

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 15.02.2022 13:01:01
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра городского, дорожного строительства и
строительной механики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2017 г.

ПРОЕКТ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Методические указания к выполнению курсового проекта
для студентов направления 08.03.01 и специальности 08.05.02

УДК 625.7

Составители: А.Г. Колесников, Л.Ю. Ступишин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *К.Е. Никитин*

Проект участка автомобильной дороги: методические указания к выполнению курсового проекта / Юго-Зап. Гос. Ун-т; сост.: А.Г. Колесников, Л.Ю. Ступишин. Курск, 2017. 30 с.: ил. 5, табл.14. Библиогр.: с.30

Изложена методика выполнения курсового проекта, включающего проектирование участка автомобильной дороги. Представлены последовательность, расчет и обоснование технических нормативов проектируемой дороги; дается методика проектирования и построения продольного и поперечного профилей.

Предназначены для направления 08.03.01 и специальности 08.05.02 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.06.17* Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л. 1,7. Уч.-изд.л 1,6 . Тираж 50 экз. Заказ. *1841* Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

Введение.....	4
1 Общие положения.....	5
1.1 Исходные данные для проектирования.....	5
1.2 Состав курсового проекта.....	5
2 Характеристика природных условий района проектирования дороги.....	6
3 Обоснование основных технических нормативов на проектирование автомобильной дороги.....	7
3.1 Определение нормативных радиусов кривых в плане.....	7
3.2 Определение расчетных расстояний видимости.....	9
3.3 Определение наименьших радиусов вертикальных кривых	10
3.4 Технические нормативы автомобильной дороги.....	11
4 Трасса автомобильной дороги.....	13
4.1 Расчет элементов круговой кривой.....	14
4.2 Расчет закруглений с переходными кривыми и круговой вставкой.....	15
4.3 Разбивка пикетажа.....	17
4.4 Техничко-эксплуатационные показатели.....	18
4.5 Расчет и разбивка переходных кривых.....	19
4.6 Расчет и разбивка виража.....	19
4.7 Определение максимальной стрелы видимости на кривой..	21
5 Земляное полотно автомобильной дороги.....	22
5.1 Продольный профиль участка дороги.....	22
5.2 Проектирование мероприятий по поверхностному водоот- воду.....	22
5.3 Проектирование поперечных профилей земляного полотна	26
Библиографический список.....	30

Введение

Целью курсового проектирования является обобщение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении соответствующих разделов курса.

Задачи курсового проекта:

- разработка продольного профиля трассы с инженерно-геологическим разрезом с указанием пикетов, углов поворота, обозначением существующих, проектируемых, реконструируемых, сносимых зданий и сооружений, трасс сетей инженерно-технического обеспечения, сопутствующих и пересекаемых коммуникаций;

- описание решений по организации рельефа трассы и инженерной подготовке территории;

- определение характеристик трассы линейного объекта (описание рельефа местности, климатических и инженерно-геологических условий, опасных природных процессов, растительного покрова, естественных и искусственных преград, существующих, реконструируемых, проектируемых, сносимых зданий и сооружений);

- закрепление навыков графического оформления чертежей с учетом требований системы проектной документации для строительства (СПДС);

- составление краткой технико-экономической пояснительной записки к проекту с обоснованием принятых решений и расчетом технико-экономических показателей.

1 Общие положения

1.1 Исходные данные для проектирования

Исходными данными для курсового проектирования являются:

- место проектирования дороги;
- топографическая съемка местности;
- характеристики грунтов;
- глубина залегания грунтовых вод;
- тип местности по степени увлажнения;
- расчетная интенсивность движения с учетом перспективы.

1.2 Состав курсового проекта

Состав графической части (1 лист удлиненного формата А3):

- продольный профиль автодороги в масштабе: горизонтальный М 1:5000, вертикальный 1:500, для грунтов 1:50.

Состав пояснительной записки (15-20 листов формата А4):

- обоснование расчетами норм проектирования дороги заданной категории
 - трассировка нескольких вариантов автодороги между заданными пунктами.
 - Сравнение вариантов трасс и выбор основного направления.
 - расчет и разбивка переходных кривых.
 - расчет и разбивка виража проезжей части.

