в виде таблицы)

4.3 Составление расчетных схем дорожной одежды (не менее двух вариантов). № варианта смотри в методичке и прил. Ц

4.4 Расчет дорожной одежды на прочность по критерию упругого прогиба с проверкой на сдвиг в слоях дорожной одежды с определением толщины верхнего слоя (покрытия) или слоя, обозначенного вопросом (определить его толщину или модуль упругости)

5 Расчет измерителей лесотранспорта

5.1 Размещение подъездных путей лесной дороги и погрузочных пунктов на карте с горизонталями (расчетные схемы в прил. Ю)

5.2 Определение основных измерителей лесотранспорта

5.3 Построение графика грузопотоков

6 Тягово-эксплуатационные расчеты

6.1 Определение сил, действующих на автопоезд во время его движения

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А4

- 6.2 Определение расчетной массы автопоезда и полезной нагрузки
- 6.3 Расчет скорости движения и времени хода лесовозного автопоезда методом эквивалентного продольного профиля
- 6.4 Расчет сменной производительности автопоезда на вывозке леса
- 6.5 Расчет потребности в подвижном составе, ТСМ и авторезине
- 7 Научно-исследовательский раздел (по заданию руководителя)**

8 Охрана труда и техника безопасности

9 Охрана окружающей среды

Заключение

Список литературных источников

Приложения

Руководитель курсового проекта _____
подпись инициалы и фамилия

Задание на курсовой проект принял студент

подпись инициалы и фамилия

«__» _____ 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А5

График выполнения курсового проекта

№ раз-дела	Наименование раздела, подраздела	Дата представления	Примечание
	Реферат		
	Введение		
1	Проектирование плана (трассы) лесной автомобильной дороги: – подразделы 1.1; 1.2; 1.3; 1.3.1 – подразделы 1.3.2; 1.3.3; 1.3.4 – подраздел 1.4 – подразделы 1.5; 1.5.1; 1.5.2	26.09 6.09 13.09 18.09 26.09	
2	Проектирование и расчет искусственных сооружений: – подразделы 2.1; 2.2; 2.3 – подраздел 2.4 – подраздел 2.5 – подраздел 2.6 – подразделы 2.7; 2.8 – подраздел 2.9	23.10 4.10 7.10 11.10 15.10 19.10 23.10	
3	Проектирование продольного профиля дороги: – подраздел 3.1 – подраздел 3.2 – подразделы 3.3; 3.3.1; 3.3.2 – подраздел 3.3.3	18.11 30.10 6.11 12.11 18.11	
4	Расчет и конструирование дорожной одежды: – подразделы 4.1; 4.2 – подраздел 4.3	30.11 27.11 30.11	
5	Расчет измерителей лесотранспорта: – подраздел 5.1 – подраздел 5.2	6.12	
6	Тягово эксплуатационные расчеты: – подразделы 6.1; 6.2; 6.3 – подраздел 6.4	15.12 10.12 15.12	
7	Научно-исследовательский раздел	1.09–10.12	
8	Охрана труда и техника безопасности	18.12	
9	Охрана окружающей среды	18.12	
	Заключение, список используемой литературы	18.12	

Срок сдачи курсового проекта
на проверки и защита 20.12.20...г.

Ознакомлен, студент(ка) _____
(дата, подпись, фамилия)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1.2 – Повторяемость направлений ветра

Город	Повторяемость, %, направлений ветра от числа ветреных дней и штилей от числа дней в январе или июле								
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
	Январь								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витебск	6	5	7	15	21	18	20	8	6
Верхнедвинск	7	4	8	16	18	20	19	9	2
Лепель	7	4	7	13	24	18	17	10	3
Полоцк	5	4	10	12	23	17	19	10	2
Шарковщина	4	5	11	12	18	22	20	8	2
Минск	6	4	9	12	20	17	20	12	3
Вилейка	5	6	12	13	20	18	18	8	3
Борисов	6	6	8	12	17	22	18	11	1
Воложин	5	8	9	13	19	18	20	8	3
Марьино горка	6	5	10	14	17	18	19	11	1
Гродно	5	3	7	16	18	18	25	8	10
Лида	4	5	12	13	20	15	21	10	2
Новогрудок	6	3	8	12	19	21	22	9	2
Волковыск	4	3	10	18	17	10	20	0	3
Могилев	7	4	7	13	18	18	22	11	3
Горки	7	5	9	11	20	19	17	12	2
Славгород	8	6	11	10	20	21	17	7	4
Бобруйск	7	4	10	12	16	21	23	7	3
Брест	4	7	11	11	16	20	23	8	3
Барановичи	6	4	9	14	19	18	20	10	1
Пружаны	6	4	10	15	15	22	20	8	5
Пинск	6	5	11	13	14	15	26	10	6
Гомель	7	7	11	10	21	18	15	11	6
Жлобин	7	4	10	11	22	15	21	10	5
Василевичи	7	5	10	12	18	16	21	11	5
Житковичи	8	4	10	12	16	21	20	9	6
Брагин	7	4	12	13	15	15	24	7	6

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Окончание табл. Б.1.2

Июль									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витебск	12	11	9	10	12	14	20	12	14
Верхнедвинск	14	9	8	8	10	14	22	15	4
Лепель	17	8	7	7	16	13	16	17	7
Полоцк	13	9	10	7	14	14	22	11	10
Шарковщина	10	11	10	5	11	16	23	14	6
Минск	14	9	9	6	10	12	20	20	7
Вилейка	13	10	10	7	10	12	22	16	6
Борисов	14	12	9	6	10	13	19	17	2
Воложин	16	14	8	7	9	13	20	13	63
Марьиная горка	13	12	9	8	11	11	17	19	2
Гродно	14	6	5	6	10	12	27	20	18
Лида	13	11	9	8	11	10	18	20	5
Новогрудок	14	8	7	6	12	14	22	17	6
Волковыск	12	7	13	9	8	13	19	19	5
Могилев	13	11	9	8	9	12	21	17	12
Горки	12	10	11	8	11	11	18	19	5
Славгород	16	11	8	7	11	15	18	14	10
Бобруйск	14	10	10	7	9	15	22	13	8
Брест	13	8	9	5	9	14	25	17	7
Барановичи	15	10	7	7	11	12	20	18	4
Пружаны	15	9	8	7	10	14	20	17	10
Пинск	14	9	9	6	9	10	22	21	10
Гомель	13	10	10	7	10	12	17	21	12
Жлобин	13	9	9	8	12	12	20	17	10
Василевичи	13	10	9	6	11	13	20	18	14
Житковичи	16	7	8	7	8	15	22	17	11
Брагин	16	9	10	6	9	9	25	16	16

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1.3 – Нормы проектирования автомобильных лесных дорог

Нормы	Магистральи, категории				Ветки	Усы
	Iл	IIл	IIIл	IVл		
Минимальный годовой грузооборот, тыс. м ³	>1000	501–1000	151–500	<150	–	–
Расчетные скорости, км/ч (м/с): основные допускаемые на трудных участках в пересеченной местности	70 (19,4) 60 (16,7)	60 (16,7) 50 (13,9)	50 (13,9) 40 (11,1)	40 (11,1) 30 (8,3)	30 (8,3) 20 (5,6)	20 (5,6) 15 (4,2)
Ширина земляного полотна, м: в равнинной и пересеченной местностях	8,0	7,5	6,5	3,5	3,5	3,5
Количество полос движения	2	2	2	1	1	1
Минимальный радиус кривых при вывозке хлыстов: основной допускаемые на трудных участках в пересеченной местности	200 125	125 100	100 60	60 50	50 40	30 30
Расчетное расстояние видимости препятствий, м: основное допускаемые на трудных участках в пересеченной местности	150 125	125 100	100 75	75 50	50 30	30 25
Наибольшая допускаемая величина руководящего подъема, %: равнинный рельеф пересеченный	30 50	30 50	30 50	40 60	Как на магистральных	
Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м: выпуклых основные на трудных участках в пересеченной местности вогнутых основные на трудных участках в пересеченной местности	5000 4000 2000 1500	4000 2500 1500 1200	2500 1200 1200 1000	1200 600 1000 600	600 250 600 250	250 150 250 150
Допускаемые в исключительных случаях: в пересеченной местности	600	300	300	200	100	100

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ В

Примечания: 1. К трудным участкам пересеченной местности относится рельеф, состоящий из часто чередующихся глубоких долин с разницей отметок долин и водоразделов более 50 м на расстоянии более 0,5 км.

2. Для автомобилей с габаритной шириной более 2,75 м (с учетом коников) ширина земляного полотна проезжей части увеличивается на 0,5–1,0 м. Для дорог с колейным железобетонным покрытием однополосную дорогу можно проектировать при грузообороте более 150 тыс. м³/год.

3. Радиусы кривых в плане в нормальных условиях должны быть не менее 400 м, а на ветках, дорогах с колейным покрытием – не менее 150 м.

4. Ветки с грузооборотом более 150 тыс. м³/год и сроком действия более 5 лет проектируются по нормам магистрали III категории. Магистрали со сроком действия менее 5 лет с грузооборотом до 150 тыс. м³/год проектируются по нормам для веток.

5. Виражи назначаются при $R \leq 600$ м. На ветках и усах виражи можно не проектировать.

6. На правых поворотах в грузовом направлении применение радиусов кривых менее 100 м не допускается.

Таблица В.1.4 – Нормы проектирования автомобильных лесохозяйственных дорог

Показатели	Типы дорог		
	I	II	III
Интенсивность движения, авт./сут	≥ 25	< 25	Одиночные автомобили
Расчетная скорость движения, м/с:			
местность равнинная	16,7	16,7	11,1
пересеченная	11,1	8,4	5,5
Ширина земляного полотна, м	6,5	4,5	4,5
Ширина проезжей части, м	3,5	3,5	3,5
Радиус кривых в плане, м:			
основной	400	400	400
минимальный	125/60	125/30	60/20
Наибольшая величина продольного уклона, ‰	60/90	60/100	90/110
Минимальные радиусы вертикальных кривых, м:			
выпуклых	2500/1000	2500/600	1000/400
вогнутых	1500/300	1500/300	1000/100
Расчетное расстояние видимости, м:			
поверхности земли	75/50	75/40	50/25
встречного автомобиля	150/100	150/80	100/50

Примечание – В знаменателе приведены данные для пересеченного рельефа местности.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1.5 – Техническая характеристика лесовозных автомобилей

Показатели	ЗИЛ-130	ЗИЛ-131	Урал-375Н	Урал-43204	КамАЗ-5410	КамАЗ-5320	МАЗ-509	МАЗ-6303-26	МАЗ-5434	МАЗ-64255	КрАЗ-255Л	КрАЗ-6437	КрАЗ-260Л
Грузоподъемность, кН	50	35	70	65	81	80	55	132	68	250	80	115	92
Масса автомобиля без груза, т	4,3	6,46	7,7	8,35	6,8	7,08	8,8	11,3	9,05	13,0	11,67	11,94	13,54
Колесная формула	4×2	6×6	6×6	6×4	6×4	4×4	6×4	6×4	4×4	6×6	4×6	6×6	6×6
Масса нагруженного автомобиля, т	6,95	10,19	14,93	14,56	10,96	10,93	14,45	24,5	16,0	24,0	20,26	23,32	22,6
Максимальная мощность двигателя, кВт	110,3	110,3	132,5	154,4	154,4	154,4	132,4	243,0	176,5	243,0	176,5	236,5	220,8
Касательная сила тяги при $V = 0-10$ км/ч, Н	14 541	32 508	33 028	30 984	25 889	25 889	31 473	–	52 677	–	55 696	82 347	74 112
Расход топлива одиночного автомобиля на 100 км пробега, л	28	40	45	40	35	35	48	32	54	65	50	60	60
Максимальная скорость движения, км/ч	90	80	75	65	80	80	60	75	70	76	40	60	60
Габаритная ширина, мм	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 790	2 500	2 500	2 500	3 000	3 200	3 200
Расстояние между передним бампером и задней осью, м	–	5,0	5,5	–	5,0	–	5,0	7,35	–	6,58	6,5	–	6,5
Ширина колеи, мм, колес:													
передних	1 800	1 820	2 020	2 020	2 025	2 025	1 950	2 023	2 017	2 017	2 160	2 070	2 160
задних	1 790	1 820	2 020	2 020	1 850	1 850	1 900	–	1 792	–	2 160	1 830	2 160

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1.6 – Краткая техническая характеристика лесовозного прицепного состава

Показатель	Прицепы-ропуски				Полуприцепы		Полуприцеп-сортиментовоз МАЗ-99864	Прицеп-сортиментовоз МАЗ-83781-20	Прицеп МАЗ-8926-02	Прицеп шасси МАЗ-8925-02
	ТМЗ-802	ГКБ-9383	ГКБ-9362	МАЗ-9008	2-ПП-8	1-ПП-73				
Грузоподъемность, кН	80	150	140	135	80	130	30	150	82	90
Общая масса, т	2,47	4,15	4,15	4,5	1,89	3,25	8,0	5,0	3,8	3,0
База, мм	1200	1350	1400	1320	1200	–	3190	5385	3700	3700
Ширина между стойками коника, мм	2700	2278	2278	2240	2390	2680	2240	2240	2130	–
Погрузочная высота, мм	1530	1670	1750	1610	1630	1646	3400	3400	1440	1140
Базовый автомобиль	ЗИЛ-130, ЗИЛ-131	МАЗ, КрАЗ, КамАЗ	ЗИЛ	МАЗ, КамАЗ, Урал	Для всех типов					

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1.7 – Технические характеристики автопоездов для перевозки сортиментов

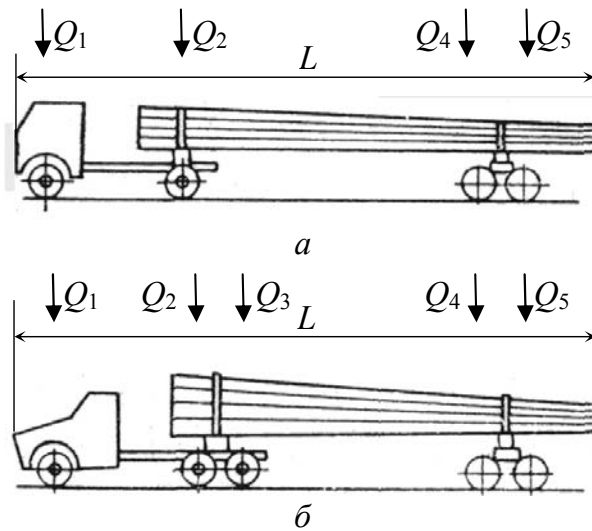
Наименование показателей	МАЗ-63171 + ТМЗ-8966-015	МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781	МАЗ-6303 + ТМЗ-8966-015	МАЗ-630308-226 + МАЗ-83782	КамАЗ-53212 + СЗАС-8357	КамАЗ-44110 + МАЗ-99869	Волат-79093 + В-33851	МЗКТ-6903 + МЗКТ-61011	Урал-4320-1912 + ТМЗ-8966-010
Базовый автомобиль	МАЗ-63171	МАЗ-6303-26	МАЗ-6303	МАЗ-630308-226	КамАЗ-53212	КамАЗ-44110	Волат-79093	МЗКТ-6903	Урал-4320-1912
Прицеп	ТМЗ-8966-015 трехосный	МАЗ-83781 двухосный	ТМЗ-8966-015 трехосный	МАЗ-83782 трехосный	СЗАС-8357 двухосный	МАЗ-99869 трехосный полуприцеп	В-33851 двухосный	МЗКТ-61011	ТМЗ-8966-010 двухосный
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	265 (360)	242,6 (330)	242,6 (330)	294 (400)	154,2 (210)	191 (260)	346 (470)	309 (420)	176 (240)
Колесная формула автомобиля	6×6	6×4	6×4	6×4	6×4	6×8	8×8	8×4	6×6
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	13 800	13 000	13 000	13 700	10 800	8 850	22 000	18 000	11 200
Масса прицепа, кг	6 000	5 000	6 500	6 500	4 000	8 000	8 000	10 000	4 600
Масса (объем) сортиментов, перевозимых автомобилем, кг (м ³)	13 200 (16,5)	15 000 (18,75)	13 500 (16,88)	13 800 (17,25)	7 000 (8,75)	–	22 000 (27,5)	17 800 (26,5)	9 600 (12)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Д

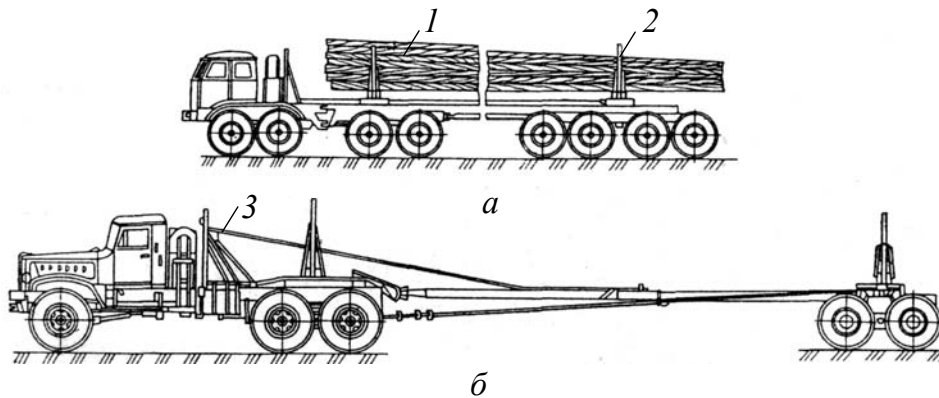
Окончание табл. Д.1.7

Наименование показателей	МАЗ-63171 + ТМЗ-8966-015	МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781	МАЗ-6303 + ТМЗ-8966-015	МАЗ-630308-226 + МАЗ-83782	КамАЗ-53212 + СЗАС-8357	КамАЗ-44110 + МАЗ-99869	Волат-79093 + В-33851	МЗКТ-6903 + МЗКТ-61011	Урал-4320-1912 + ТМЗ-8966-010
Полная масса автомобиля с грузом, кг	27 000	28 000	26 500	27 500	17 800	19 000	44 000	35 800	20 800
Масса (объем) перевозимых прицепом сортиментов, кг (м ³)	22 000 (27,5)	15 000 (18,75)	21 500 (26,88)	22 000 (27,5)	8 500 (8,63)	25 300 (31,63)	17 150 (21,44)	22 000 (26,5)	11 400 (14,25)
Масса (объем) сортиментов, перевозимых автопоездом, кг (м ³)	35 200 (44)	30 000 (37,5)	35 000 (43,5)	35 800 (44,75)	15 500 (19,38)	25 300 (31,63)	39 150 (48,88)	39 800 (48,0)	21 000 (26,25)
Полная масса автопоезда с грузом, кг	55 000	48 000	54 900	56 000	30 300	42 150	69 150	67 800	36 800
Максимальная скорость движения, км/ч	90	75	108	80	90	80	75	75	75
Удельная мощность, кВт/т (л. с./т)	4,82 (6,54)	5,05 (6,88)	4,47 (6,00)	5,25 (7,14)	5,09 (6,93)	4,51 (6,17)	5,00 (6,79)	4,6 (6,1)	4,78 (6,52)
Коэффициент сцепного веса	0,49	0,416	0,363	0,392	0,43	0,401	0,638	0,31	0,565
Максимальная нагрузка на ось, т	10,0	10,0	10,0	9,5	6,5	9,0	12,5	10,4	7,5
Гидроманипулятор: максимальный вылет не менее, м	7,1	7,1	7,1	9,6	7,1	7,3	7,1	8,0	7,1
грузоподъемный момент не менее, кН·м	65	65	65	10,3	65	70	65	70	65

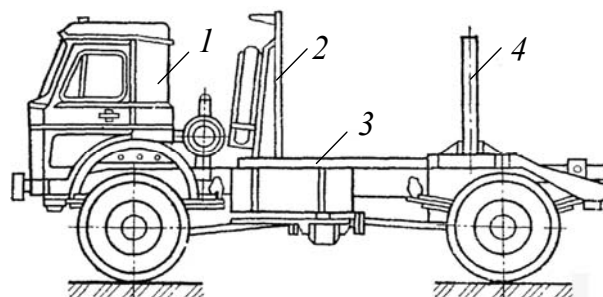
ПРИЛОЖЕНИЕ Е



a – МАЗ-509 + ГКБ-9383-011, МАЗ5434 + ГКБ-9383-011;
б – КрАЗ-260Л + ГКБ-9383-010, КрАЗ-255Л + ГКБ-9383-010,
 Урал-375Н + ГКБ-9383011, ЗИЛ-131 + ТМЗ-802, МАЗ-515Л + ГКБ-9383-011.
 Рисунок Е.1.4 – Схемы распределения нагрузки от колесных автопоездов

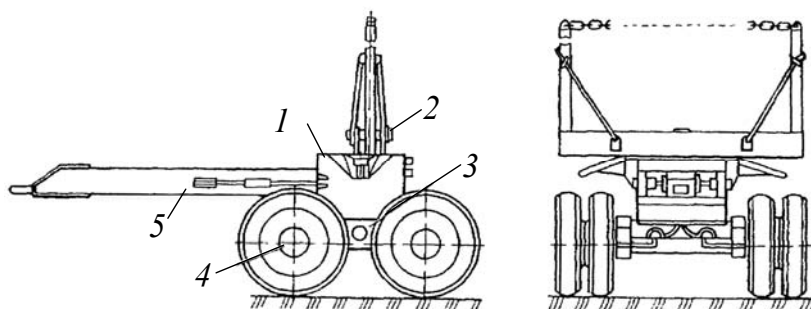


1 – пачка хлыстов; *2* – четырехосный прицеп-ропуск;
3 – система управления прицепом-ропуском.
 Рисунок Е.1.5 – Схема автопоезда на базе автомобиля КрАЗ 8×8 (*a*) и КрАЗ-260Л (*б*)



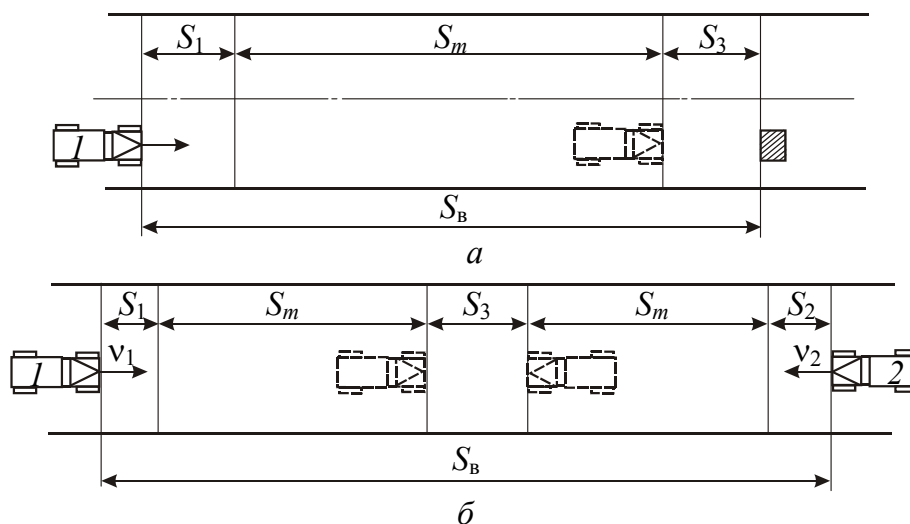
1 – кабина; *2* – щит; *3* – рама; *4* – коник.
 Рисунок Е.1.6 – Лесовозный автомобиль-тягач МАЗ-5434

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Е



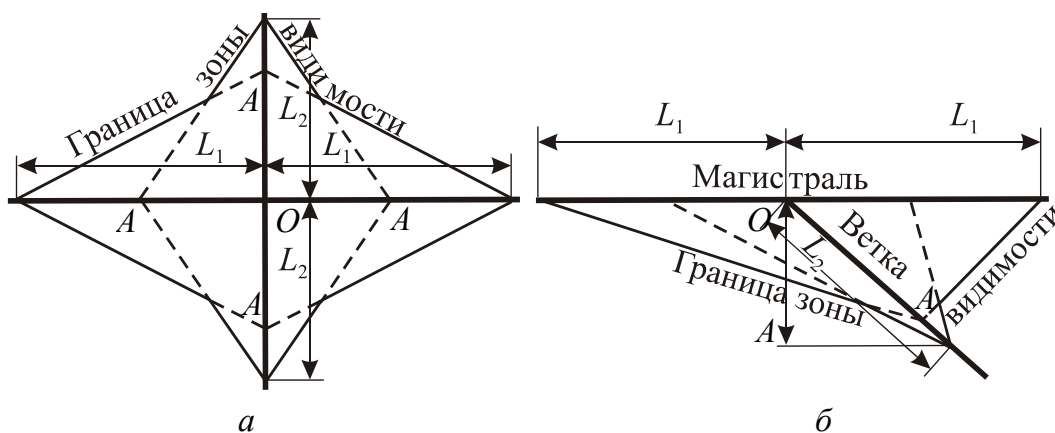
1 – рама; 2 – коник; 3 – балансирующая тележка; 4 – ось с колесами; 5 – дышло.