2 Характеристика природных условий района проектирования дороги

Дается характеристика природно-климатических характеристик района строительства [1]:

- средняя температура за январь;
- средняя температура за июль;
- абсолютная минимальная температура;
- абсолютная максимальная температура;
- среднегодовое количество осадков;
- продолжительность периода с положительными температурами;
- значение максимального уклона местности (определяется по топографической карте);
- значение минимального уклона местности (определяется по топографической карте);
- грунтово-геологические и гидрогеологические условия;
- растительность.

3 Обоснование основных технических нормативов на проектирование автомобильной дороги

3.1 Определение нормативных радиусов кривых в плане

Радиус кривых обеспечивает безопасное движение с расчетной скоростью без устройства дополнительных мероприятий и определяется по формуле:

$$R_{min} = \frac{v^2}{(127(\mu - i_{поп}))}, \quad (1)$$

где $i_{поп}$ - поперечный уклон проезжей части (таблица 3),

μ – коэффициент поперечной силы, для 3 – 5 категории $\mu = 0,1$; для 1 – 2 категории $\mu = 0,15$.

v – расчетная скорость движения.

Расчетная скорость движения зависит от категории дороги и определяется по таблице 2.

Категория дороги зависит от интенсивности движения и определяется по таблице 1 [2].

Таблица 1 – Категория автомобильных дорог

Категория автомобильной дороги		Расчетная интенсивность движения, ед./сут
IA (автомагистраль)		Свыше 14000
IB (скоростная дорога)		Свыше 14000
Обычные дороги	IV	Свыше 14000
	II	6000 - 14000
	III	2000-6000
	IV	200-2000
	V	Менее 200

Автомагистраль - это автомобильная дорога, предназначенная только для скоростного автомобильного движения, имеющая отдельные проезжие части в обоих направлениях, пересекающая другие транспортные пути исключительно в разных уровнях: съезд-въезд на прилегающие земельные участки запрещен.

Скоростная дорога – это автомобильная дорога для скоростного движения, имеющая разделительную полосу и пересечения, как правило, в одном уровне.

Таблица 2 – Расчетные скорости движения

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч
IA	150
IB	120
IV	100
II	120
III	100
IV	80
V	60

Таблица 3 – Поперечный уклон проезжей части

Категория дороги	Поперечный уклон, ‰			
	Дорожно-климатические зоны			
	I	II, III	IV	V
I (при двускатном поперечном профиле каждой проезжей части)	15	20	25	15
II - V	15	20	20	15

Дорожно-климатическая зона зависит от места проектирования и определяется по таблице 4.

Таблица 4 – Дорожно-климатические зоны

Дорожно-климатическая зона	Примерные географические границы
I	Севернее линии, соединяющей: Нивский - Сосновку - Новый Бор - Щельябож - Сыню - Суеватпуль - Белоярский - Ларьяк - Усть-Озерное - Ярцево - Канск - Выезжий Лог - Усть - Золотую - Сарыч - Сел - Новоселове - Артыбаш - Иню - государственную границу - Симонове - Биробиджан - Болонь - Многовершинный. Включает географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлой зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлых грунтов
II	От границы I зоны до линии, соединяющей: Львов - Житомир - Тулу - Н.Новгород - Ижевск - Томск - Канск. На Дальнем Востоке от границы I зоны до государственной границы. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
III	От Южной границы II зоны до линии, соединяющей: Кишинев - Кировоград - Белгород - Самару - Магнитогорск - Омск - Бийск - Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы

IV	Расположена от границы III зоны до линии, соединяющей: Джульфу - Степанакерт - Кизляр - Волгоград и далее проходит южнее на 200 км линии, соединяющей: Уральск - Актюбинск - Караганду. Включает географическую степную зону с недостаточным увлажнением грунтов.
V	Расположена к юго-западу и югу от границы IV зоны и включает пустынную и пустынно-степную географические зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

Минимальный радиус с устройством дополнительных мероприятий:

$$R_{min} = \frac{v^2}{(127(\mu + i_{вер}))}, \quad (2)$$

где $i_{вер}$ – поперечный уклон виража (таблица 5).

Таблица 5 – Поперечный уклон проезжей части на виражах

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰
От 3000 до 1000 для дорог I категории	20-30
От 2000 до 1000 для дорог II категории	20-30
От 1000 до 700	30-40
От 700 до 650	40-50
От 650 до 600	50-60
600 и менее	60
Примечание – меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а большие значения – меньшим радиусам.	

Расчетное значение радиуса кривой в плане сравниваются с табличными значениями (таблица 7) и принимаются наибольшие значения.