Рисунок Е.1.7 – Прицеп-ропуск



a – поверхности дороги; *б* – встречного автомобиля.

Рисунок Е.1.8 – Схема для определения расстояния видимости



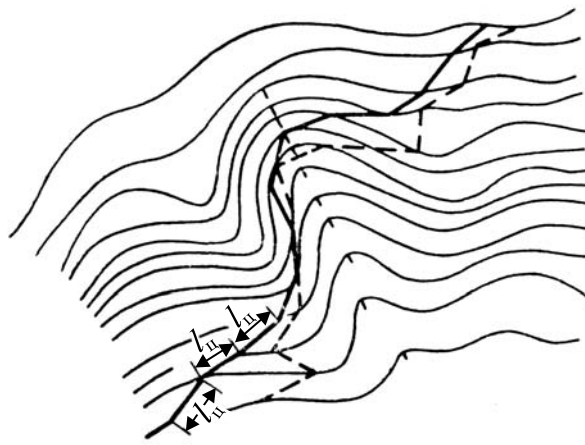
a – пересечение дорог; *б* – примыкание одной дороги к другой;

OA – минимальное нормативное расстояние видимости;

L_1, L_2 – расчетное расстояние видимости.

Рисунок Е.1.9 – Графический способ определения границ зоны видимости

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж



- правильная трассировка
- - - неправильная трассировка

Рисунок Ж.1.10 – Трассирование участка стесненного хода по плану в горизонталях

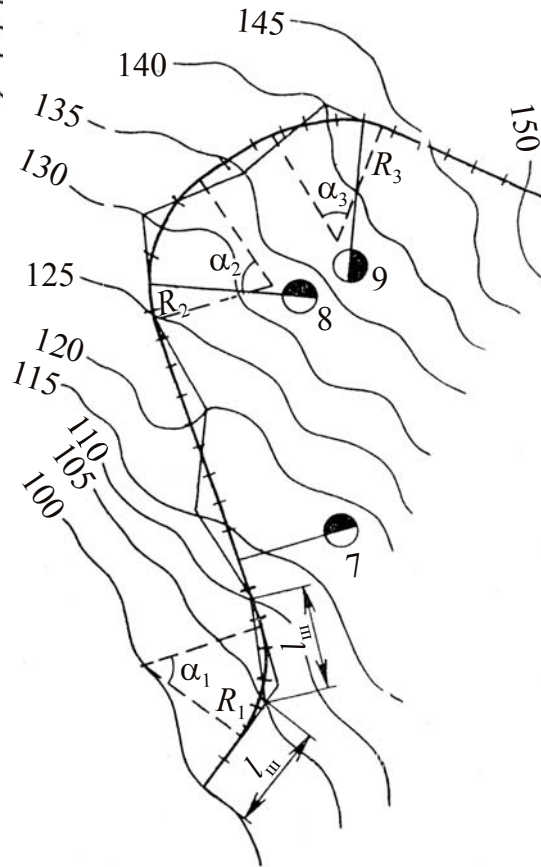


Рисунок Ж.1.11 – Трассирование лесной дороги по карте

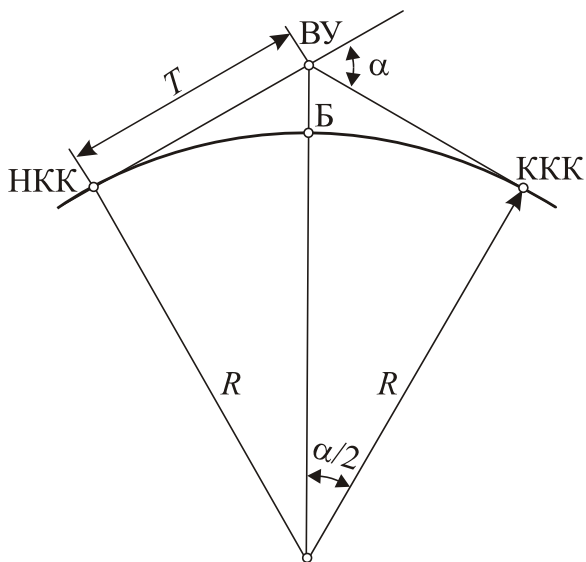


Рисунок Ж.1.12 – Элементы и главные точки круговой кривой

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1.8 – Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Номер угла поворота	Вершина угла		Величина угла поворота		Элементы кривых					Начало кривых		Конец кривых		Длина прямых	Расстояние между вершинами углов	Длина прямых		Примечание	
	ПК	+	влево	вправо	R	T	K	Б	Д	ПК	+	ПК	+			вычисленные	наблюдаемые		
																			1. Длина прямой вставки между углами поворота равна разности пикетажа начала последующей кривой и конца предыдущей кривой. 2. Расстояние между вершинами углов равно сумме прямой вставки и двух прилегающих к ней тангенсов или разности пикетажа соседних вершин углов плюс домер предыдущей кривой

- Проверки:*
1. Сумма углов вправо минус сумма углов влево равна разности азимутов конечного и начального участков трассы.
 2. Сумма прямых и кривых равна длине трассы по пикетажу.
 3. Сумма прямых плюс удвоенная сумма тангенсов равна сумме расстояний между вершинами углов.
 4. Сумма расстояний между вершинами углов минус сумма домеров равна длине трассы по пикетажу.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

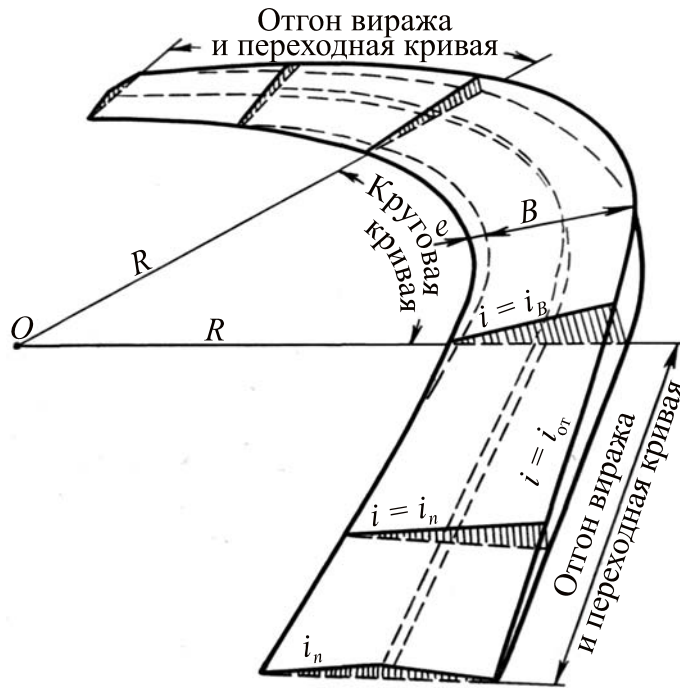


Рисунок И.1.13 – Общий вид виража

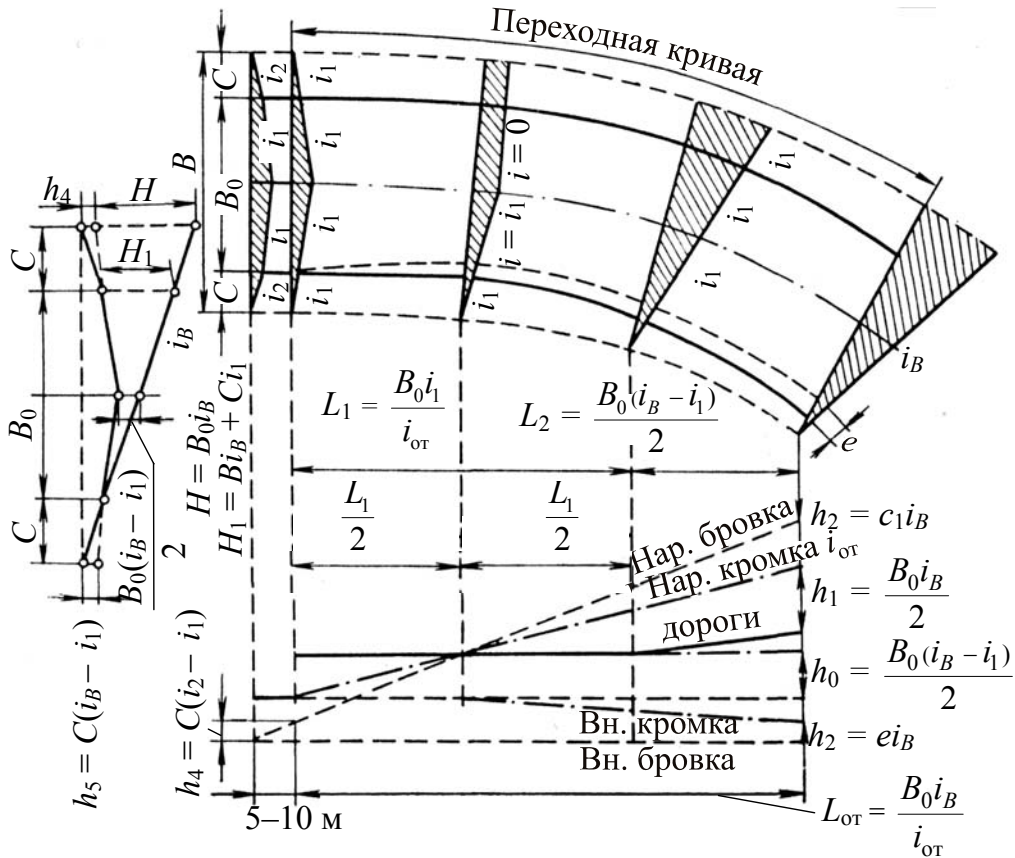
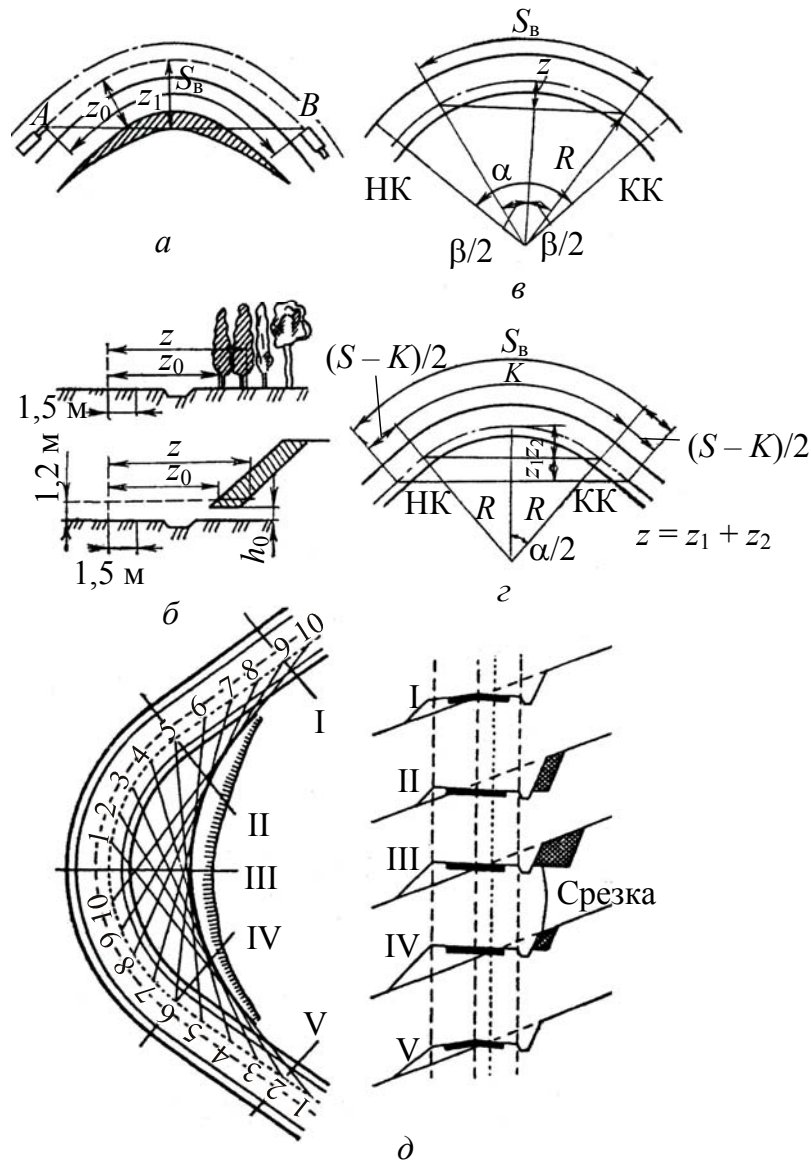
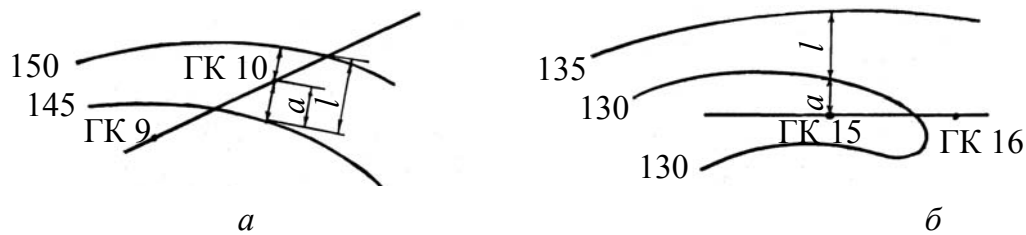


Рисунок И.1.14 – Устройство виража

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(обязательное)

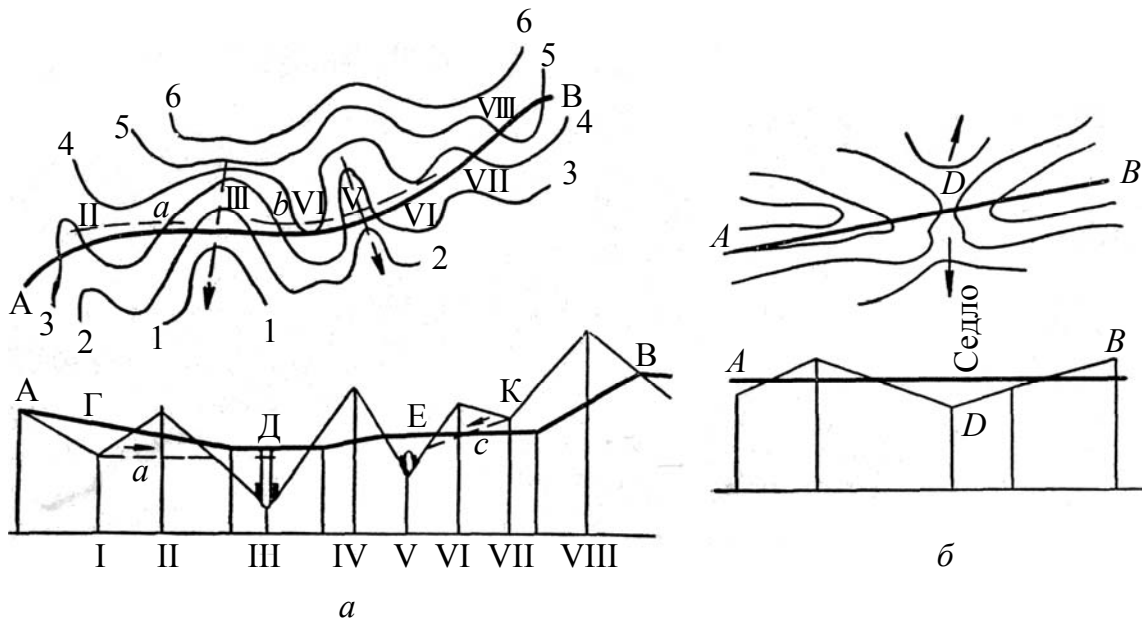


a – зона, подлежащая расчистке или срезке (заштрихована) в плане;
б – то же в поперечном профиле; *в* – расчетная схема видимости кривых при $S_B \leq K$;
г – расчетная схема видимости кривых при $S_B > K$; *д* – графический расчет.
 Рисунок К.1.15 – Обеспечение видимости на кривых

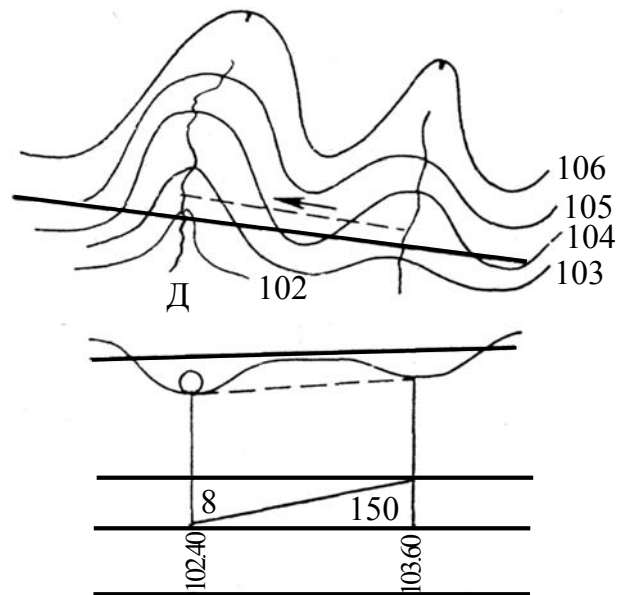


a – метод интерполяции; *б* – метод экстраполяции.
 Рисунок К.1.16 – Определение отметок земли

ПРИЛОЖЕНИЕ Л



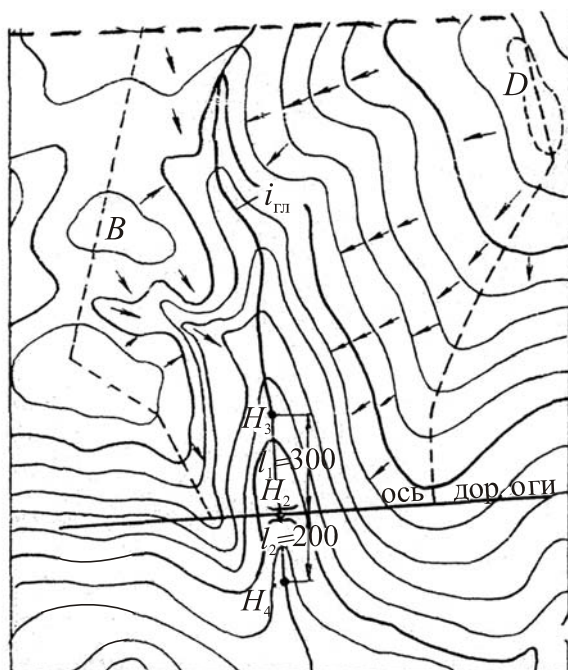
a – переломы продольного профиля с размещением сооружений;
б – седловина, в которой искусственное сооружение устраивать не требуется.
 Рисунок Л.2.1 – Размещение малых искусственных сооружений на трассе дороги



a – план водоотводной канавы;
б – продольный профиль.

Рисунок Л.2.2 – Схема отвода воды из одного водосборного бассейна в другой с уменьшением количества водопропускных сооружений

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Л

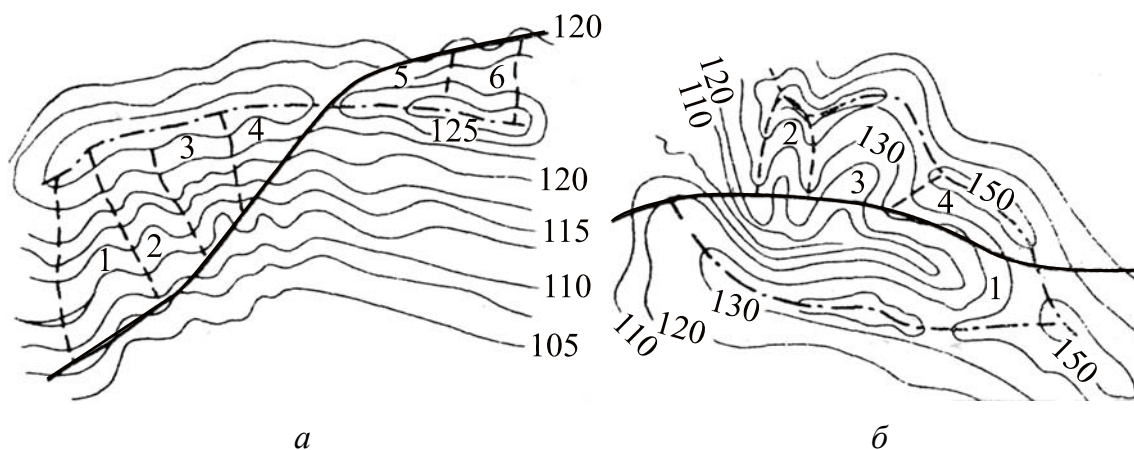


$$i_{\text{гл}} = \frac{H_1 - H_2}{L_A};$$

$$i_p = \frac{H_3 - H_4}{500}$$

$i_{\text{гл}}$ – уклон главного лога; i_p – уклон русла.

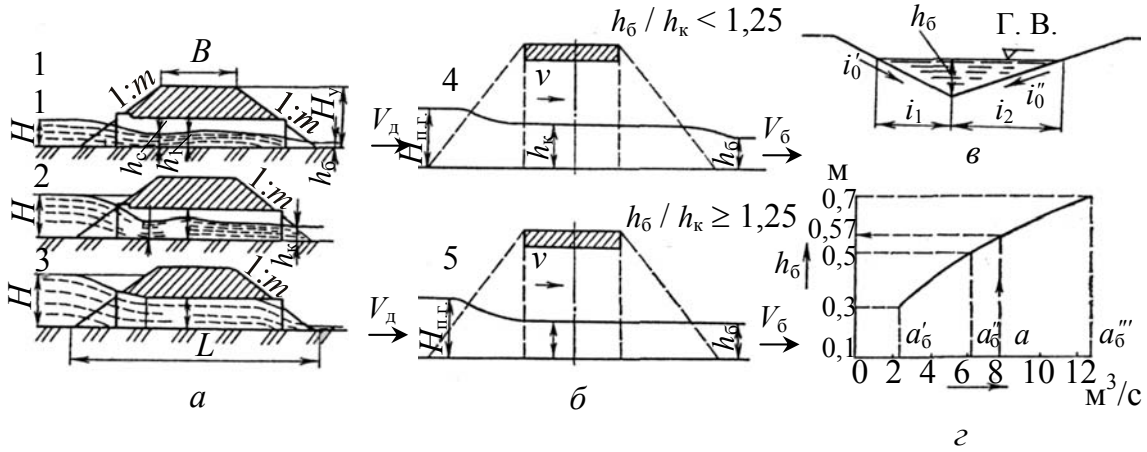
Рисунок Л.2.3 – Бассейн малого водопропускного сооружения на карте или плане в горизонталях



а – простых по конфигурации; *б* – сложного бассейна.

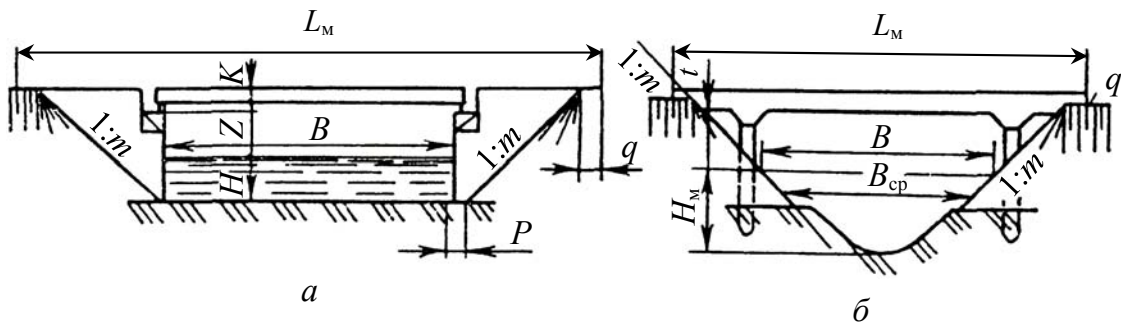
Рисунок Л.2.4 – Установление границ водосборных бассейнов (римскими цифрами указаны номера бассейнов); линией «пунктир-точка» показаны главные (продольные) водоразделы, пунктирными линиями – частные (поперечные) водоразделы)

ПРИЛОЖЕНИЕ М
(обязательное)



a – через дорожные трубы; *б* – через малые искусственные сооружения;
в – поперечное сечение лога; *г* – кривая расходов;
 1 – безнапорный режим протекания воды в дорожной трубе; 2 – полунапорный;
 3 – напорный; 4 – незатопленный водослив; 5 – затопленный водослив.

Рисунок М.2.5 – Гидравлические схемы протекания воды



a – бетонный; *б* – деревянный.
 Рисунок М.2.6 – Схемы мостов

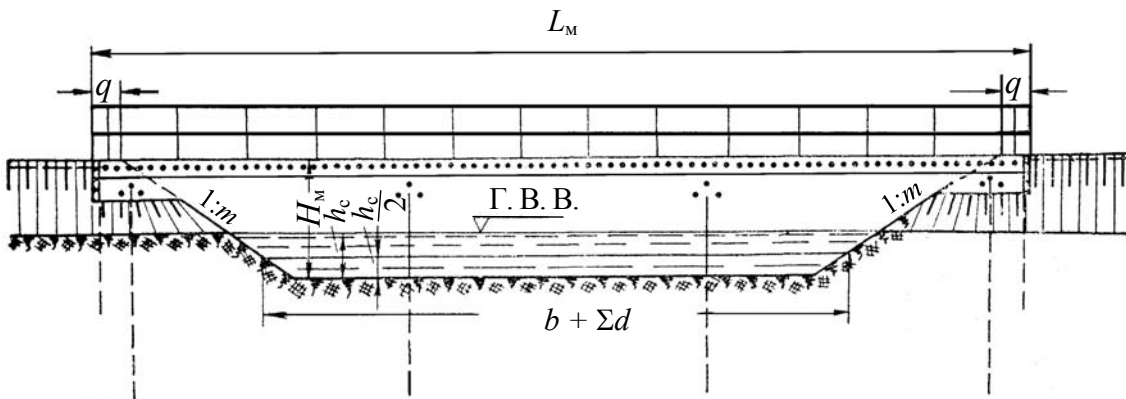
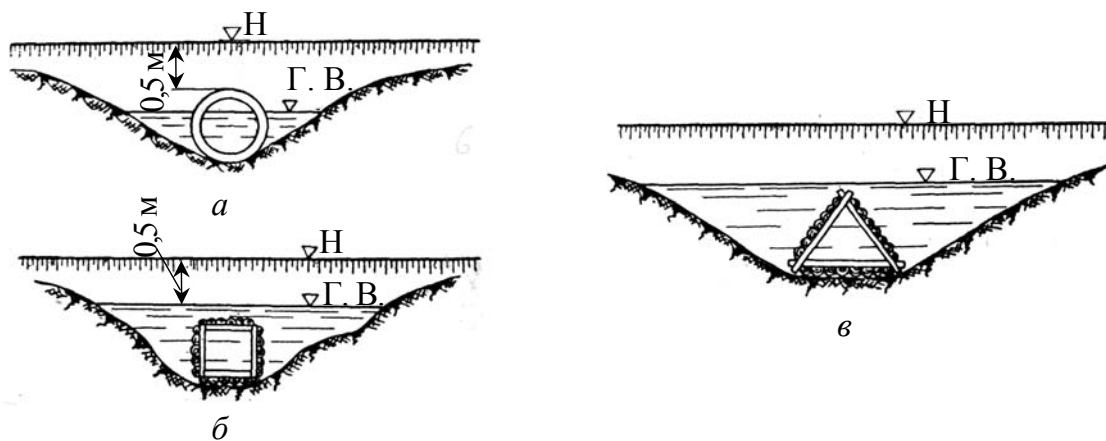


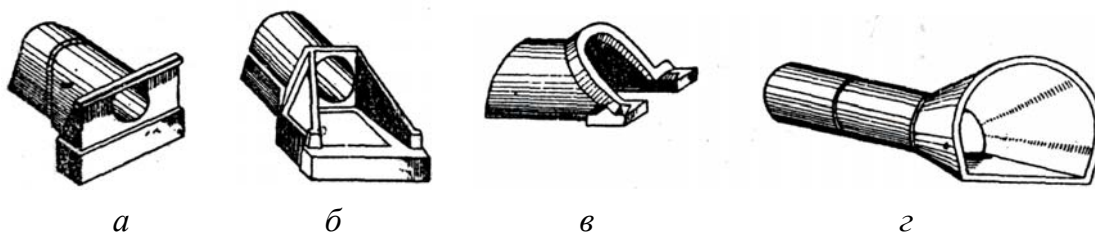
Рисунок М.2.7 – Расчетная схема для определения длины моста

ПРИЛОЖЕНИЕ Н (обязательное)



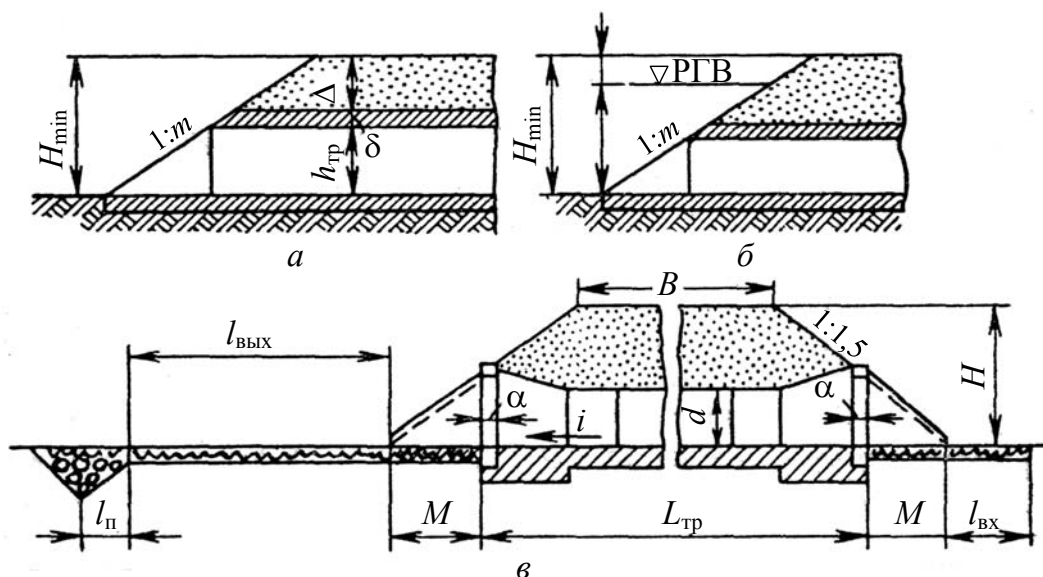
a – круглой трубы (безнапорной); *б* – прямоугольной (напорной);
в – треугольной (напорной).

Рисунок Н.2.8 – Поперечные сечения водопропускных труб



a – портальный; *б* – раструбный; *в* – воротниковый; *г* – обтекаемый.

Рисунок Н.2.9 – Типы оголовков труб



a – для определения минимальной рабочей отметки насыпи над безнапорной трубой; *б* – то же, над полунапорной или напорной трубой;
в – продольного разреза трубы и укрепления русла за сооружением; *г* – перепада.

Рисунок Н.2.10 – Схемы

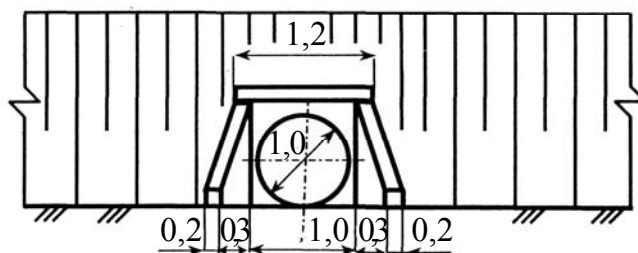
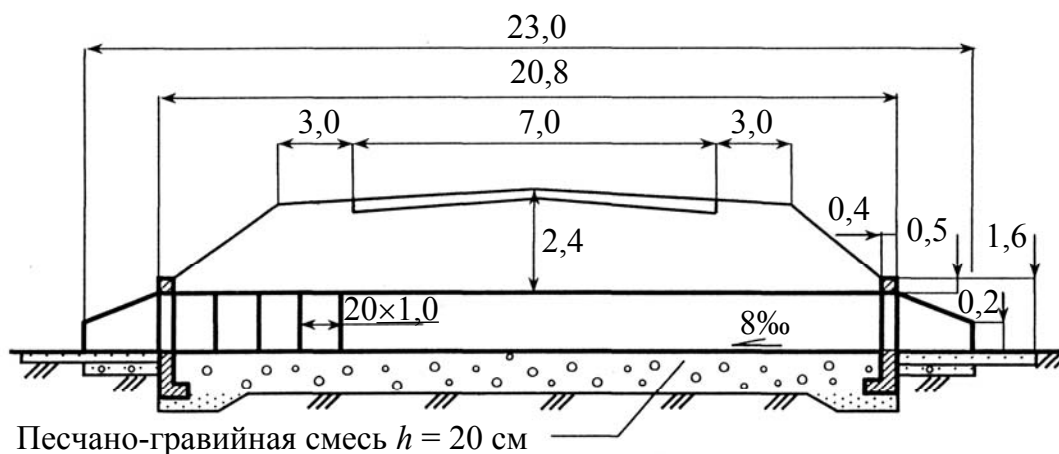
Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Н

КАРТОЧКА № 2662

водопрпускной трубы км 2 + 662 автомобильной дороги Подъезд от а/д
Минск – Гродно к г. Воложину

Наименование организации	ДЭУ-61	Тип укрепления входного русла	Каменная наброска
Название водотока	суходол		
Материал звеньев трубы	железобетон	Тип укрепления выходного русла	Каменная наброска
Отверстие, м	1,0		
Длина трубы, м	20,8	Тип укрепления откосов	Грунт
Открылок + длина звена количество звеньев + открылок	1,1 + 1,0 · 20 + 1,1		
Высота насыпи у трубы, м	3,5	Год строительства	—
Высота насыпи над трубой, м	2,4	Год последнего капитального ремонта	—
Уклон лотка трубы, ‰	8		
Толщина стенок трубы, м	0,1	Наличие дефектов на момент технического учета	—
Тип фундамента трубы	ПГС		

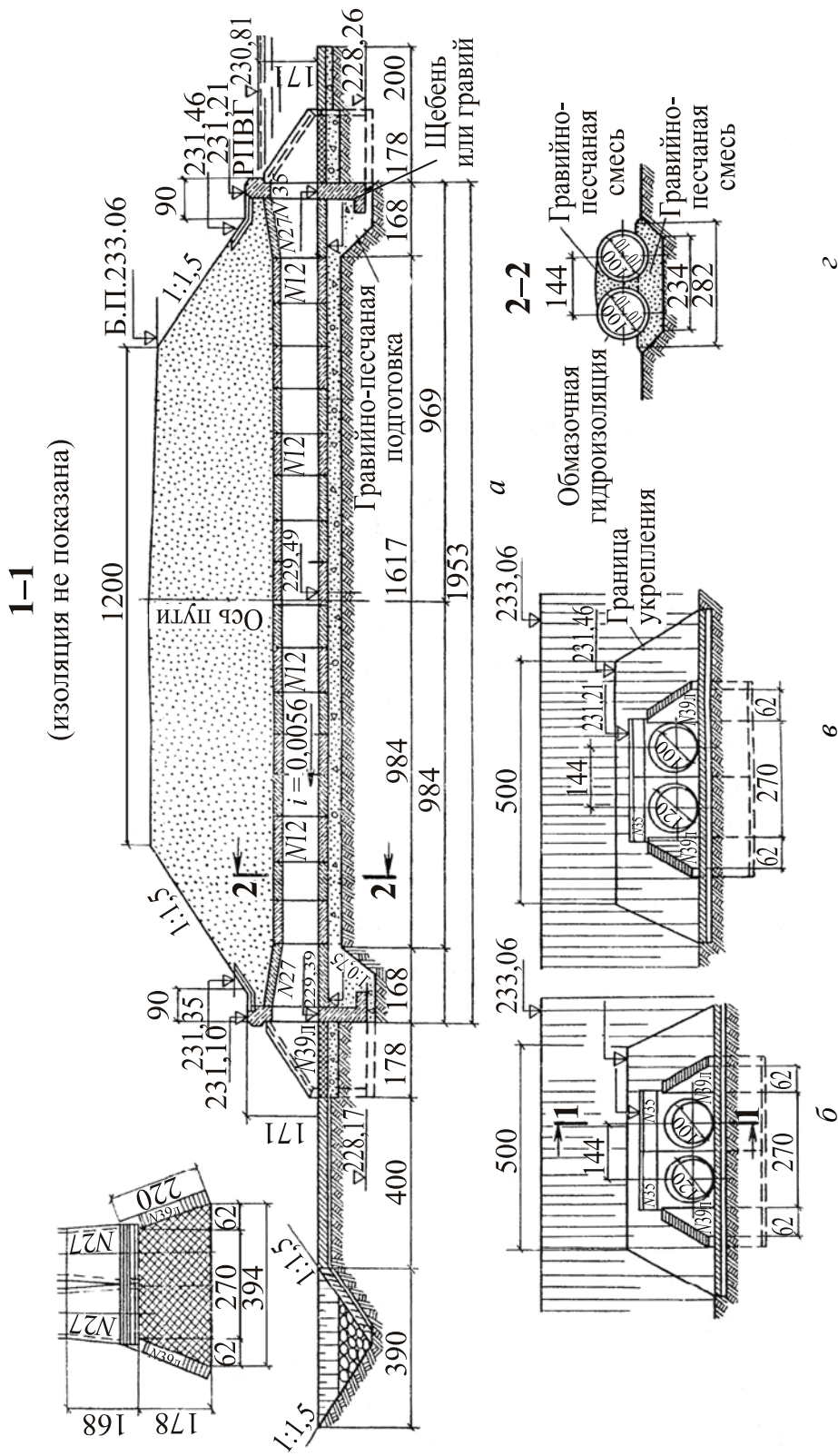
Схема трубы



Дата обследования: 26.03.2000 г. Карточку составил: Нелюбова Н. Л.

Рисунок Н.2.11 – Карточка водопрпускной трубы

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Н



а – продольный разрез; б – фасад выходного оголовка; в – то же, входного оголовка; г – сечение трубы.
Рис. Н.2.12. – Дорожная двухчочковая труба

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Таблица П.2.1 – Данные для расчета труб

Диаметр трубы, м	Безнапорный режим			Диаметр трубы, м	Безнапорный режим		
	Расход, м ³ /с	Подпор, м	Скорость, м/с		Расход, м ³ /с	Подпор, м	Скорость, м/с
Портальный оголовок				1,50	2,50	1,19	2,90
0,75	0,20	0,41	1,40		3,00	1,32	3,00
	0,40	0,62	1,70		3,50	1,45	3,20
	0,60	0,79	2,00		3,90	1,54	3,30
	0,74	0,90	2,20		4,50	1,63	3,50
Раструбный оголовок с цилиндрическим входным звеном					2,00	5,00	1,81
1,00	0,60	0,68	2,10	4,50		1,47	3,20
	0,80	0,81	2,30	5,00		1,55	3,30
	1,00	0,93	2,40	5,50		1,65	3,40
	1,20	1,05	2,60	6,00		1,73	3,50
	1,40	1,16	2,80	6,50		1,81	3,60
Раструбный оголовок с коническим входным звеном				7,00		1,90	3,70
1,00	0,80	0,57	1,40	7,50		1,98	3,80
	1,00	0,84	2,40	8,00		2,06	3,90
	1,40	1,03	2,70	8,50		2,14	4,00
	1,65	1,14	2,90	9,00		2,22	4,10
	2,00	1,31	3,30	9,50		2,31	4,20
1,25	1,00	0,77	2,20	10,00		2,38	4,30
	1,50	0,95	2,50	11,00		2,46	4,30
	2,00	1,13	2,70				
	2,50	1,29	3,00				
	3,00	1,46	3,30				
	3,50	1,61	3,50				

Таблица П.2.2 – Данные для расчета труб

Диаметр трубы, м	Полунапорный режим			Диаметр трубы, м	Напорный режим		
	Расход, м ³ /с	Подпор, м	Скорость, м/с		Расход, м ³ /с	Подпор, м	Скорость, м/с
Портальный оголовок				Обтекаемый конический оголовок			
1,0	1,60	1,30	3,30	1,00	3,0	1,66	4,20
	2,00	1,80	4,10		3,50	2,02	5,00
	2,40	2,34	4,90	1,25	5,00	1,96	4,50
	2,80	2,95	5,70		6,00	2,45	5,40
	3,00	3,16	6,00	1,50	7,00	2,24	4,40
			8,0		2,40	5,00	
			8,5		2,58	5,30	

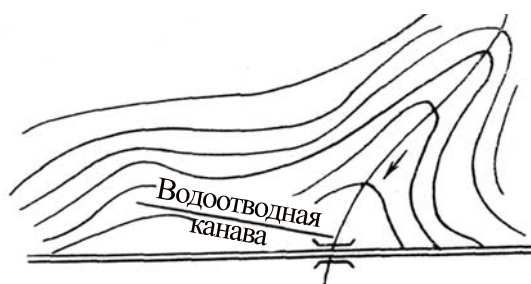
ПРИЛОЖЕНИЕ Р
(обязательное)



a



б



в

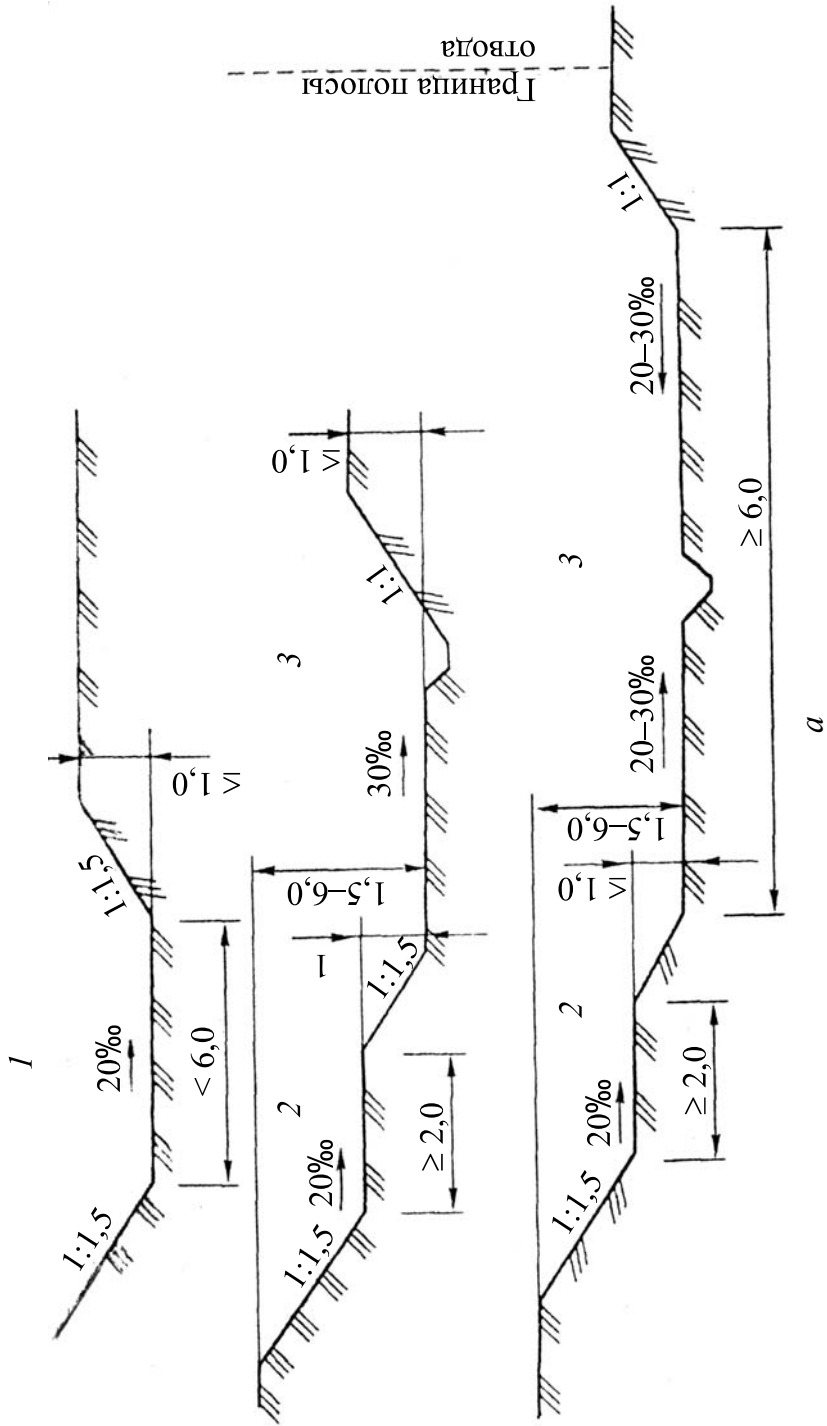


г

a – односторонняя поперечная канава;
б – двусторонние поперечные канавы;
в – продольная канава; *г* – нагорные канавы.