3.2 Определение расчетных расстояний видимости

Расстояние видимости на всем протяжении дороги должно быть не менее остановочного пути до препятствия.

Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя

автомобиля, равной 1,2 м от поверхности проезжей части.

Наименьшее расстояние видимости для остановки перед препятствием:

$$S_{\text{п}} = \frac{v}{3,6} + \frac{k \times v^2}{254 \times \varphi} + l_0, \quad (3)$$

где k – коэффициент эксплуатационных условий торможения (зависит от покрытия), для асфальтобетонных покрытий $k = 1,2$;

φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой, $\varphi = 0,5$;

l_0 – расстояние запаса, $l_0 = 5 - 10$ м;

v – расчетная скорость движения.

Наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля:

$$S_{\text{в}} = \frac{v}{1,8} + \frac{k \times v^2}{127 \times \varphi} + l_0. \quad (4)$$

Полученные значения сравниваются с табличными (таблица 6) и выбирается большее значение [2].

Таблица 6 – Наименьшие расстояния видимости.

Расчетная скорость, км/ч	Наименьшее расстояние видимости, м	
	Для остановки	Встречного автомобиля
150	300	-
120	250	450
100	200	350
80	150	250
60	85	170

3.3 Определение наименьших радиусов вертикальных кривых

Минимальный радиус выпуклых вертикальных кривых определяется из условия видимости поверхности дороги:

$$R_{\text{вып}} = \frac{S_{\text{п}}^2}{2a}, \quad (5)$$

или видимости встречного автомобиля:

$$R_{\text{вып}} = \frac{S_{\text{в}}^2}{8a}, \quad (6)$$

где a – возвышение глаза водителя над поверхностью дороги, a принимается 1,2 м.

Из двух значений принимается наибольшее.

Радиус вогнутой кривой:

$$R_{\text{вог}} = \frac{v^2}{13a_0}, \quad (7)$$

a_0 – допускаемое центробежное ускорение, дающее перегрузку рессор не более 10%, $a_0 = 0,5 \text{ м/с}^2$.

Наименьший радиус вогнутой кривой проверяется на условие обеспечения видимости в ночное время:

$$R_{\text{вог}} = \frac{s_{\text{п}}^2}{2(h_{\text{ф}} + s_{\text{п}} \times \text{tg} \frac{\alpha_1}{2})}, \quad (8)$$

$h_{\text{ф}}$ – высота фар над поверхностью дороги, равная 0,7 м;

α_1 – угол рассеивания света фар, равный 2%;

Из двух значений принимается наибольшее.

Расчетные значения радиусов вогнутой и выпуклой кривых сравниваются с табличными значениями (таблица 7) и принимаются наибольшие значения [2].

Таблица 7 – Наименьшие радиусы кривых.

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м		
		В плане	В продольном профиле	
			выпуклых	вогнутых
150	30	12000	30000	8000
120	40	800	15000	5000
100	50	600	10000	3000
80	60	300	5000	2000
60	70	150	2500	1500

3.4 Технические нормативы автомобильной дороги

Данные, полученные в п.3.1-3.3 сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 - Технические нормативы автомобильной дороги

Название технического норматива	Значение
Категория дороги (по таблице 1)	
Расчетная скорость (по таблице 2)	
Число полос движения (по таблице 9)	
Ширина полосы движения (по таблице 9)	
Ширина проезжей части (по таблице 9)	
Поперечный уклон проезжей части (по таблице 3)	

Максимальный продольный уклон (по таблице 7)	
Наименьшее допустимое расстояние видимости	
- для остановки пред препятствием (по п.3.2)	
- для встречного автомобиля (по п.3.2)	
Наименьший радиус кривых	
- горизонтальный радиус без устройства переходных кривых (по п.3.3)	
- горизонтальные кривые в плане (по п.3.3)	
- вертикальные выпуклые кривые (по п.3.3)	
- вертикальные вогнутые кривые (по п.3.3)	

Таблица 9 – Основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна.