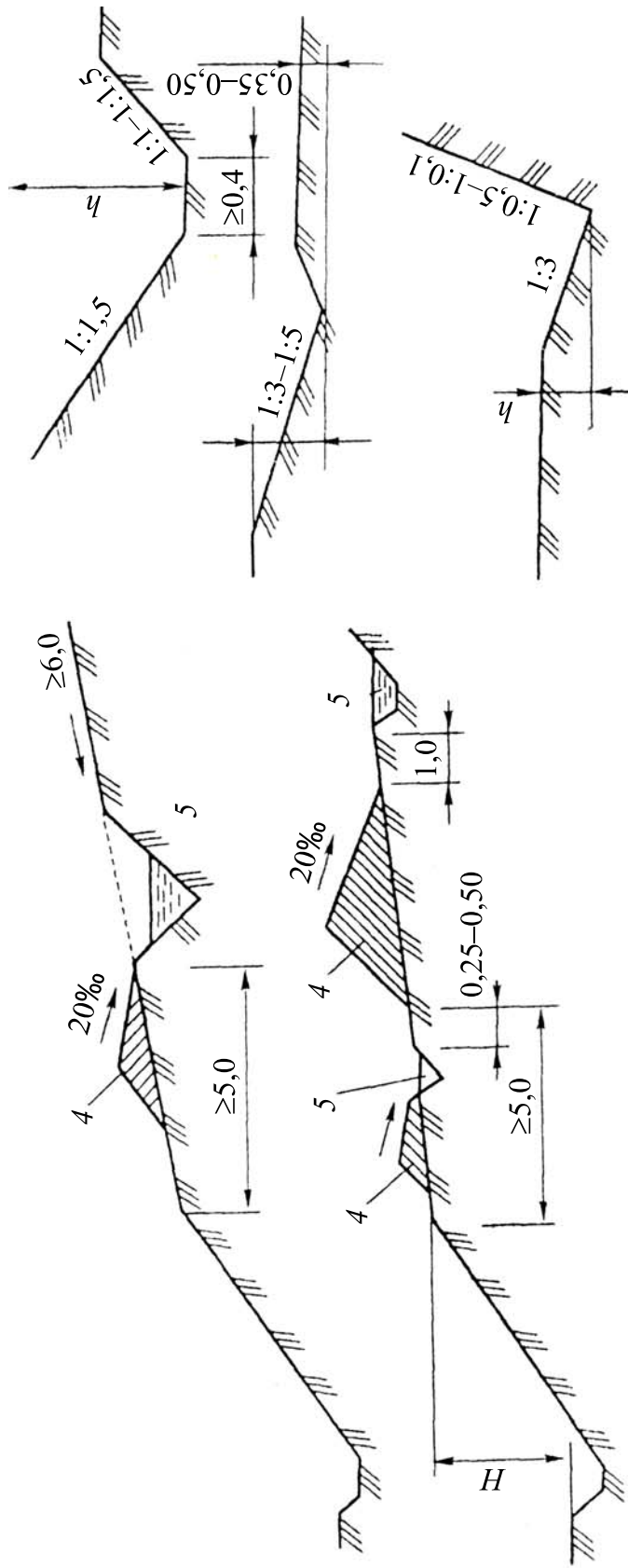
Рисунок Р.2.13 – Схемы устройства
 водоотводных канав

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Р



1 – кювет-резерв; 2 – берма; 3 – резерв;
 а – каналы, совмещенные с боковыми резервами.
 Рисунок Р.2.14 – Виды водоотводных канав (начало, см. также с. 91)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Р



б

в

4 – банкет; 5 – нагорная канава.
 б – нагорные каналы у выемок;
 в – трапецеидальные и треугольные боковые каналы.
 Рисунок Р.2.14 (окончание, см. также с. 90)

ПРИЛОЖЕНИЕ С
(обязательное)

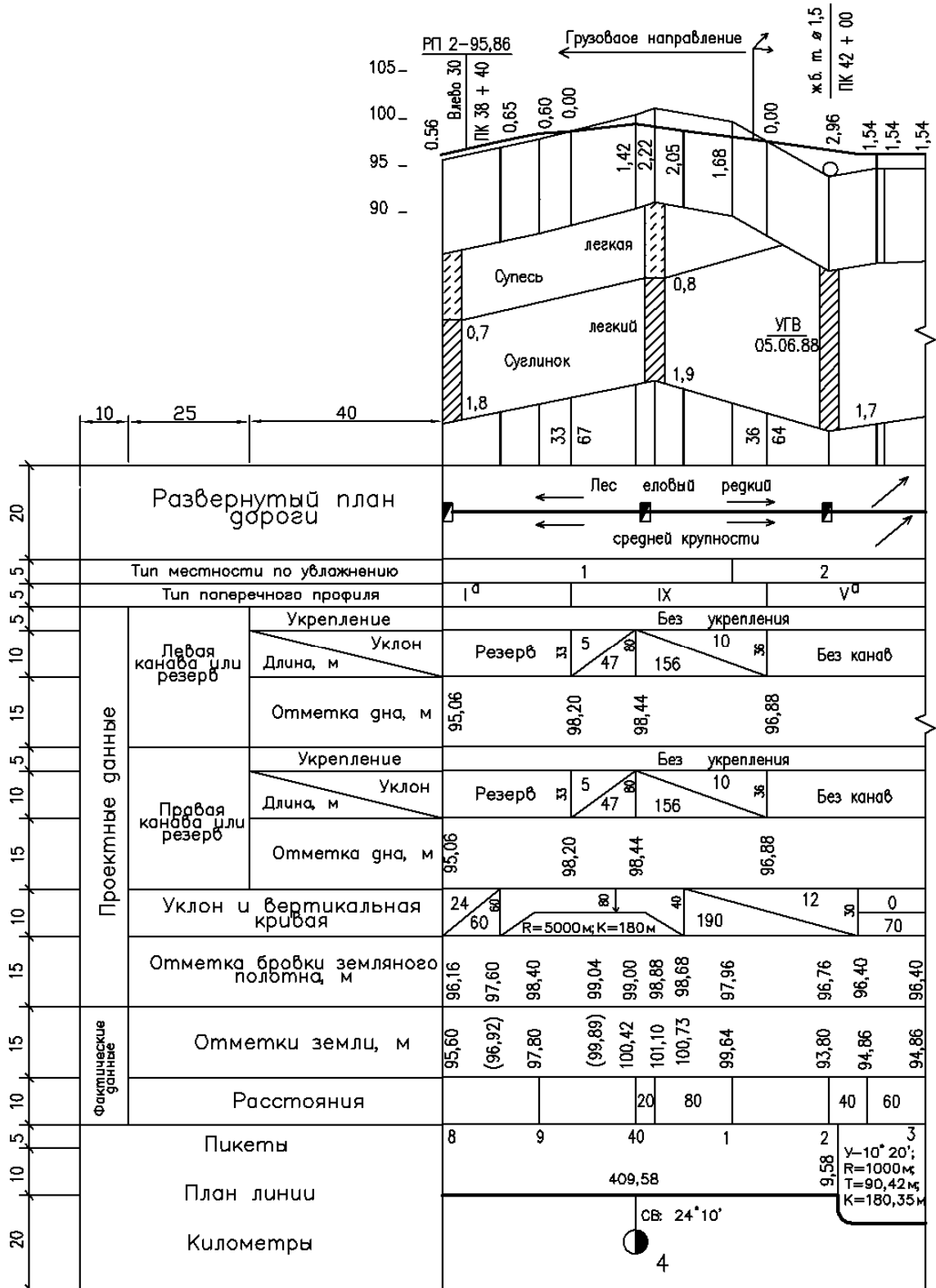
Продольный профиль
лесовозной автомобильной
дороги
_____ леспромхоза
от ПК 0 до ПК ___

Основные показатели

- | | |
|---|----------------|
| 1. Категория дороги | |
| 2. Длина строящегося участка | км |
| 3. Ширина земляного полотна | м |
| 4. Покрытие | |
| 5. Наибольший подъем в грузовом направлении | ‰ |
| 6. Наибольший спуск | ‰ |
| 7. Минимальный радиус в плане | м |
| 8. Профильный объем земляных работ на 1 км | |
| насыпи | м ³ |
| выемки | м ³ |

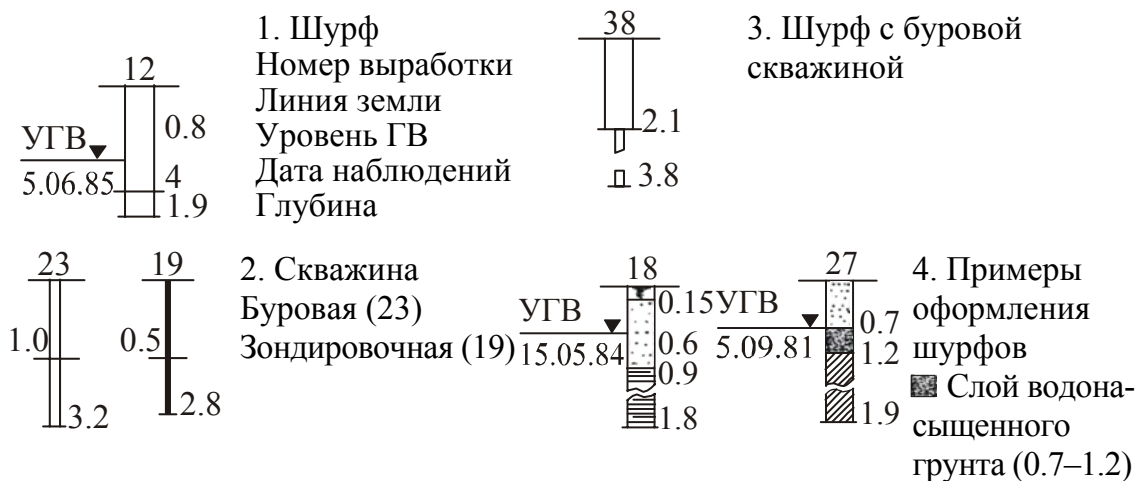
Минск 20__ г.

287



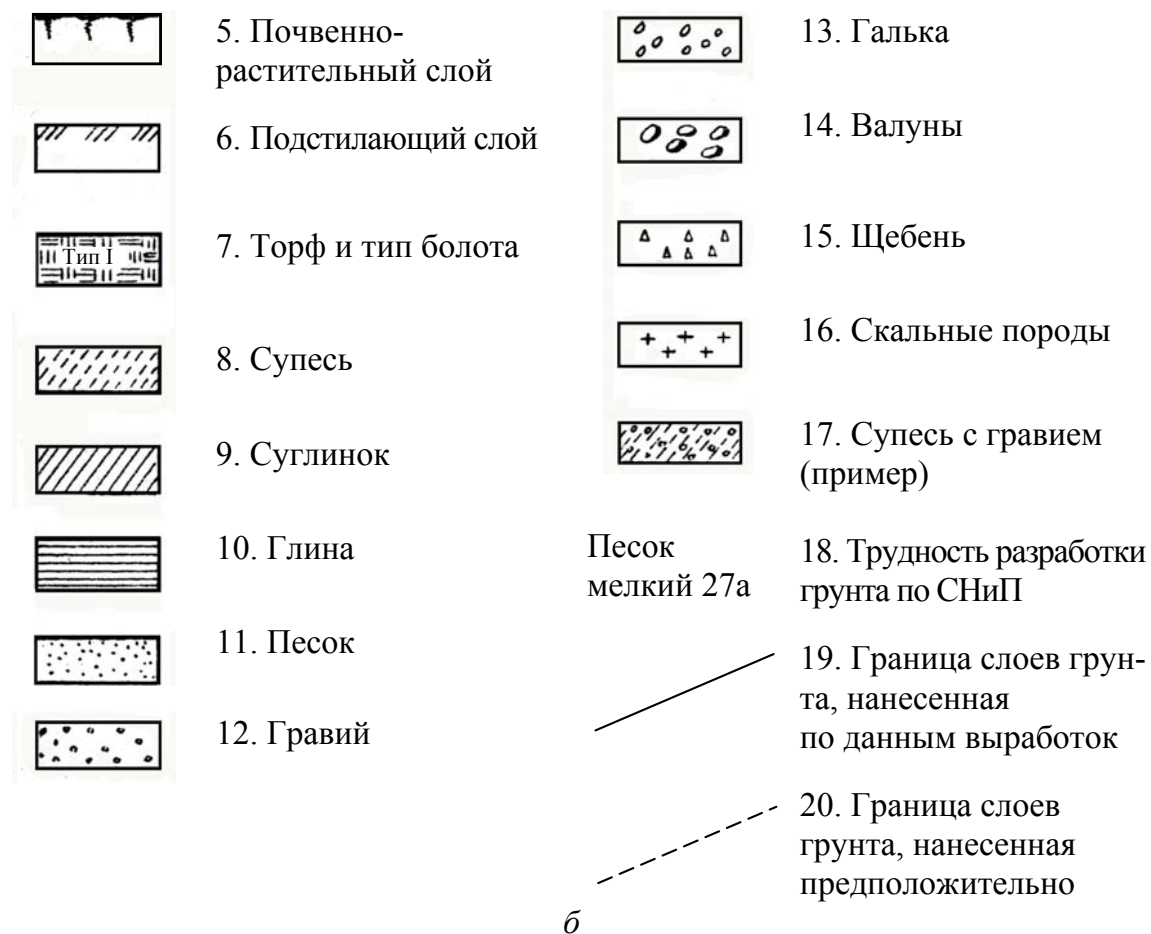
Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ С

Разведочные геологические выработки



а

Грунты

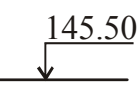
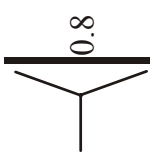

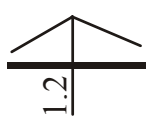

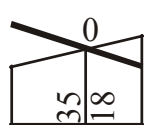
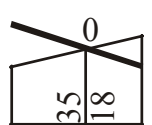


б

а – геологических выработок; б – грунтов.

Рисунок С.3.1 – Условные обозначения (начало, см. также с. 95–99)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ С

	1. Отметка линии условного горизонта		4. Насыпь высотой 0,8 м
	2. Проектная линия по бромке земельного полотна		5. Выемка глубиной 1,2 м
	3. Линия земли по оси дороги		6. Нулевая точка
			Ординаты

Искусственные сооружения


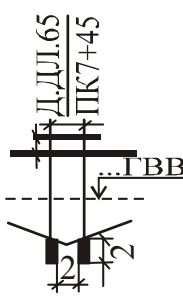
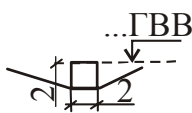
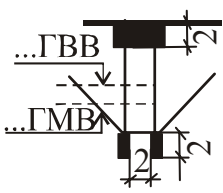
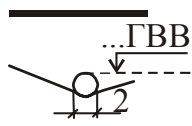
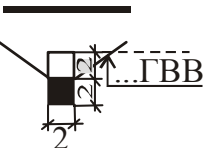
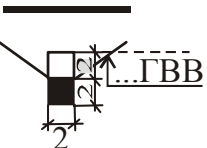
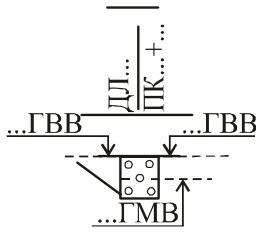
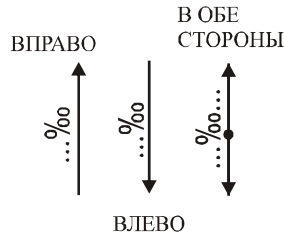
	7. Труба деревянная		10. Мост деревянный (д. дл. 6,5)
	Прямоугольная (треугольная)		11. Мост железобетонный (ж.-б. дл. 8)
	8. Труба железобетонная или металлическая (ж.-б. $\varnothing 1,5$)		12. Мост деревянный с ряжевymi опорами или на клетках
	9. Труба железобетонная прямоугольная (ж.-б. отв. 2,5×2)		

Рисунок С.3.1 – Условные обозначения
(продолжение, см. также с. 94, 96–99)



13. Фильтрующая насыпь



15. Поперечный водоотводный уклон (см. 17)



14. Слань на болотах



Изображают под линией земли

16. Пересечение осью дороги подземных инженерных сетей

Надписи на ординате

Верхняя линия сетки

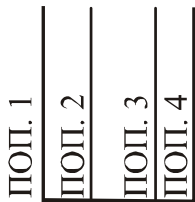
Надписи на ординатах



17. Поперечная водоотводная канава, отметка дна, длина (см. 15)



19. Пересечение осью дороги квартальной просеки



18. Поперечники на косогорах



20. Существующие искусственные сооружения



21. Пересечение осью дороги водотоков

Рисунок С.3.1 – Условные обозначения (продолжение, см. также с. 94, 95, 97–99)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ С

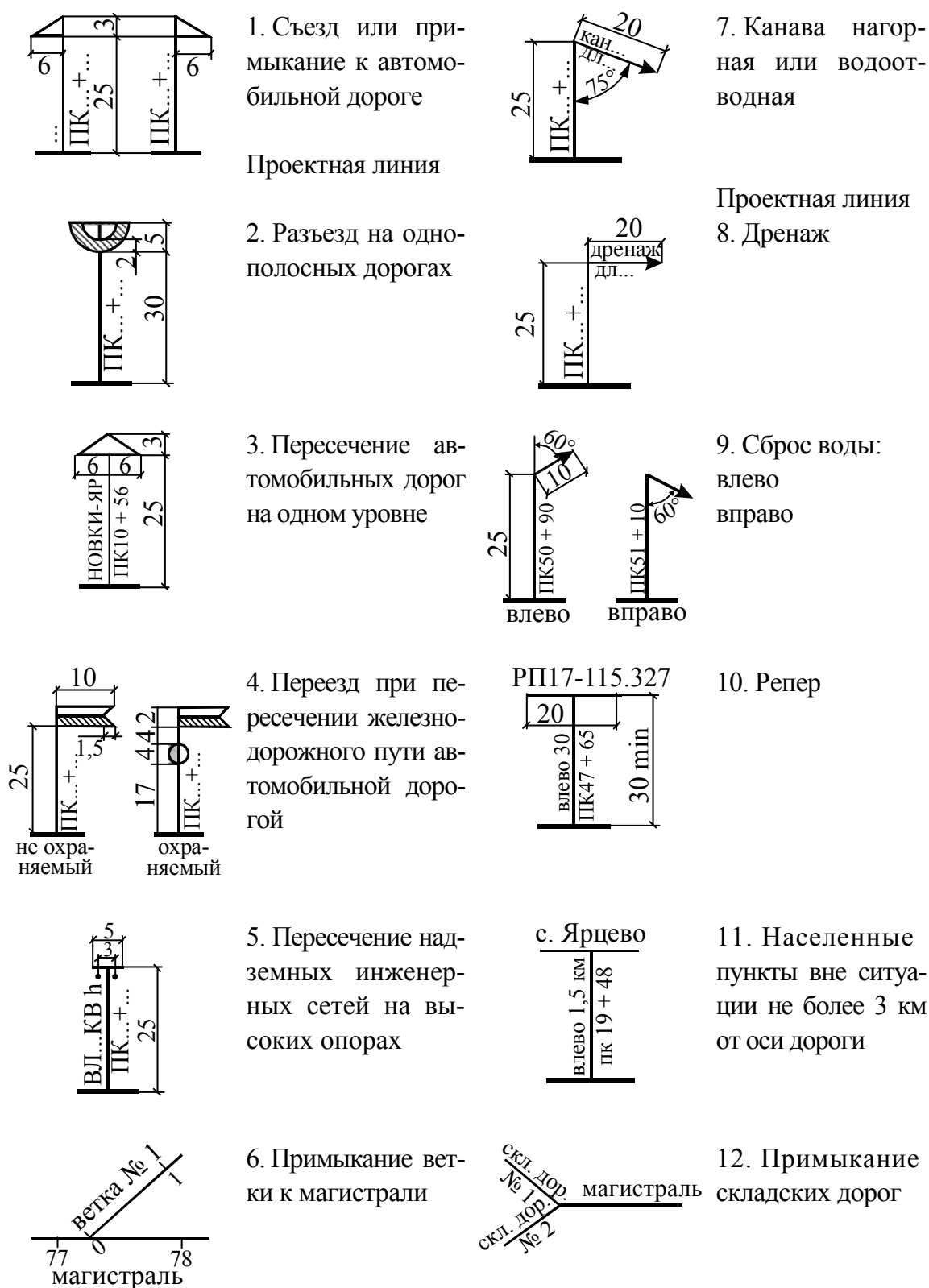


Рисунок С.3.1 – Условные обозначения (продолжение, см. также с. 94–96, 98, 99)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ С

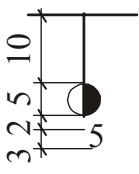
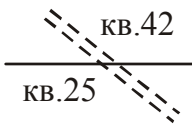
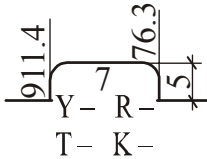

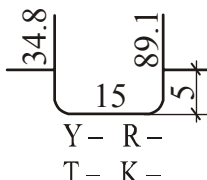



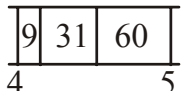
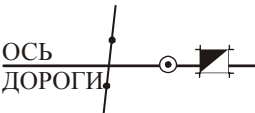
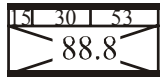
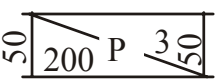

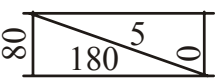
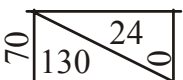

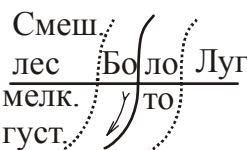

	<p>1. Указатель километража Проектный километр</p>		<p>8. Пересечение осью дороги квартальной просеки</p>
	<p>2. Кривые плана правая</p>	<p>Рп17</p> 	<p>9. Репер</p>
	<p>левая</p>		<p>10. Пересечение осью дороги прочих дорог</p>
	<p>3. Кривые при углах поворота менее 5°, правые</p>		<p>11. Направление стока воды</p>
	<p>4. Расстояние</p>		<p>12. Инженерные сети</p>
	<p>Пикет</p>		<p>13. Разведочные геологические выработки (скважина, шурф)</p> <p>14. Проектируемый резерв</p>
	<p>5. Неправильный пикет</p>		<p>15. Кювет, продольная канава</p>
	<p>6. Уклон 0,024 длиной 130 м</p>		<p>16. Без канав, осушительная канава</p>
	<p>7. Пересечение осью дороги водотоков, угодий</p>		<p>17. Резерв земляного полотна</p>

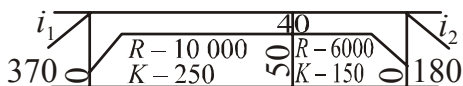
Рисунок С.3.1 – Условные обозначения
(продолжение, см. также с. 94–97, 99)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ С

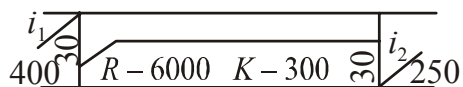
Выпуклая



18. Восходящая и нисходящая ветви кривой одного радиуса

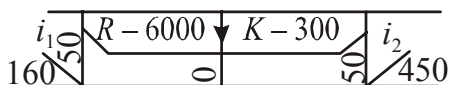


19. Сопряжение кривых разного радиуса на ПК+50 на уклоне 40 ‰

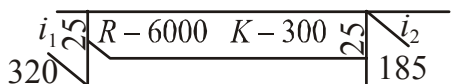


20. Восходящая ветвь кривой

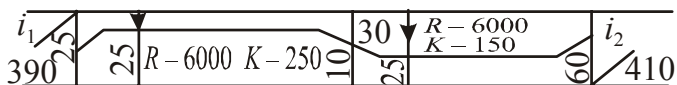
Вогнутая



21. Нисходящая и восходящая ветви кривой одного радиуса



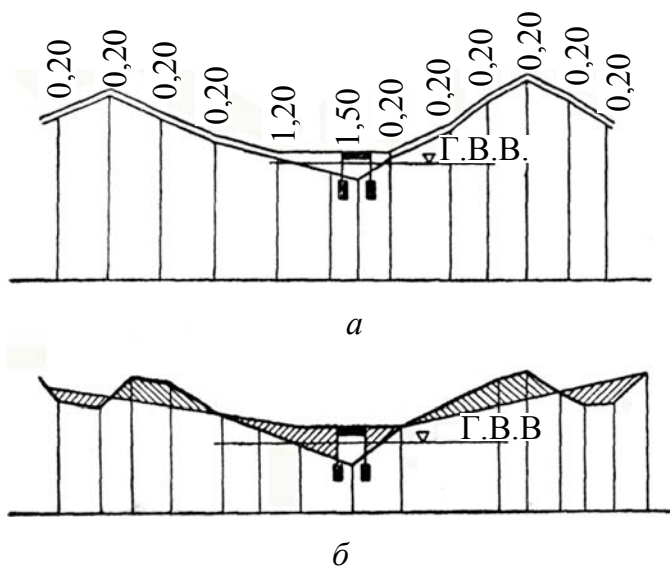
22. Нисходящая ветвь кривой



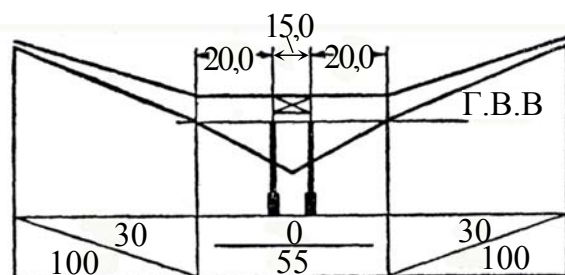
23. Сопряжение кривых выпуклой и вогнутой на уклоне $i = -30 ‰$

Рисунок С.3.1 – Условные обозначения
(окончание, см. также с. 94–98)

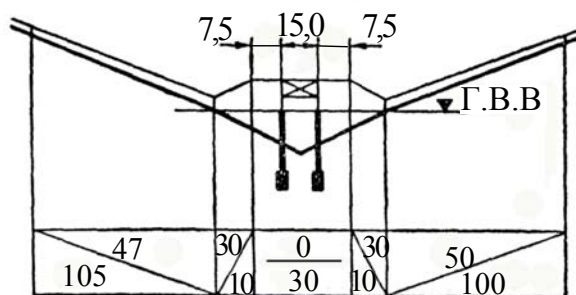
ПРИЛОЖЕНИЕ Т



a – по обертывающей; *б* – по секущей.
Рисунок Т.3.2 – Проектирование продольного профиля



Правильно



Неправильно

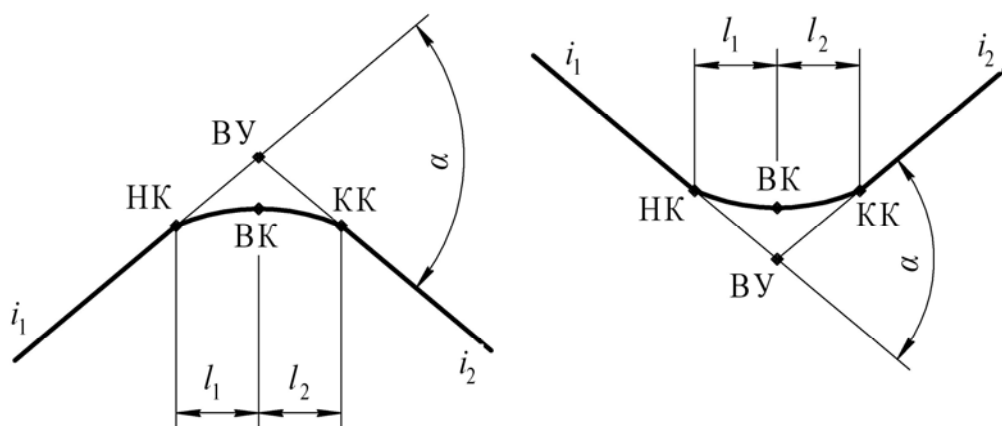
Рисунок Т.3.3 – Правильное и неправильное проектирование продольного профиля у моста



Рисунок Т.3.4 – Правильное и неправильное (пунктир) расположение проектной линии над трубой

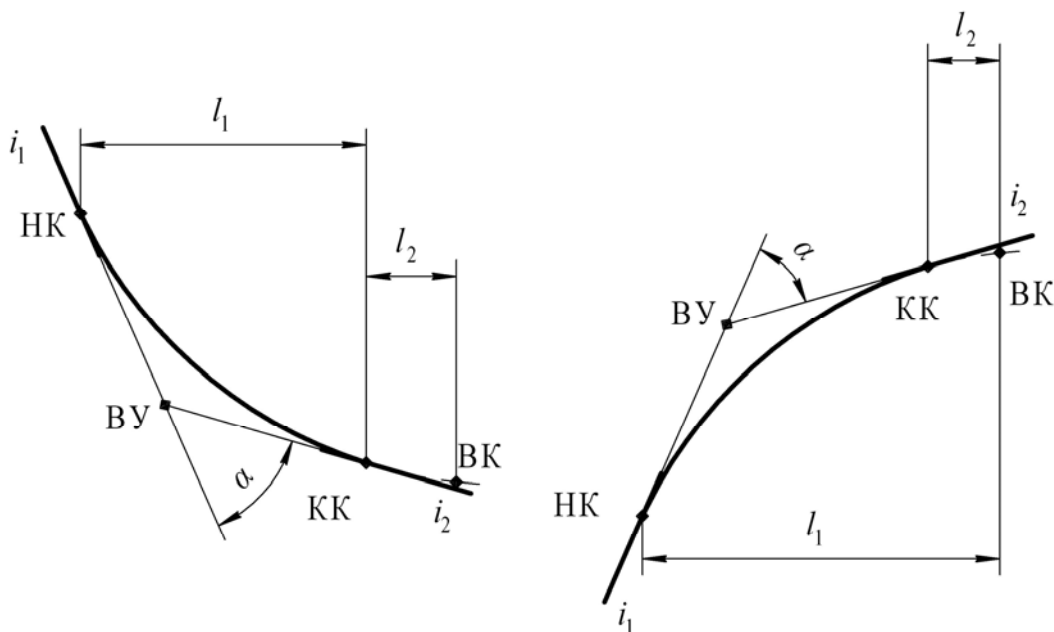
ПРИЛОЖЕНИЕ У
(обязательное)

Схема I



$$\text{ПК ВК} = \text{ПК ВУ} - \frac{l_1 + l_2}{2} + l_2$$

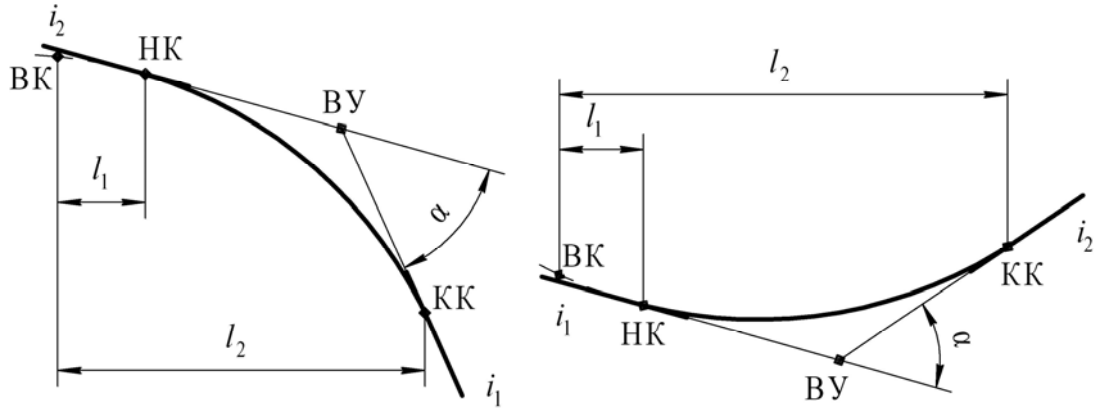
Схема II



$$\text{ПК ВК} = \text{ПК ВУ} - \frac{l_1 - l_2}{2} + l_1$$

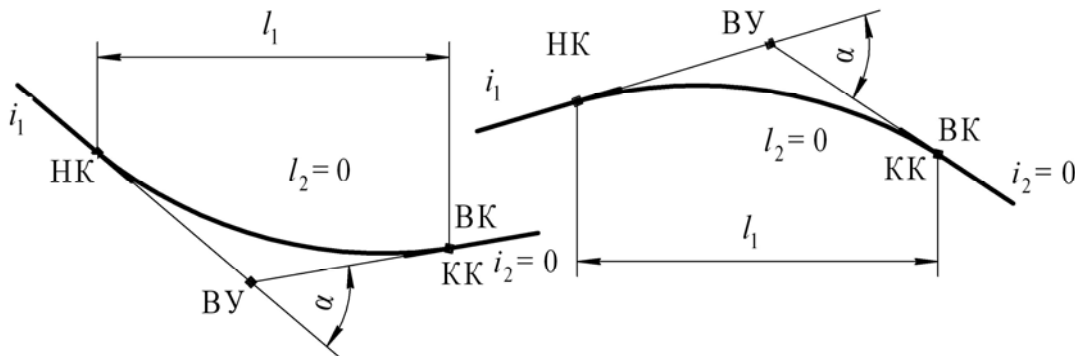
Рисунок У.3.5 – Определение пикетажного положения вершины вертикальной кривой (начало, см. также с. 102)

Схема III



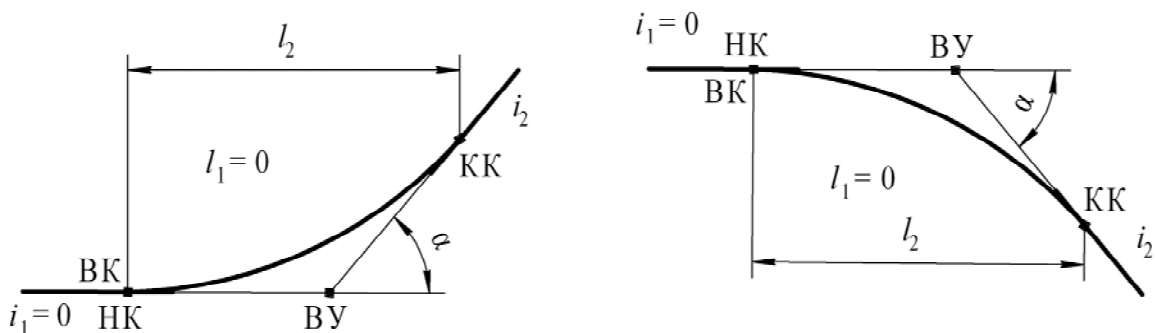
$$\text{ПК ВК} = \text{ПК ВУ} - \frac{l_2 - l_1}{2} - l_1$$

Схема IV



$$\text{ПК ВК} = \text{ПК ВУ} + \frac{l_1}{2}$$

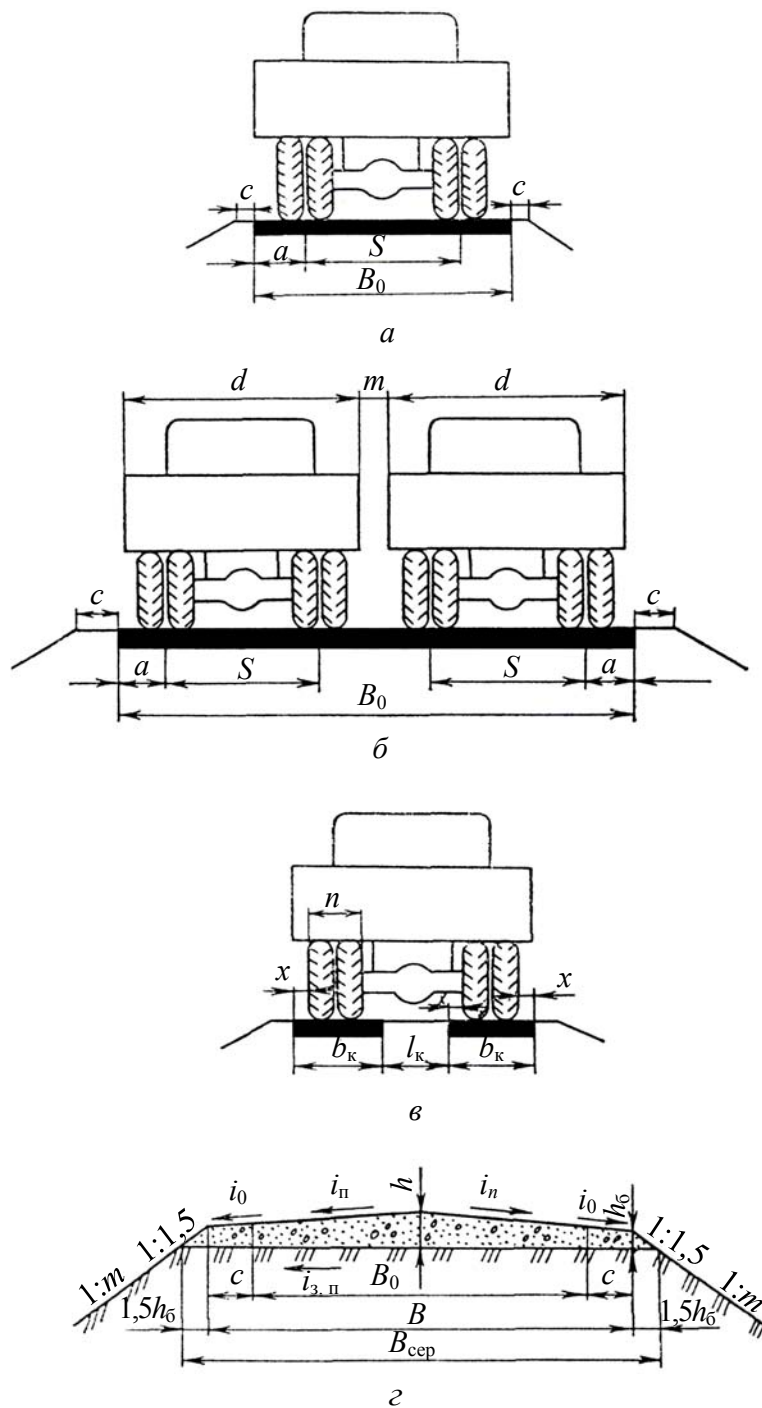
Схема V



$$\text{ПК ВК} = \text{ПК ВУ} - \frac{l_2}{2}$$

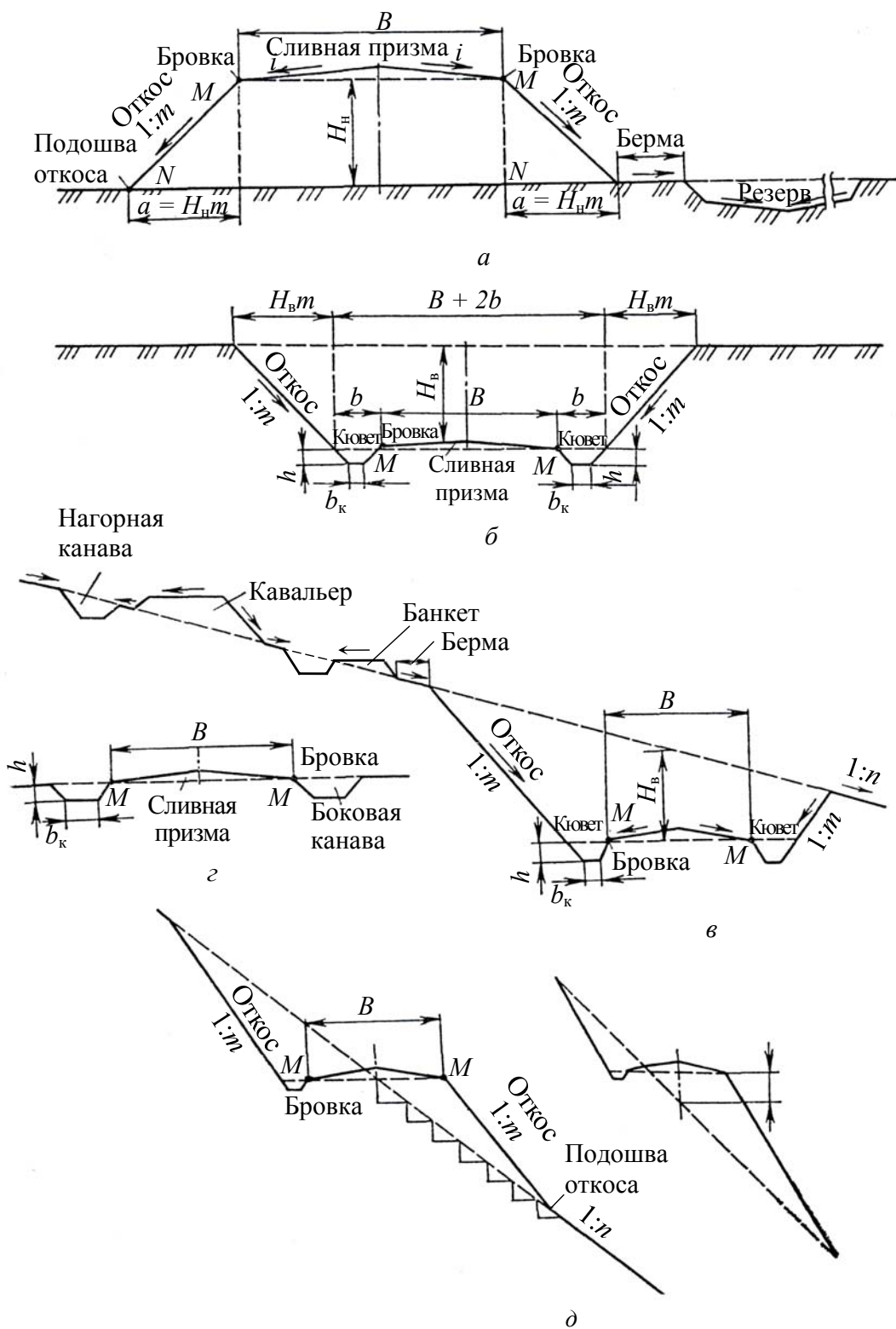
Рисунок У.3.5 – Определение пикетажного положения вершины вертикальной кривой (окончание, см. также с. 101)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф
(обязательное)



а – с однополосной проезжей частью;
 б – с двухполосной;
 в – дорога с колеиным покрытием;
 г – при серповидном профиле дорожной одежды.
 Рисунок Ф.3.6 – Расчетные схемы для определения
 ширины земляного полотна

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ф



a – насыпь; $б$ – выемка; $в$ – выемка на косогоре;
 $г$ – полунасыпь-полувыемка; $д$ – нулевое место.
 Рисунок Ф.3.7 – Поперечные профили земляного полотна

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

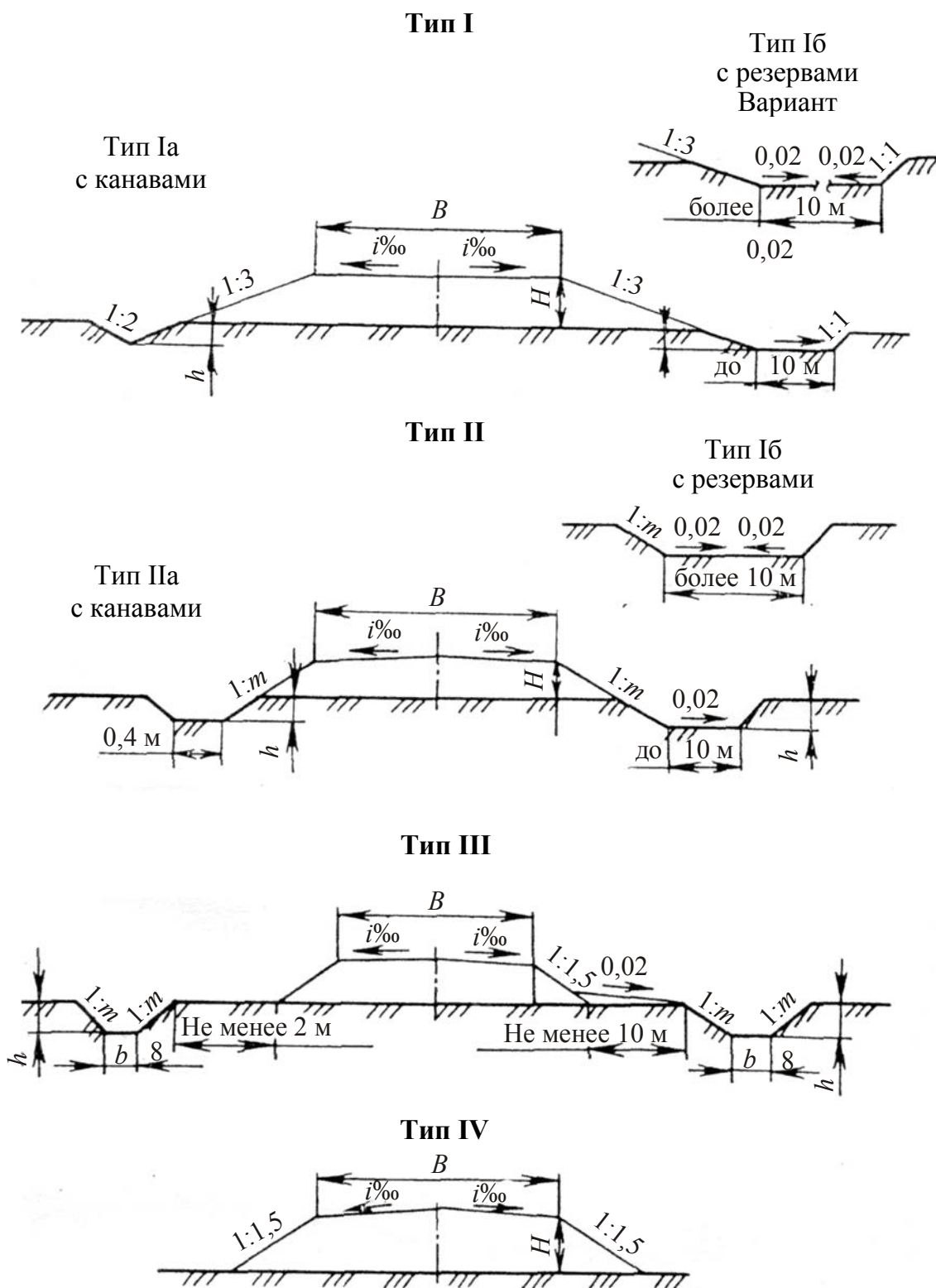


Рисунок Ф.3.8 – Типовые поперечные профили земляного полотна (начало, см. также с. 106, 107)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

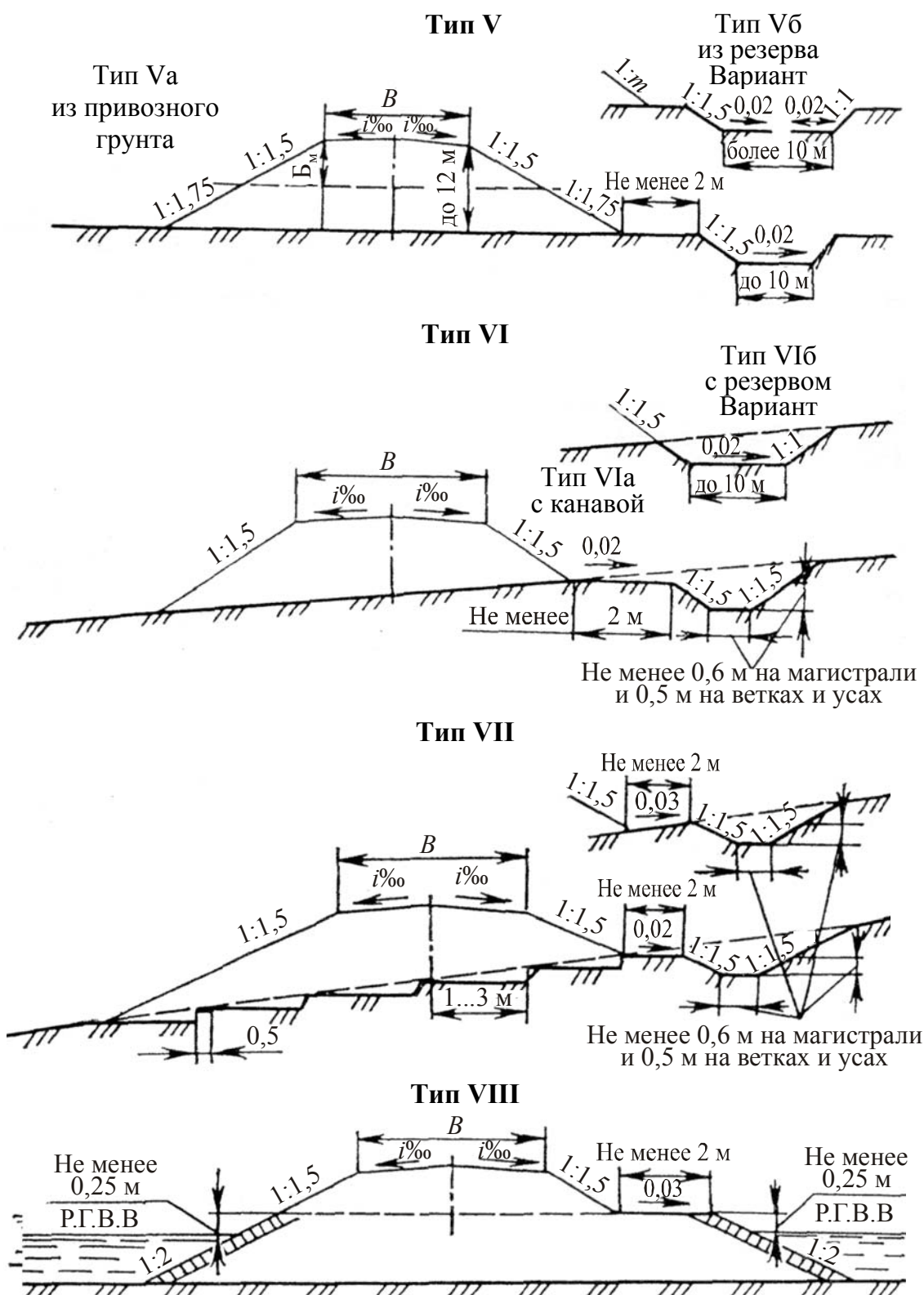
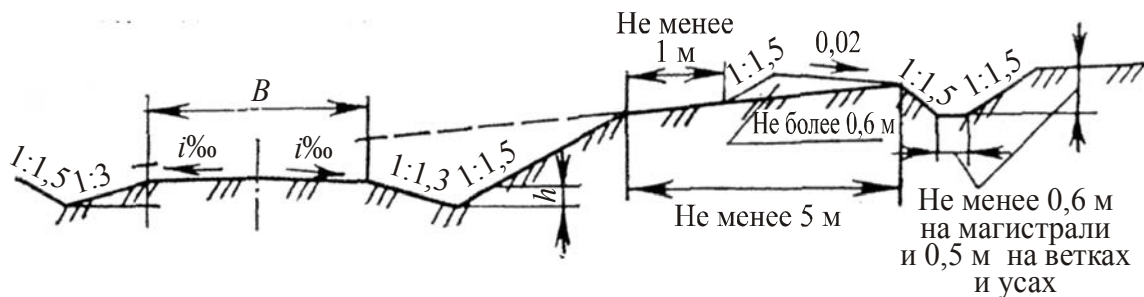