Категория дороги	Ширина земляного полотна, м	Число полос движения	Ширина, м					
			Полосы движения	Укрепленной полосы движения	Центральной раздельной полосы	Остановочной полосы	Обочины	Укрепленной полосы на раздельной полосе
IA	28,5; 36; 43,5	4; 6; 8	3,75	0,75	6	2,50	3,75	1
IB	27,5; 35; 42,5	4; 6; 8	3,75	0,75	5	2,50	3,75	1
IV	21; 28; 17,5	4; 6; 8	3,75/3,5	0,75/0,50	5	2,50	3,75	1
II	15; 12	2; 4	3,75/3,5	0,75/0,50	-	2,50	3,75/2,5	-
III	12	2	3,0	0,50	-	-	2,5	-
IV	10	2	3,0	0,50	-	-	2,0	-
V	4,5+3,5=8	1	4,5	-	-	-	1,75	-

4 Трасса автомобильной дороги

При выборе направления трассы следует в зависимости от рельефа и контурных препятствий (озер, населенных пунктов и т. д.) наметить 2-3 варианта целесообразного положения трассы в полосе местности между начальным и конечным пунктами [3].

Неспокойный рельеф местности, населенные пункты, пересечения болот, больших водотоков, железных и автомобильных дорог и прочие препятствия вызывают отклонение трассы от кратчайшего направления (воздушной линии). При этом следует назначать по возможности большие радиусы кривых, учитывая требования удобства движения и возможности перевода дороги на подходе к городу в более высокую категорию. Не допускается применять радиусы меньше R_{\min} . При применении радиуса, требующего устройства переходных кривых, следует предусмотреть возможность их размещения.

При проектировании дороги на подходе к городу следует руководствоваться принципами ландшафтного проектирования, пространственного и оптического трассирования. Дорога должна органически вписываться в ландшафт. Углы поворота в плане следует совмещать с основными переломами элементов рельефа (водоразделами, пересечением водотоков). Трасса дороги должна огибать отдельные возвышенности, а не пересекать их. Направление дороги должно быть ясно видно на расстоянии, значительно превышающем нормативное расстояние видимости. Элементы дороги (в плане и профиле) следует проектировать таким образом, чтобы отсутствовали искажения вида отдельных участков в перспективе [4].

Следует избегать резких переходов от кривых большого радиуса в плане к кривым малого радиуса. Радиусы сопрягающихся или близко расположенных кривых не должны отличаться более чем в 1,3-2 раза. Повороты дороги с малыми углами (до 5° должны смягчаться вписыванием кривых больших радиусов (3000 - 5000 м) или непосредственно сопрягающимися переходными кривыми. Не следует допускать между кривыми, направленными в одну сторону, прямых вставок короче 300 - 450 м, а между обратными кривыми - короче 200 м. Целесообразно вместо устройства коротких прямых вставок увеличить радиусы кривых, чтобы они непосредственно сопрягались друг с другом, или вводить сопрягающиеся переходных кривых.

Малые и средние мосты и трубы допускается располагать при

любых сочетаниях элементов профиля, в том числе криволинейных.

Не следует ради удобств пересечения небольших оврагов, ложбин и небольших рек на прямых участках дополнительно искривлять и удлинять трассу.

Пересечения автомобильных дорог с существующими железными и автомобильными дорогами следует по возможности располагать на свободных площадках и прямых участках пересекающихся дорог. Острый угол между пересекающимися дорогами в одном уровне не должны быть менее 60° .

В районах с частыми снежными заносами необходимо учитывать направление господствующих ветров таким образом, чтобы обеспечить незаносимость дороги.

Существуют два метода трассирования дороги по карте: традиционный (полигонное трассирование) и с помощью гибкой линейки.

При традиционном методе проектирования через контрольные точки на карте наносят магистральный ход в виде ломанных линий, измеряют углы поворота и расстояние между вершинами углов. В каждый угол поворота вписывают круговые кривые при $R > 2000$ м ($R > 3000$ м для дорог I категории) и круговые и переходные кривые при $R < 2000$ м ($R < 3000$ м для дорог I категории).

Метод гибкой линейки состоит в том, что на карте в рельеф и ситуацию вписывают с помощью гибкой линейки плавную линию, для которой на ЭВМ подбирают сочетание сопрягающихся кривых. Метод гибкой линейки позволяет наносить наиболее оптимальные варианты трассы, обеспечивающие лучшее сочетание с окружающим ландшафтом.

4.1 Расчет элементов круговой кривой

Для проверки возможности сопряжения прямых только круговой кривой без дополнительных вставок, определяется тангенс кривой (рисунок 1):

$$T = R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right), \quad (9)$$

где R – радиус круговой кривой (принимается 2000 м для дорог II – V категорий, 3000 м для дорог I категории),

α – угол поворота трассы.

Если длина прямых, примыкающих к углу поворота, позволяет

разместить рассчитанный тангенс, определяют оставшиеся характеристики кривой. Если нет, то необходимо использовать закругления с переходными кривыми и круговой вставкой.