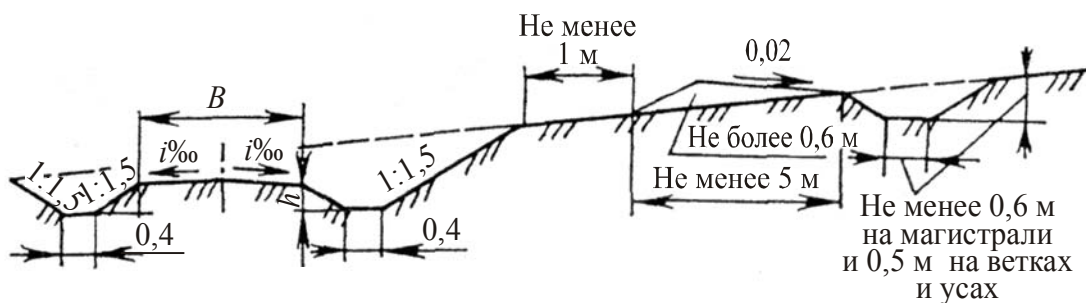
Рисунок Ф.3.8 – Типовые поперечные профили земляного полотна (продолжение, см. также с. 105, 107)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

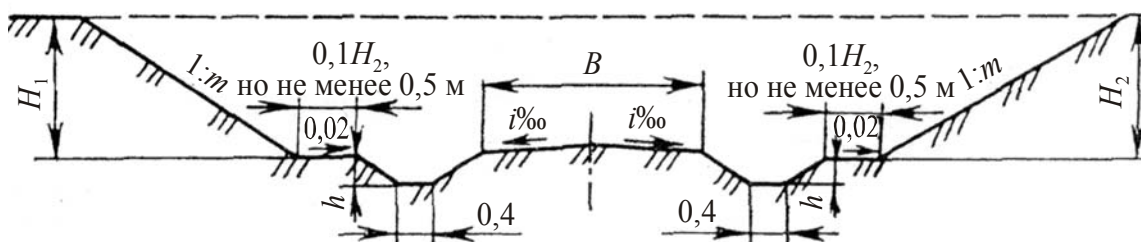
Тип IX



Тип X



Тип XI



Тип XII

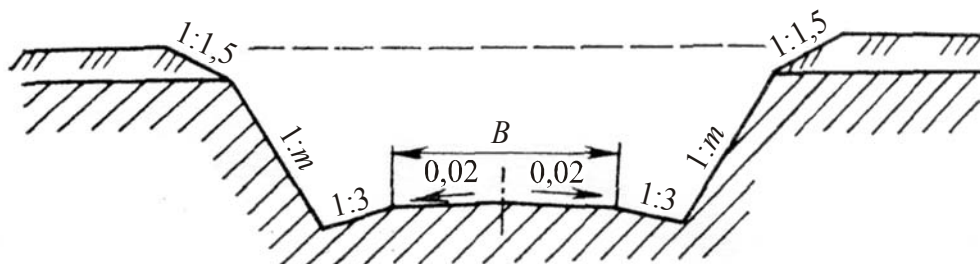
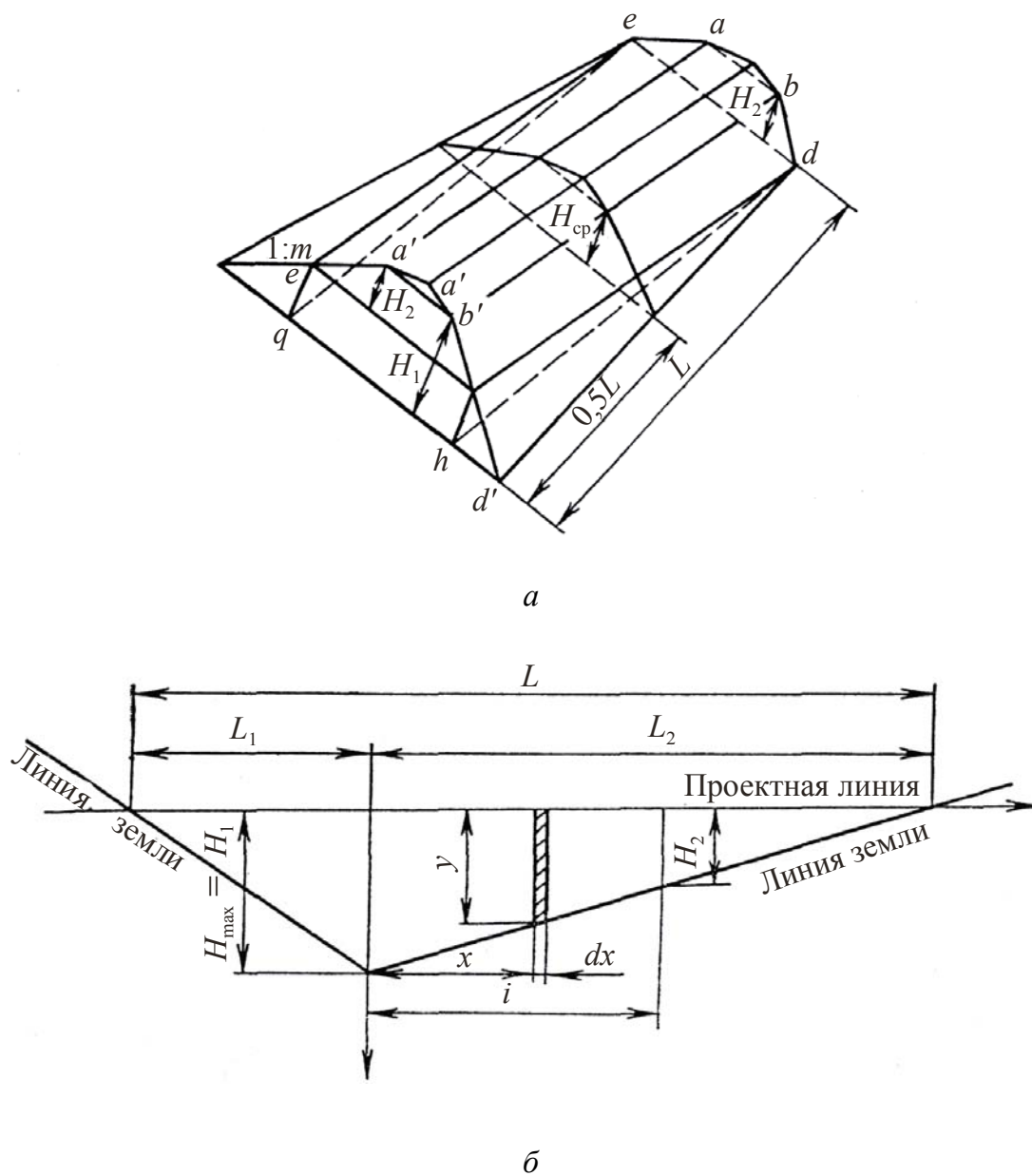


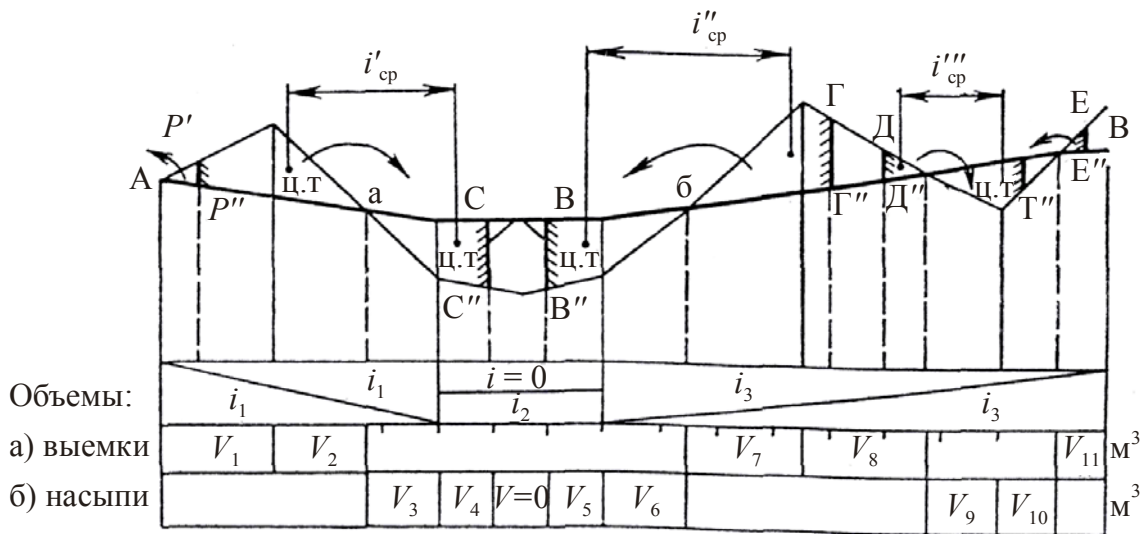
Рисунок Ф.3.8 – Типовые поперечные профили земляного полотна (окончание, см. также с. 105, 106)

ПРИЛОЖЕНИЕ X
(обязательное)

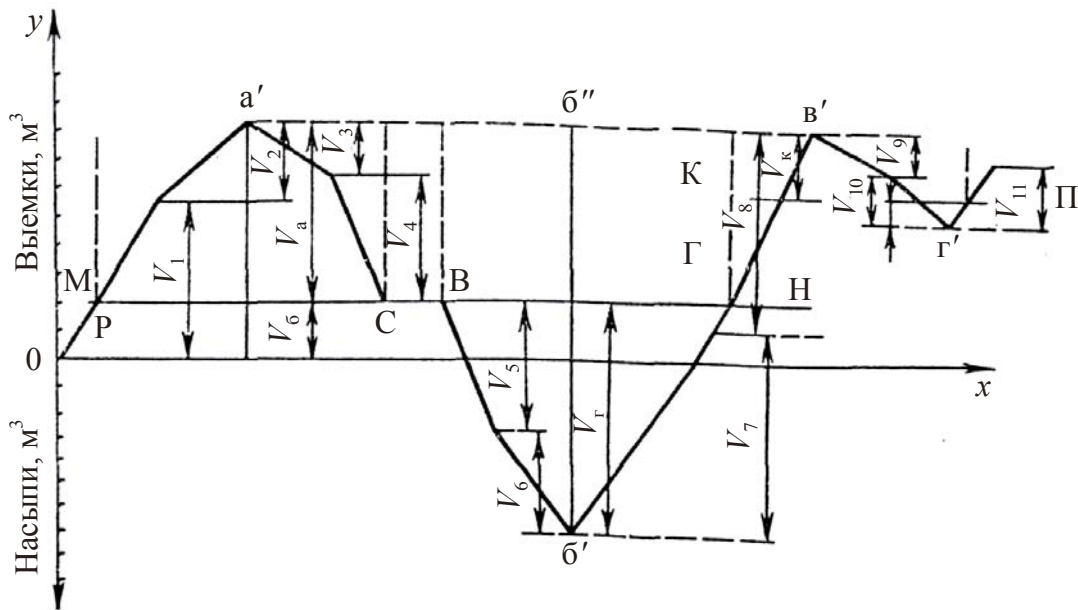


а – участок насыпи земляного полотна (призматойд);
б – расчетная схема.
 Рисунок X.3.9 – Схемы для расчета объема земляных работ

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ X



а



б

а – продольный профиль; б – кривая объемов.
Рисунок X.3.10 – Кривая объемов земляных работ

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц
(обязательное)

Конструктивно-расчетные схемы дорожных одежд

Покрытие	Вариант № 1	Вариант № 2
Песчано-гравийная смесь (ПГС)		
Гравийное оптимального состава		
Щебеночное		
Грунтоцементные		
Грунтобитумное		

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Таблица Ш.4.1 – Среднее значение влажности грунта W_{cp} в долях от W_T

Дорожно-климатические зоны	Тип местности по условиям увлажнения	Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок легкий и тяжелый, глины	Супесь пылеватая, суглинок пылеватый
I ₁	1	0,53	0,57	0,62	0,65
	2	0,55	0,59	0,65	0,67
	3	0,57	0,62	0,67	0,70
I ₂	1	0,57	0,57	0,62	0,65
	2	0,59	0,62	0,67	0,70
	3	0,62	0,65	0,70	0,75
I ₃	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,62	0,65	0,70	0,75
	3	0,65	0,70	0,75	0,80
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

Таблица Ш.4.2 – Модули упругости грунта земляного полотна

Грунт		Расчетные значения характеристик W_p в долях от W_T								
		0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Супесь	$E_{тр}$, МПа	60	56	53	49	45	43	42	41	40
	φ , градусы	36	36	36	35	35	34	34	33	33
	c , МПа	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007
Супесь пылеватая, тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	$E_{тр}$, МПа	90	72	54	46	38	32	27	26	25
	φ , градусы	27	24	21	18	15	13	11	10	9
	c , МПа	0,036	0,030	0,024	0,016	0,013	0,010	0,008	0,005	0,004
Песок пылеватый	$E_{тр}$, МПа	90	84	78	72	66	60	54	48	43
	φ , градусы	38	37	37	36	35	34	33	32	31
	c , МПа	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
Суглинок легкий и тяжелый, глина	$E_{тр}$, МПа	90	72	50	41	34	29	25	24	23
	φ , градусы	27	24	21	18	15	13	11	10	9
	c , МПа	0,036	0,030	0,024	0,019	0,015	0,011	0,009	0,006	0,004

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Таблица Ш.4.3 – Минимальные значения требуемого модуля упругости

Категория дороги	Расчетная приведенная интенсивность воздействия нагрузок на полосу, ед./сут.	Требуемый модуль упругости одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
Іл	70	180	160	–
ІІл, ІІІл	70	–	125	65
ІVл	50	–	100	50

Таблица Ш.4.4 – Модули упругости грунтов

Грунт	Расчетные характеристики		
	$E_{тр}$, МПа	φ , градусы	c , МПа
Песок крупный гравелистый	130	42	0,005
Песок средней крупности	120	40	0,005
Песок мелкий	100	38	0,005
Супесь легкая крупная	65	40	0,005

Таблица Ш.4.5 – Модули упругости дорожно-строительных материалов

Материал конструктивного слоя	Модуль упругости, МПа	Предельное сопротивление растяжению при изгибе, МПа
Асфальтобетон (для ІІ зоны): верхний слой нижний слой	1500	2,0
	1000	1,2
Щебень, обработанный битумом в установке	600–900	1,0–1,2
Гравий, обработанный битумом в установке	400–550	0,8–1,0
Щебеночные и гравийные материалы, обработанные цементом в количестве 6–7%	500–700	0,3–0,4
То же 4–5%	400–600	0,2–0,3
Легкие супеси, укрепленные цементом	200–400	0,2–0,3
Суглинки пылеватые и супеси, укрепленные цементом	150–200	0,15–0,2
Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими: непылеватые супеси суглинки и пылеватые супеси	150–250	–
	80–150	–

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Окончание табл. Ш.4.5

Материал конструктивного слоя	Модуль упругости, МПа	Предельное сопротивление растяжению при изгибе, МПа
Слои из щебня 1-го и 2-го классов, обработанные вязким битумом, пропиткой	400–600	0,3–0,4
Подобранные смеси из щебеночных и гравийных материалов, обработанные жидким битумом или битумной эмульсией смешением в установке	300–500	–
Щебень:		
1–3-го классов фракционный	350–450	–
1–4-го классов рядовой	200–250	–
Подобранные гравийные материалы:		
при содержании частиц крупнее 5 мм более 50% и частиц мельче 0,05 мм менее 7%	200–250	–
при содержании частиц крупнее 5 мм более 30% и частиц мельче 0,05 мм менее 10%	150–200	–

Таблица Ш.4.6 – Данные о нагрузках, передаваемых на дорожное покрытие лесовозными автопоездами

Показатели	МАЗ-509 + ГKB-9383-011	МАЗ-5434 + ГKB-9383-011	КрАЗ-260Л + ГKB-9383-010	КрАЗ-255Л + ГKB-9383-010	Урал-375Н + ГKB-9383-011	ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	КамАЗ-5410 + ТМЗ-802
Масса автопоезда, т	29,4/13,6	33/13	42,3/18	39,9/17,1	31,1/11,9	21,3/9,1	25,4/9,2
Статическая нагрузка на оси, кН:							
первую	50/44	54/43	72/66	58/55	42/36	32/29	41/32
вторую	98/92	102/43	80/35	75,5/58	54,5/22	36,5/19	54,5/18
третью	–	–	80/35	75,5/58	54,5/22	36,5/19	54,5/18
четвертую	73/–	87/22	95/22	95/–	80/20	54/12	52/12
пятую	73/–	87/22	95/22	95/–	80/20	54/12	52/12

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Окончание табл. Ш.4.6

Показатели	МАЗ-509 + ГКБ-9383-011	МАЗ-5434 + ГКБ-9383-011	КрАЗ-260Л + ГКБ-9383-010	КрАЗ-255Л + ГКБ-9383-010	Урал-375Н + ГКБ-9383-011	ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	КамАЗ-5410 + ТМЗ-802
Нагрузка на покрытие от колеса движущегося автопоезда (с учетом $k_{дин} = 1,3$) на оси, кН:							
первую	32,5/28,6	35,1/27,9	46,8/42,9	37,7/35,8	27,3/23,4	20,8/18,8	26,6/20,8
вторую	63,7/59,8	66,3/29,7	52/22,7	49/37,7	35,4/14,3	23,6/12,3	35,3/11,7
третью	–	–	52/22,7	49/37,7	35,4/14,3	23,6/12,3	35,3/11,7
четвертую	47,5/–	56,6/14,3	61,7/14,3	61,8/–	52/13	35,1/7,8	33,8/7,8
пятую	47,5/–	56,6/14,3	61,7/14,3	61,8/–	52/13	35,1/7,8	33,8/7,8
Расстояние между осями автопоезда, м							
второй и третьей (тягач)	–	–	1,40	1,40	1,40	1,25	1,32
четвертой и пятой (прицеп)	1,35	1,35	1,40	1,35	1,35	1,20	1,20
Давление от колеса тягача, МПа	0,55	0,53	0,42	0,40	0,53	0,35	0,45
Диаметр следа колеса автомобиля для расчета дорожной одежды на действие движущегося автомобиля, см	35	36	40/26	40/35	37/24	29/21	31/18
Суммарный коэффициент $S_{сум}$ для всех осей одного автопоезда	2,89	3,58	5,56	5,14	1,79	0,31	0,48
В том числе:							
груженого $S_{сум}^{гр}$	2,16	3,52	5,38	4,82	1,79	0,31	0,47
порожного $S_{сум}^{пор}$	0,73	0,06	0,18	0,32	–	–	0,01

Примечание – В числителе дан показатель для автопоезда груженого, в знаменателе – порожнего.

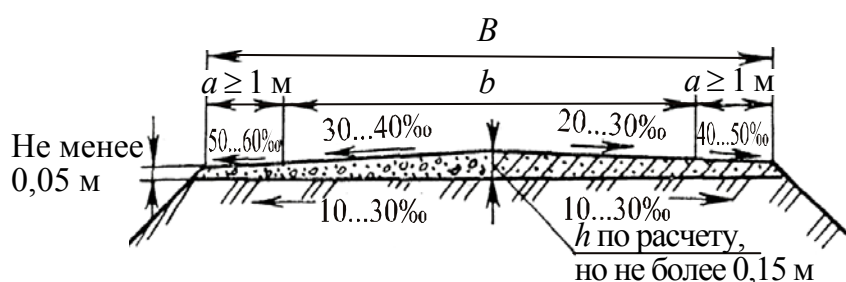
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ

1. Серповидный профиль

На дорогах с шириной обочин более 1 м

Для гравийных, грунтощебеночных, грунтогравийных и грунтовых улучшенных покрытий

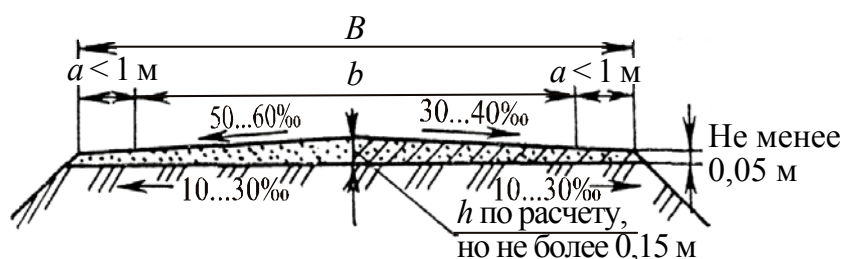
Для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами



На однополосных дорогах с шириной обочин не более 1 м

Для гравийных, грунтощебеночных, грунтогравийных и грунтовых улучшенных покрытий

Для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами



Примечания: 1. Число, типы и толщина конструктивных слоев устанавливаются по расчету.

2. На покрытиях из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, обязательно устройство поверхностной обработки.