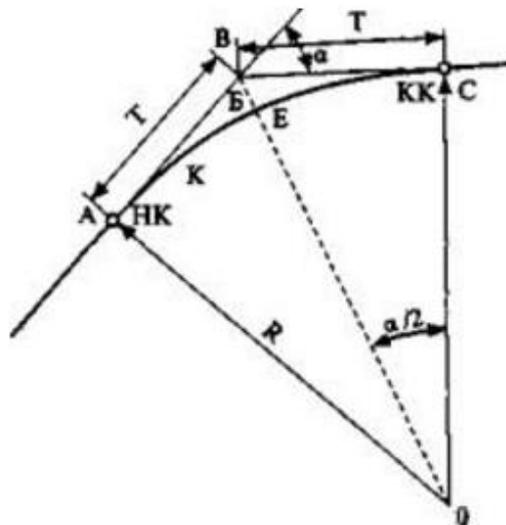


Рисунок 1 – Круговая кривая

Биссектриса кривой

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right). \quad (10)$$

Длина кривой

$$K = R \frac{\pi \alpha}{180}. \quad (11)$$

Между длиной трассы по тангенсам и по кривой существует следующая связь:

$$D = 2T - K, \quad (12)$$

где D – домер.

4.2 Расчет закруглений с переходными кривыми и круговой вставкой

Основные элементы закруглений в плане с радиусами круговых, требующими сопряжения с прямыми участками трассы посредством вспомогательных переходных, представлены на рисунке 2. При устройстве переходных вспомогательных кривых сокращается длина основной круговой кривой, при этом ее центральный угол α_0 будет меньше на величину 2φ [5].

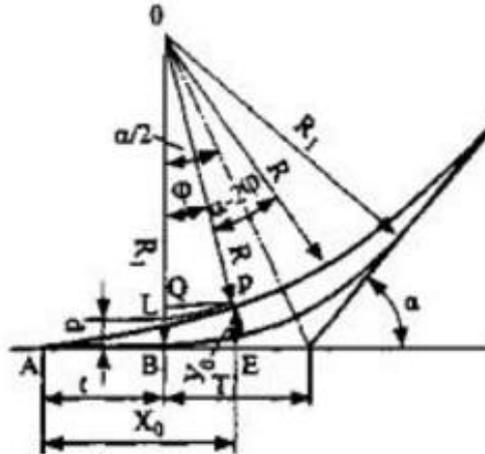


Рисунок 2 – Круговая кривая с вспомогательными переходными кривыми

Расчет закруглений с переходными кривыми и круговой вставкой производится в следующей последовательности:

1. Из формулы (9) определяют величину радиуса круговой кривой (должен быть не менее минимально допустимого по п.3.4).
2. Определяют длину переходной кривой:

$$L = \frac{v^3}{47RI'} \quad (13)$$

где

R – радиус круговой кривой,

v – расчетная скорость движения,

I' – нарастание центробежного ускорения, $0,2 - 0,5 \text{ м/с}^2$.

Значение величины переходной кривой должно быть не меньше указанных в таблице 10.

Таблица 10 – Длина переходной кривой

Радиус круговой кривой, м	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600-1000	1000-2000
Длина переходной кривой, м	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

3. Находим значение угла β поворота в пределах переходной кривой:

$$\beta = \frac{57,3L}{2R}, \quad (14)$$

и проверяем возможность разбивки закругления с такими переходными кривыми. Если угол α больше двух углов β , то разбивка закругления возможна. В противном случае следует уменьшить длину переходной кривой или увеличить радиус круговой кривой.

4. Определяют добавочный тангенс - расстояние от начала переходной кривой до перпендикуляра, опущенного из центра круговой кривой на линию тангенсов (рисунок 2):

$$t = X_k - R \times \sin\beta, \quad (15)$$

где X_k - абсцисса конца переходной кривой,

$$X_k = L - \frac{L^5}{40C^2}, \quad (16)$$

где $C = RL$ - параметр переходной кривой.