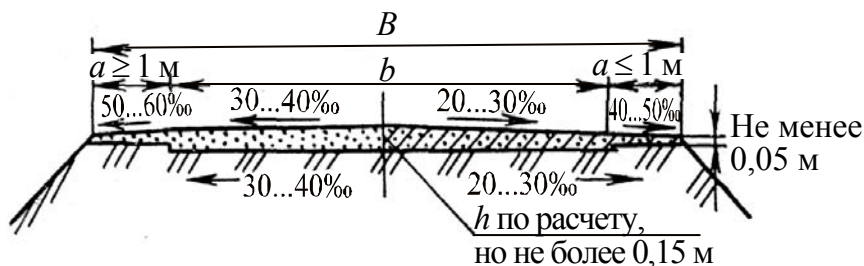
Рисунок Щ.4.1 – Типовые поперечные профили дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог (начало, см. также с. 116)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Щ

2. Полукорытный профиль

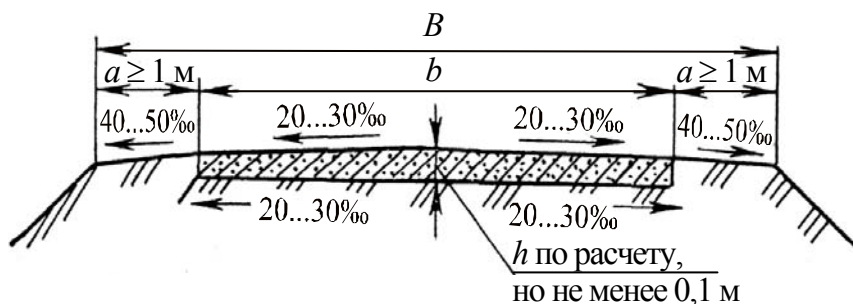
Для гравийных покрытий
(при дренирующих грунтах)

Для покрытий из грунтов,
укрепленных вяжущими
материалами



3. Корытный профиль

*При дренирующих грунтах земляного полотна
(для усовершенствованных типов покрытий)*



*При недренирующих грунтах земляного полотна
(для усовершенствованных типов покрытий)*

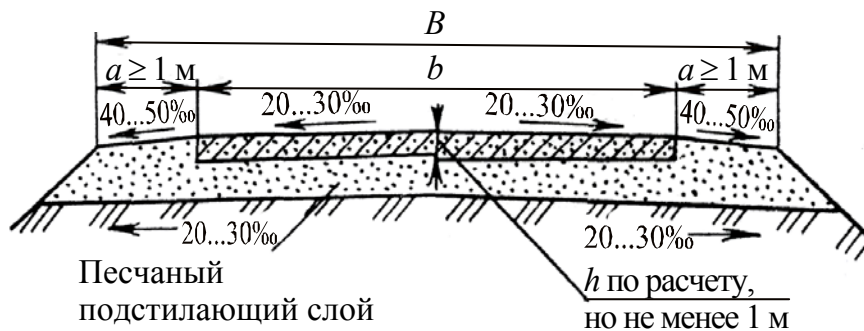
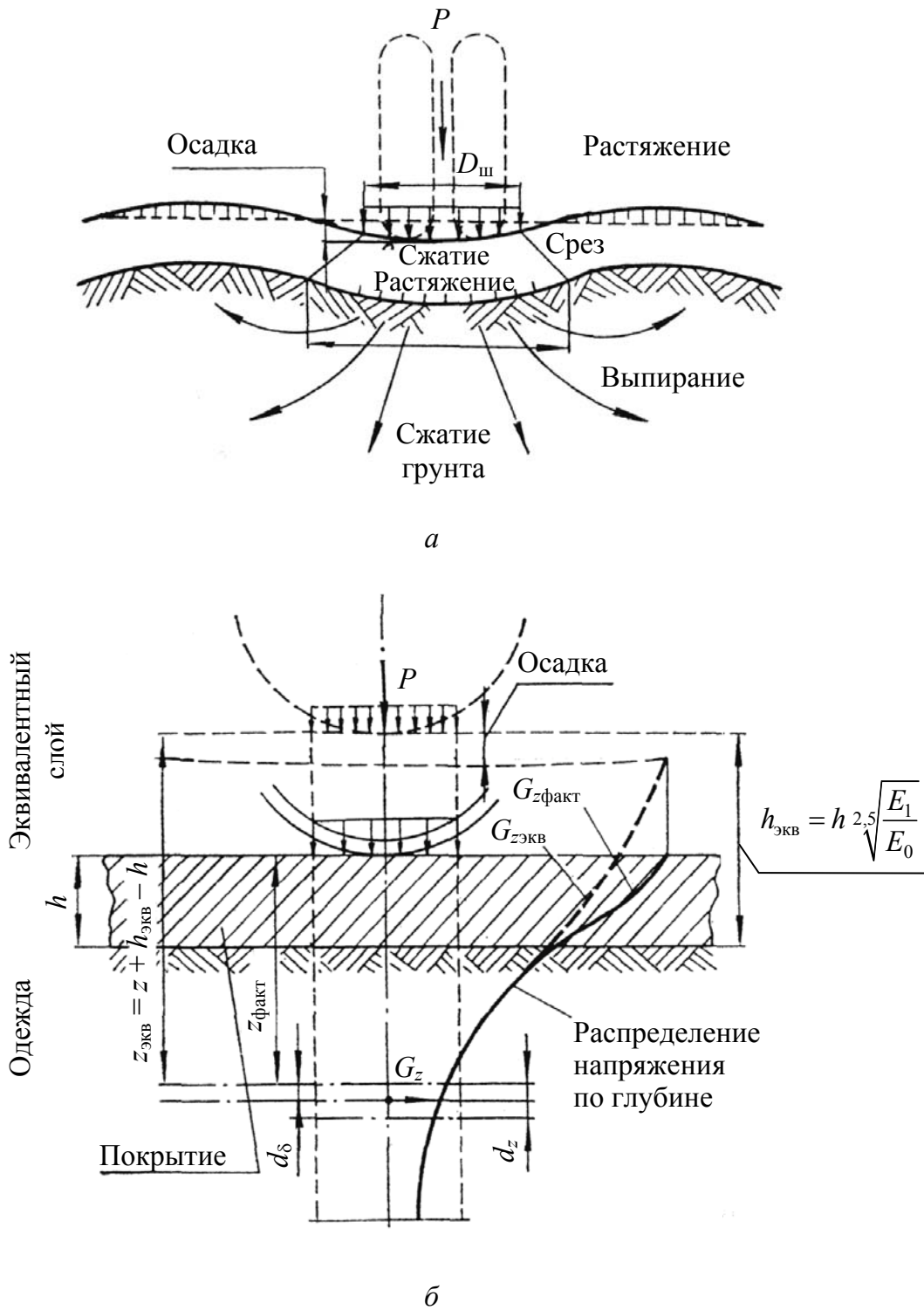


Рисунок Щ.4.1 – Типовые поперечные профили дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог (окончание, см. также с. 115)

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Щ



a – под нагрузкой от колеса на пределе прочности; *б* – по расчетной схеме одежды, принятой за основу методикой Союздорнии.

Рисунок Щ.4.2 – Деформация и напряжение

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

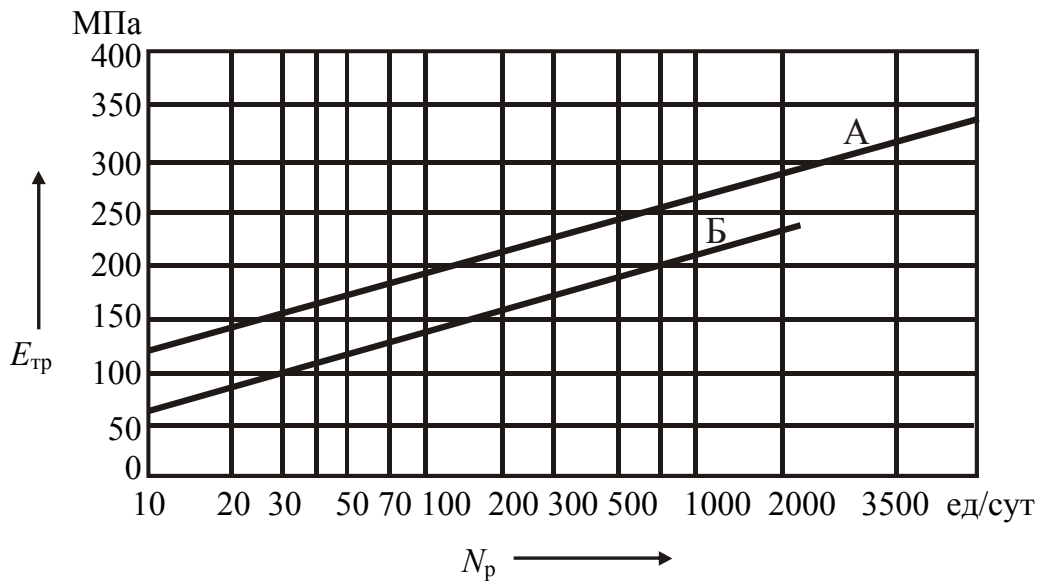


Рисунок Ц.4.3 – График для определения требуемого модуля упругости $E_{тр}$ для нагрузок групп А и Б

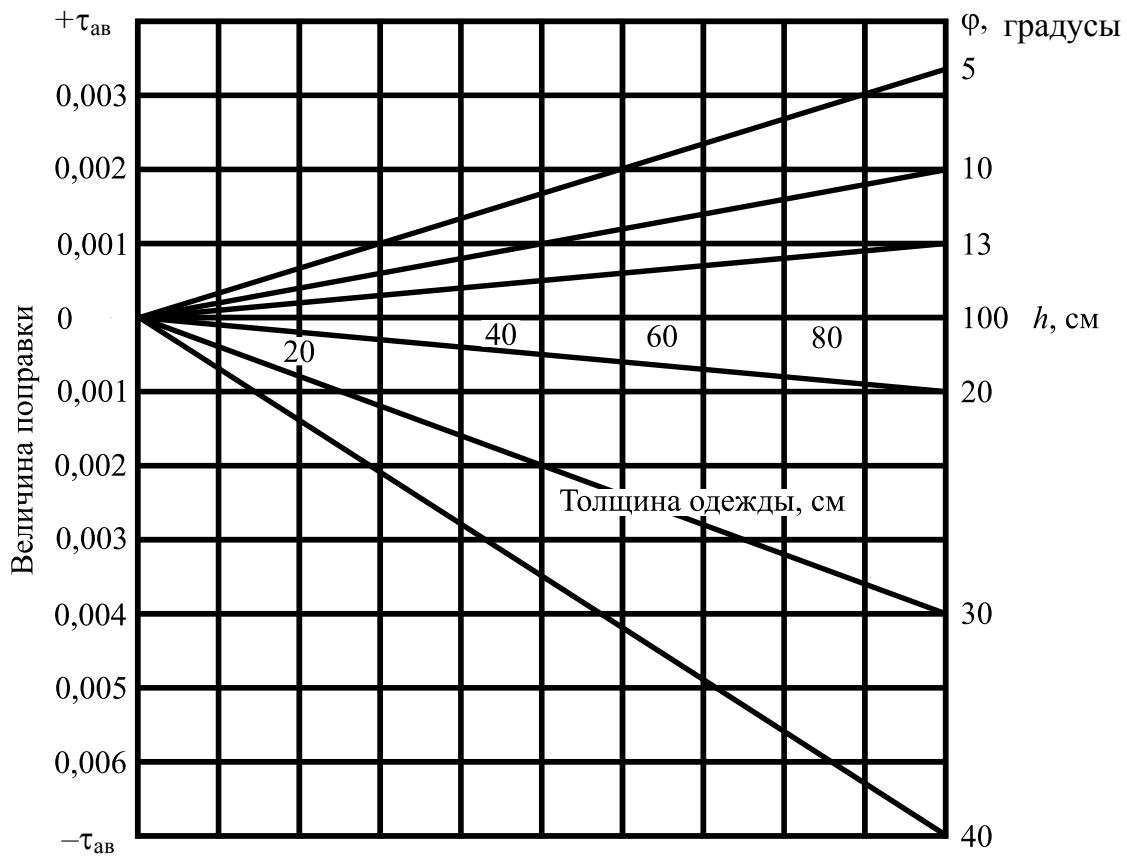


Рисунок Ц.4.4 – График для определения активных напряжений сдвига $\tau_{ав}$ от собственной массы одежды

ПРИЛОЖЕНИЕ Э

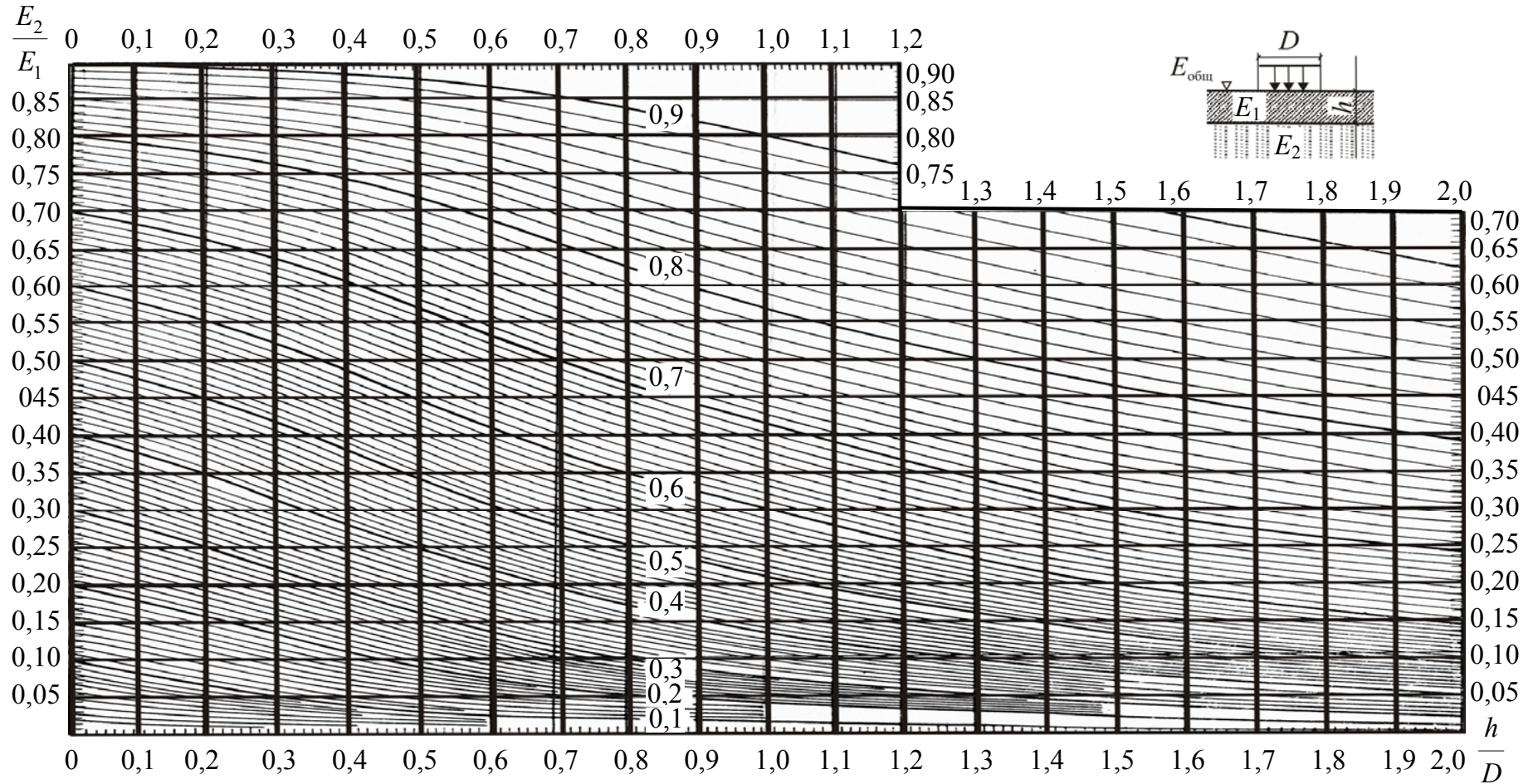


Рисунок Э.4.5 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{общ}}$, МПа

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Э

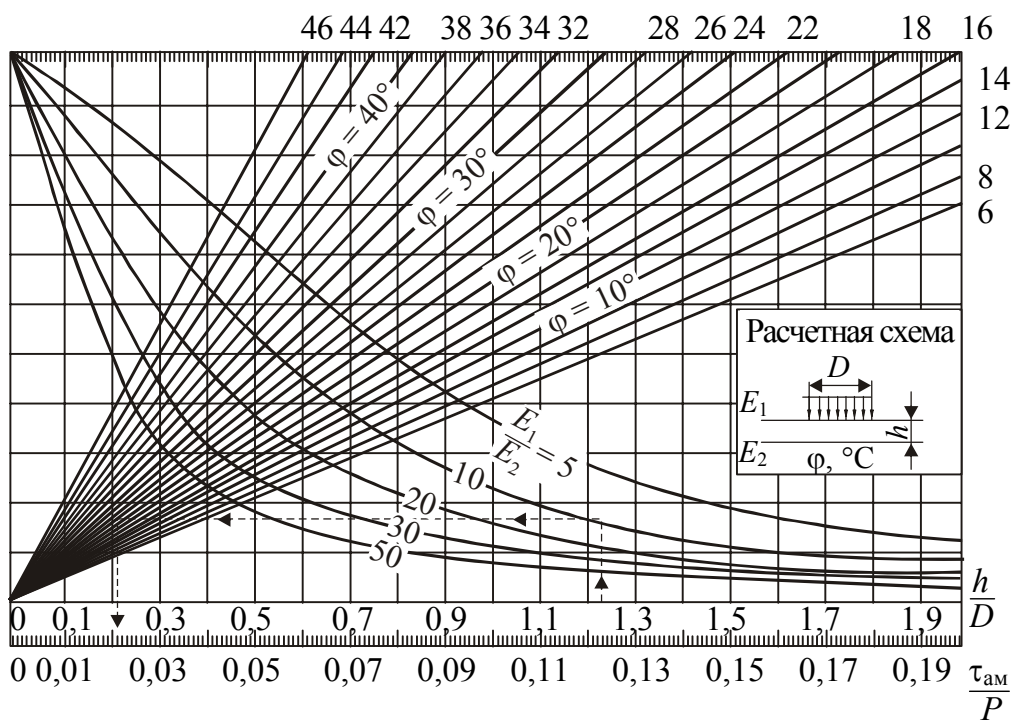


Рисунок Э.4.6 – Номограмма для определения активных напряжений сдвига от подвижной нагрузки $\tau_{ам}$ в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев

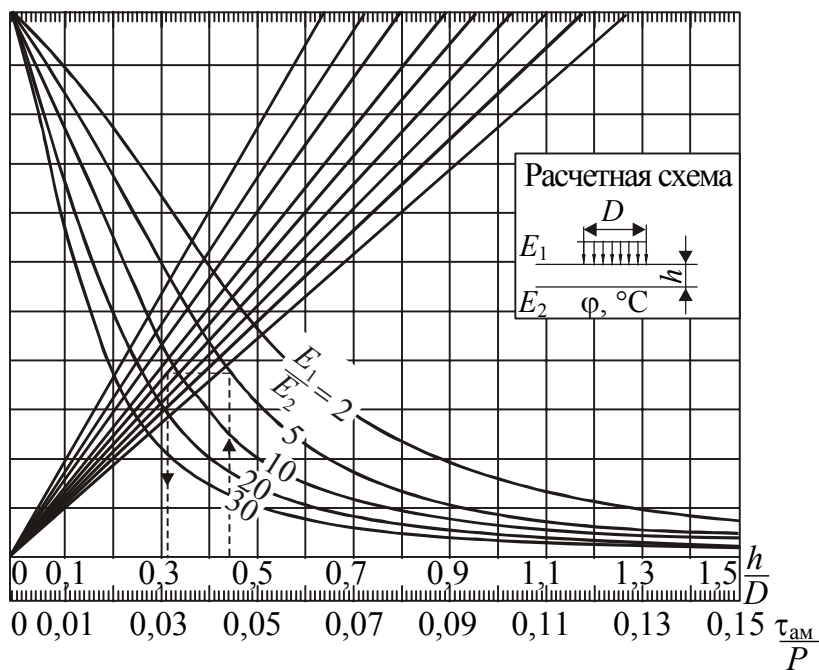
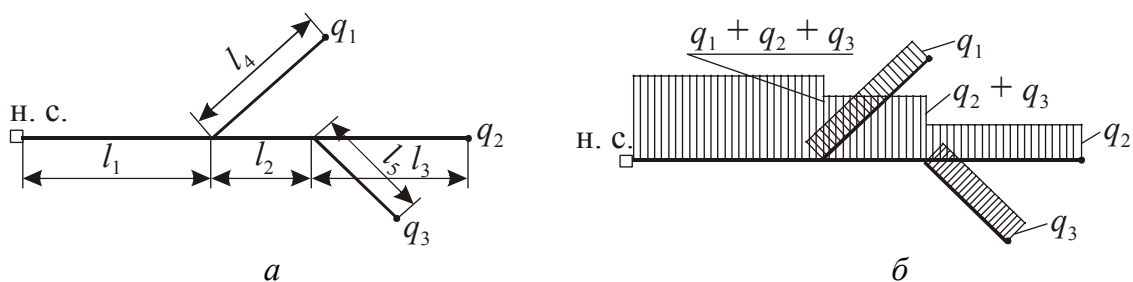


Рисунок Э.4.7 – Номограмма для определения активных напряжений сдвига от подвижной нагрузки $\tau_{ам}$ в нижнем слое двухслойной системы при свободном смещении слоев на контакте

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Э



a – погрузочные пункты; *б* – график грузопотоков.

Рисунок Э.4.8 – Схемы размещения

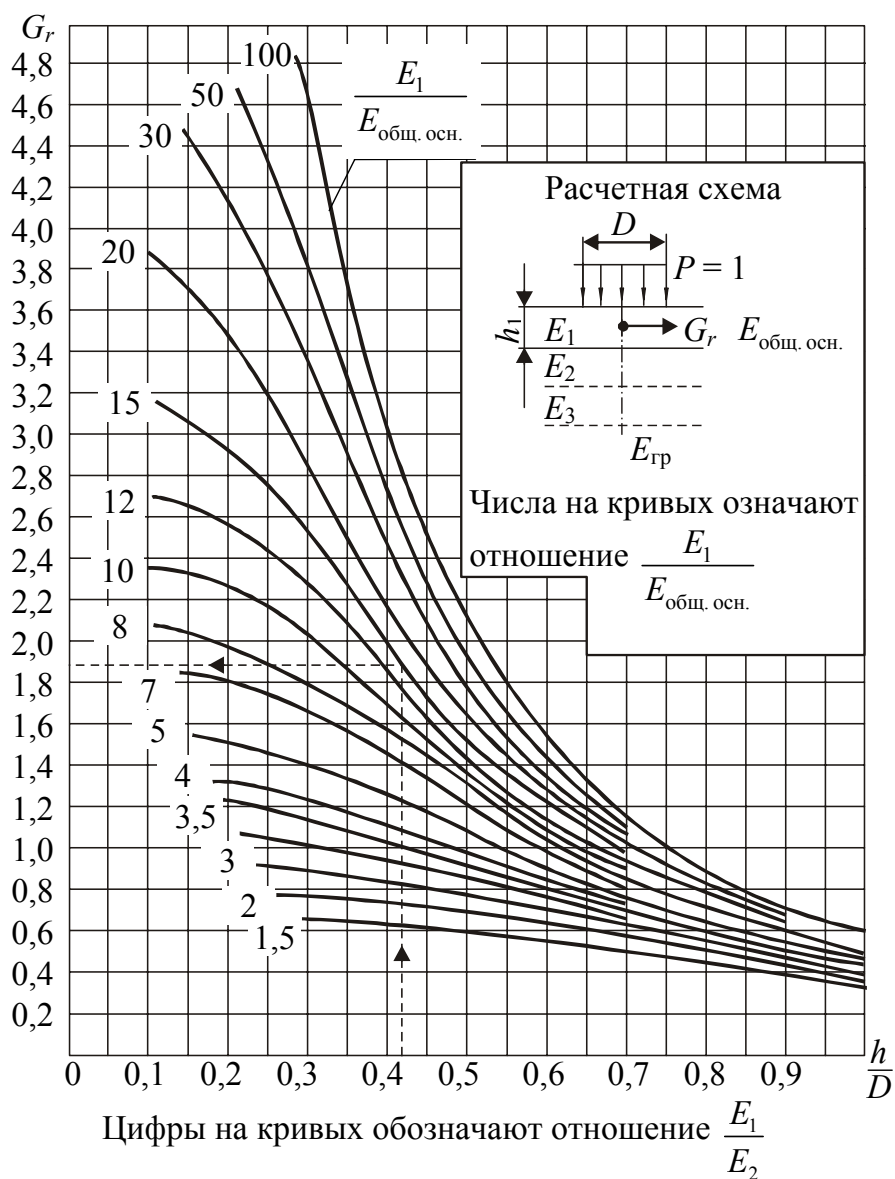
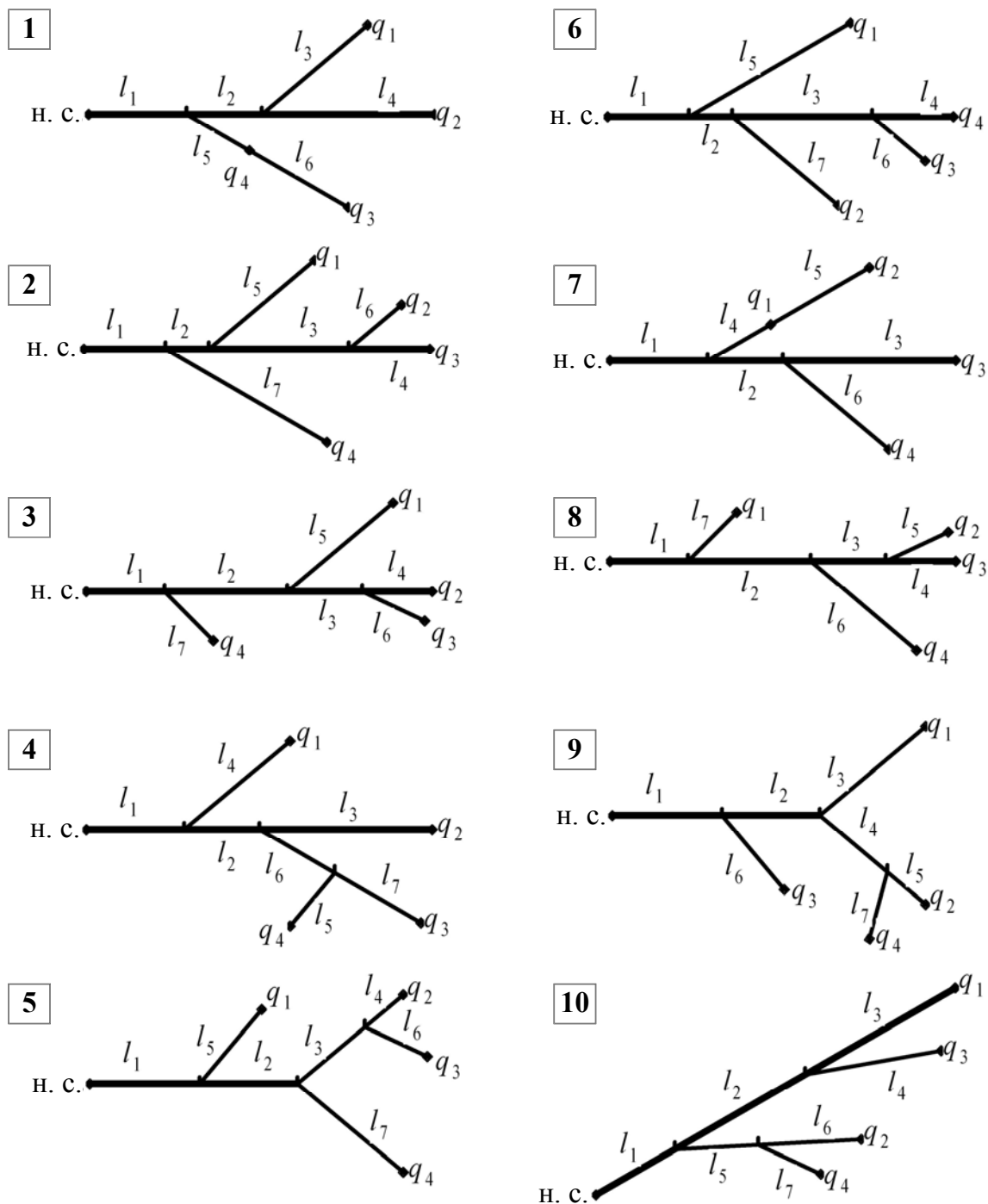


Рисунок Э.4.9 – Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое

ПРИЛОЖЕНИЕ Ю (обязательное)

Варианты транспортной сети



Примечания: 1. Номер варианта (указан в квадрате около рисунка) совпадает с последней цифрой номера зачетной книжки.

2. q_i – объем груза на погрузочном пункте.

3. Значения l_1, l_2 и т. д. замерять на карте, км.

ПРИЛОЖЕНИЕ Я

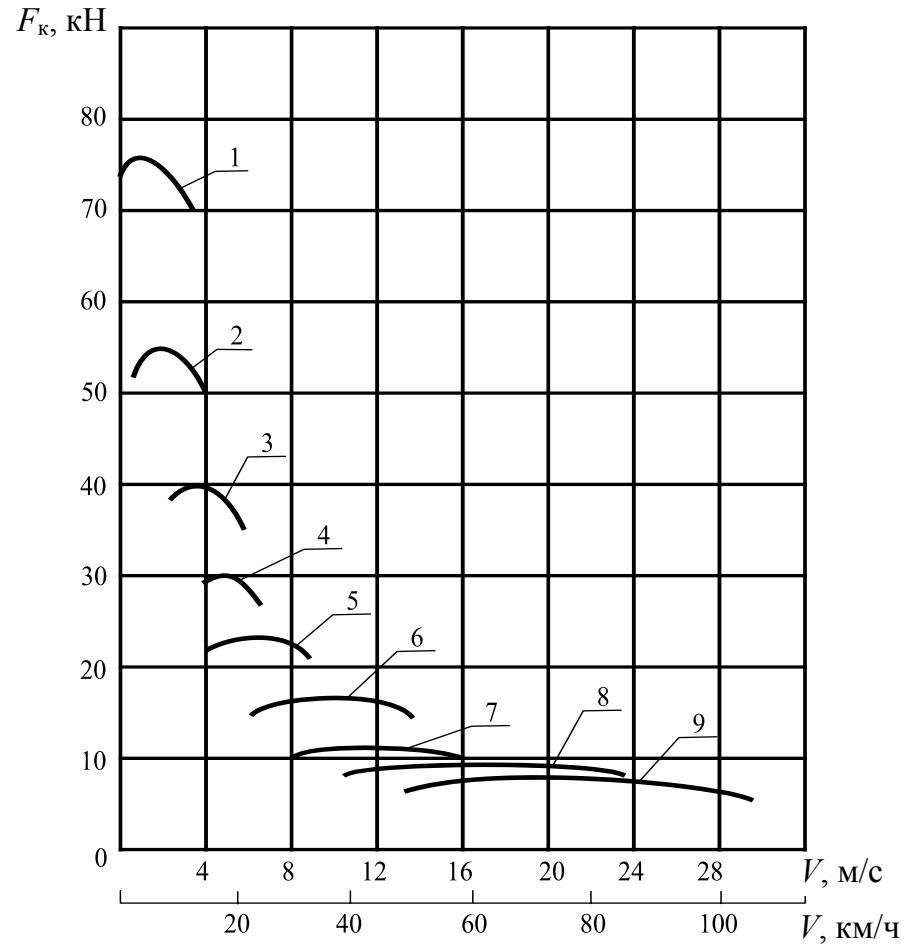


Рисунок Я.6.1 – Тяговая характеристика МАЗ-6313

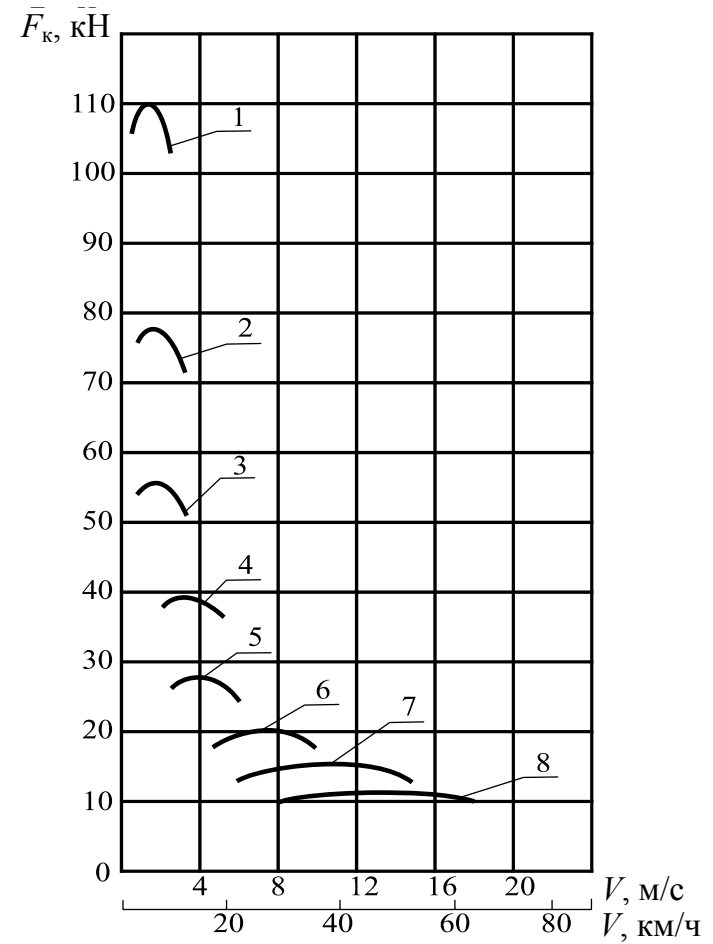


Рисунок Я.6.2 – Тяговая характеристика МАЗ-6303-26

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Я

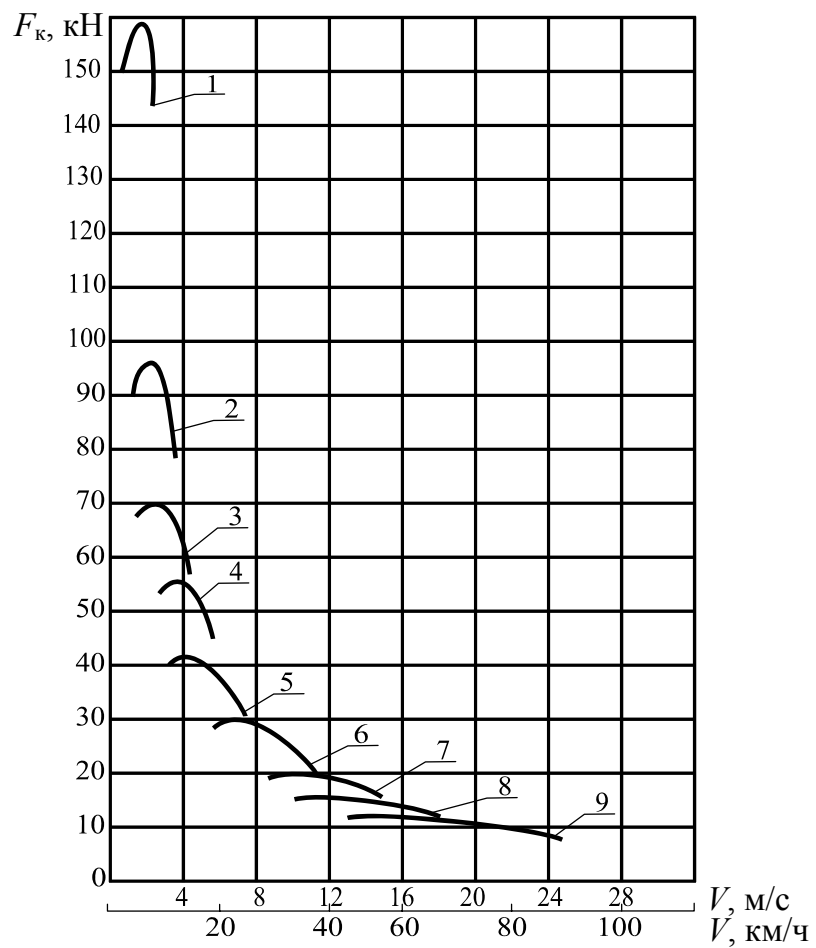


Рисунок Я.6.3 – Тяговая характеристика МАЗ-6313

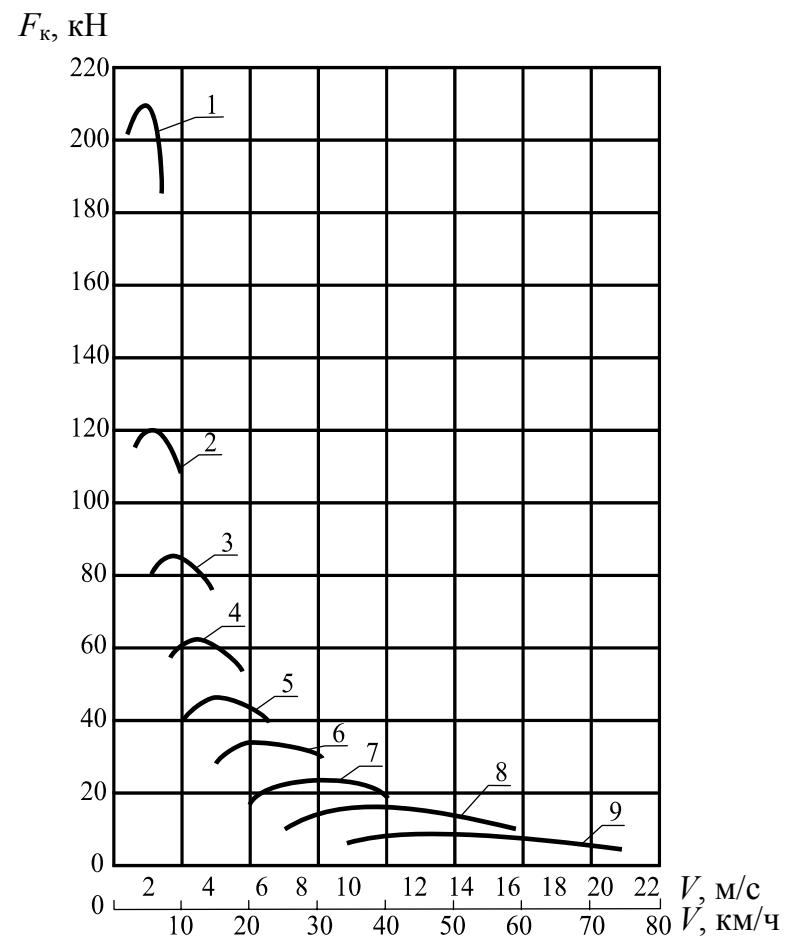


Рисунок Я.6.4 – Тяговая характеристика МЗКТ-6903

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Я

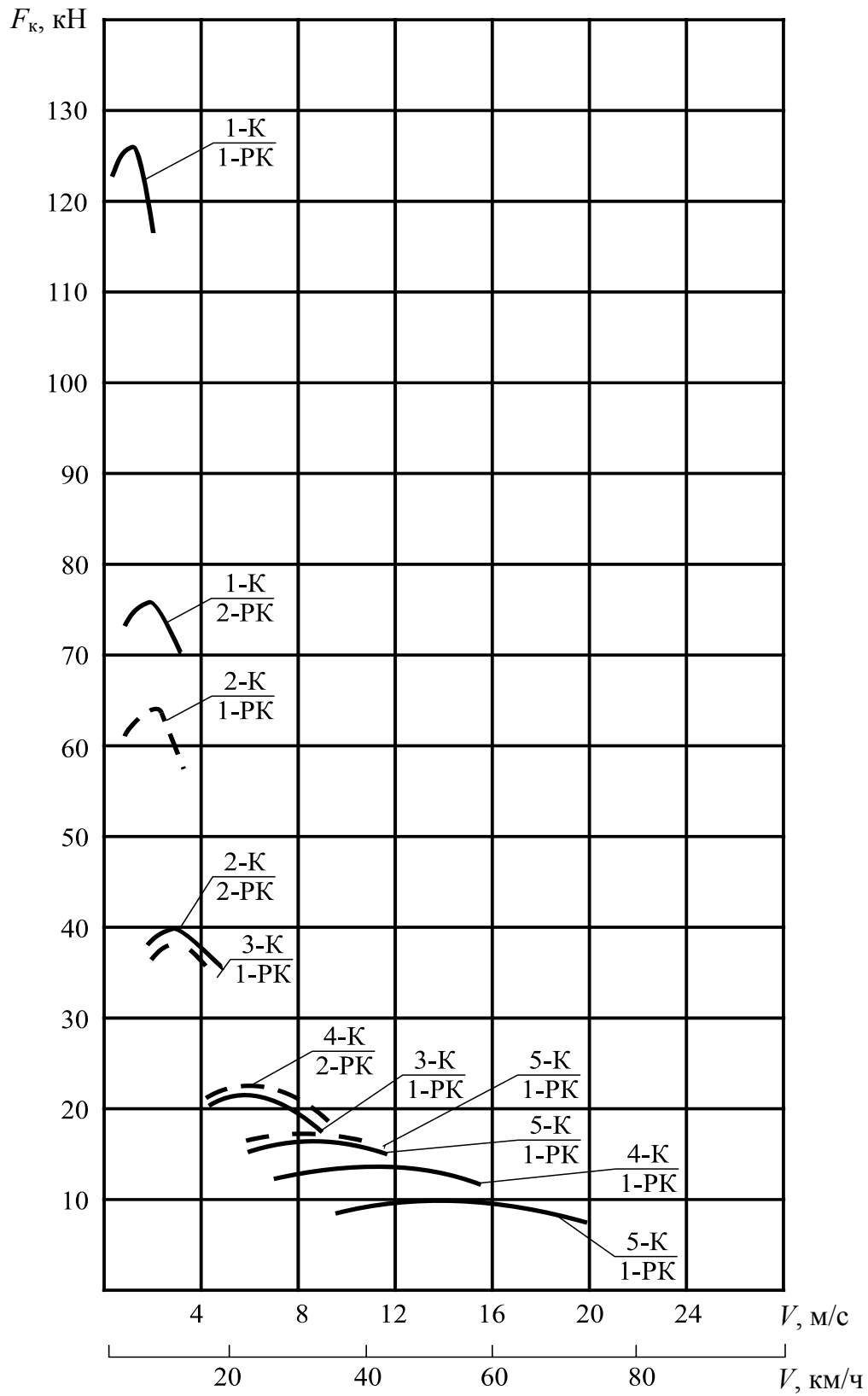


Рисунок Я.6.5 – Тяговая характеристика КамАЗ-53228

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ Я

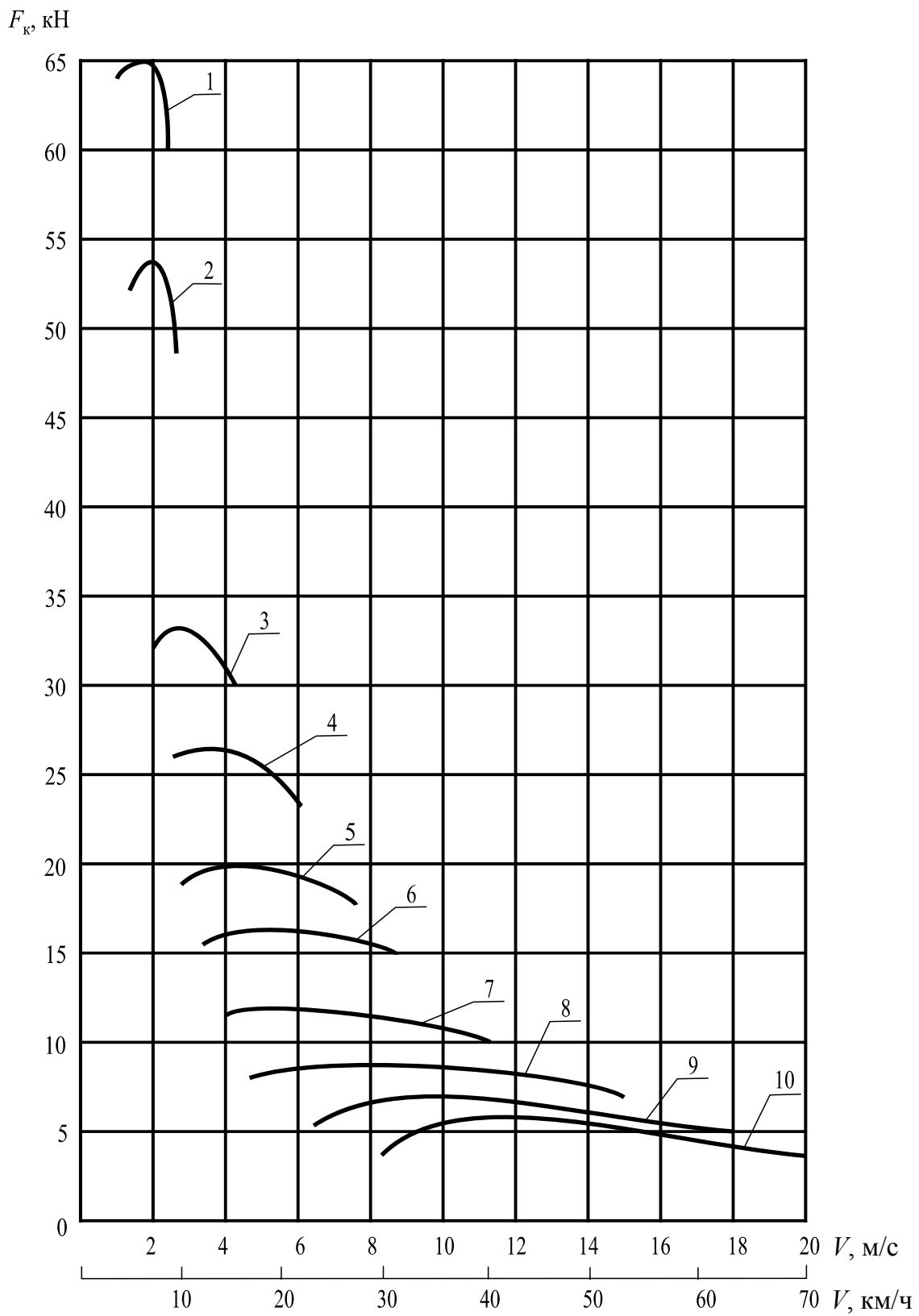


Рисунок Я.6.6 – Тяговая характеристика Урал-4120-1912

ЛИТЕРАТУРА

1. Бируля, А. К. Проектирование автомобильных дорог: учебник: в 2 ч. / А. К. Бируля. – М.: Автотрансиздат, 1953. – Ч. 1. – 515 с.
2. Автомобильные дороги Беларуси: Энциклопедия / Коллектив авторов; под общ. ред. А. В. Минина. – Минск: БелЭН, 2002. – 672 с.
3. Леонович, И. И. Автомобильные лесовозные дороги: учеб. пособие / И. И. Леонович. – Минск: Выш. шк., 1965. – 395 с.
4. Леонович, И. И. Дорожная климатология: учеб. пособие / И. И. Леонович. – Минск: БГПА, 1994. – 190 с.
5. Вырко, Н. П. Сухопутный транспорт леса: учебник / Н. П. Вырко. – Минск: Выш. шк., 1987. – 437 с.
6. Вырко, Н. П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учебник / Н. П. Вырко. – Минск: БГТУ, 2005. – 446 с.
7. Вырко, М. П. Праектаванне лесавозных дарог: вучэб. дапаможнік / М. П. Вырко, П. А. Лышчык. – Мінск: БДТУ, 2004. – 307 с.
8. Вырко, М. П. Сушапутны транспарт лесу: падручнік. – Мінск: БДТУ, 2003. – 493 с.
9. Вырко, Н. П. Расчет скоростей движения и времени хода лесовозных автопоездов по эквивалентному продольному профилю: учеб. пособие / Н. П. Вырко. – Минск: БГТУ, 2004. – 58 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1 Проектирование плана (трассы) лесной автомобильной дороги	4
1.1 Краткая характеристика природных условий местности	4
1.2 Технические требования к проектируемой дороге	4
1.3 Расчет проектных параметров автомобильных дорог	5
1.3.1 Выбор состава автопоезда и обоснование величины руководящего подъема	5
1.3.2 Определение числа полос движения	7
1.3.3 Определение расчетного расстояния видимости поверхности дороги	8
1.3.4 Сравнительный анализ результатов расчетных и нормативных параметров	8
1.4 Трассирование дороги по топографической карте	14
1.5 Проектирование плана автомобильной дороги на кривых участках	14
1.5.1 Расчет виража и уширения	15
1.5.2 Обеспечение видимости на кривых участках дороги в плане	18
2 Проектирование и расчет искусственных сооружений	18
2.1 Общие положения	18
2.2 Расположение мостов и труб в плане и продольном профиле	20
2.3. Установление границ водосборной площади бассейна	21
2.4 Определение расчетного расхода воды	24
2.5 Гидравлический расчет отверстия малого моста и других параметров	26
2.6 Расчет водопропускных дорожных труб	28
2.7 Укрепление русел водоотводных сооружений	29
2.8 Проектирование водоотводных сооружений	29
2.9 Расчет искусственных сооружений с применением ЭВМ	31

3	Проектирование продольного профиля дороги	33
3.1	Общие положения. Проектирование проектной линии	33
3.2	Проектирование вертикальных кривых	36
3.3	Проектирование земляного полотна в поперечном профиле	38
3.3.1	Определение высоты земляного полотна (отметки бровки земляного полотна)	39
3.3.2	Определение ширины земляного полотна	39
3.3.3	Определение объемов земляных дорожных работ	40
4	Расчет и конструирование дорожной одежды	42
4.1	Конструирование дорожной одежды	42
4.2	Расчет дорожной одежды на прочность	43
4.3	Расчет дорожных одежд нежесткого типа на ЭВМ.....	47
5	Расчет измерителей лесотранспорта	48
5.1	Размещение подъездных путей (веток) на трассе лесной дороги	48
5.2	Определение измерителей лесотранспорта	48
6	Тягово-эксплуатационные расчеты	50
6.1	Определение сил (H), действующих на автопоезд во время его движения	50
6.2	Определение расчетной массы автопоезда (t, m^3) и полезной нагрузки	50
6.3	Определение производительности автопоезда ($m^3/смену$) на вывозке леса и потребности в тяговом, прицепном составе и эксплуатационных материалах	50
6.4	Расчет скоростей движения и времени хода автопоезда методом эквивалентного продольного профиля	51
	Приложения	52
	Литература.....	127

Учебное издание

Вырко Николай Павлович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. И. Гоман*

Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*

Корректор *Е. И. Гоман*

Подписано в печать 31.01.2012. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7,6. Уч.-изд. л. 7,8.

Тираж 100 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.