5. Находим смещение нового тангенса

$$P = \frac{L^2}{24R}. \quad (17)$$

6. Определяем длину нового тангенса

$$T_H = (R + P)tg \frac{\alpha}{2} + t. \quad (18)$$

7. Находим новую длину кривой

$$K_H = \frac{\pi R(\alpha - 2\beta)}{180}. \quad (19)$$

8. Определяем длину закругления

$$K_3 = K_H + 2L. \quad (20)$$

4.3 Разбивка пикетажа

Трасса разбивается на пикеты – участки по 100 м. Вычисляются пикеты характерных точек трассы:

- начало трассы (ПК НТ). Обычно принимается ПК0+0,00;
- пикет вершины угла поворота (ПК ВУ). Определяется прибавлением к пикету начала трассы длины прямой;
- пикет начала кривой (ПК НК). Определяется вычитанием из ПК ВУ тангенса кривой Т;
- пикет конца кривой (ПК КК). Определяется прибавлением к ПК НК длины кривой К;
- пикет конца трассы (ПК КТ). Определяется прибавлением к ПК КК длины прямой и вычитанием тангенса кривой.

Аналогично определяются пикеты всех элементов кривых, пересечений и примыканий дорог. При наличии круговых кривых с вспомогательными переходными кривыми, дополнительно определяются

начало и конец круговой кривой.

Посчитанные элементы углов поворота, кривых и прямых сводятся в таблицу (таблица 11).

Таблица 11 - Ведомость углов поворота, кривых и прямых

Углы			Кривые							Прямые	
№ ВУ	Вершина, ПК+	Величина, град., мин.	Радиус, R	Тангенс, Т	Биссектриса, Б	Кривая, К	Домер, Д	НК, ПК+	КК, ПК+	Расстояние между ВУ, м	Длина прямой, м

Величина угла со знаком «+» - вправо, «-» - влево.

Под таблицей приводится суммарное значение длин прямых и кривых.

4.4 Техничко-эксплуатационные показатели

Техничко-эксплуатационные показатели по вариантам подсчитываются для каждого варианта трассы (таблица 12). На основе этих показателей принимается окончательный вариант трассы.

Таблица 12 - Техничко-эксплуатационные показатели

№	Показатель	Ед. изм	Номер варианта		Вы-вод
1	Протяженность трассы	м			
2	Коэф. удлинения $K_y = \frac{L}{L_b}$, где L_b – длина воздушной линии.				
3	Число углов поворота	шт			
4	Число углов поворота на 1 км	шт/км			
5	Средняя величина углов поворота	град			
6	Средняя величина радиусов кривых	м			
7	Число кривых наименьшего радиуса	шт			
8	Протяженность участков с уклоном больше	м			

	допустимого				
9	Протяженность заболоченных участков	м			
10	Число искусственных сооружений	шт			
11	Перепробег автомобилей по сравнению с самым коротким вариантом: $N \times l$, где N – интенсивность движения, l – удлинение трассы, км.	авт.км /сут			

4.5 Расчет и разбивка переходных кривых

Для детальной разбивки переходной кривой вычисляют координаты её по таблицам или по формулам:

$$x = S - \frac{S^5}{40c^2}, \quad (21)$$

$$y = \frac{S^3}{6c} - \frac{S^7}{336c^3}, \quad (22)$$

где

$c = RL$ - параметр переходной кривой.

S – длина участка переходной кривой. Чем короче участки, тем точнее будет переходная кривая. В условиях курсового проектирования, достаточно принять $S = L/5$ (соответственно вычислить пять точек переходной кривой). Результаты вычислений приводятся в виде таблицы (таблица 13).

Таблица 13 – Детальная разбивка переходной кривой

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
х					
у					

4.6 Расчет и разбивка виража

Односкатный поперечный профиль закругления (вираж) следует предусматривать при радиусах кривизны меньше, чем 3000 м для дорог категории I и 2000 м – для дорог категорий II-V. Уклоны виража на всем участке закругления, включая круговую кривую и примыкание к ней участков кривых с переменной кривизной, назначают в зависимости от радиусов кривизны по таблице 5.

При радиусах кривых в плане 1000 м и менее предусматривают уширение проезжей части с внутренней стороны за счет обочин, с тем

чтобы ширина обочин была не менее 1,5 м для дорог категорий I и II и не менее 1 м – для дорог остальных категорий.

В зависимости от того, уклон виража равен или больше уклона проезжей части двухскатного профиля, разбивка отгона виража производится различными способами [6].

Если уклоны $i_v = i_{\text{п}}$, то производится вращение плоскости внешней полости проезжей части и обочины вокруг оси дороги до придания внешней полосе проезжей части и внешней обочине уклона внутренней полосы проезжей части и обочины.

Если уклон виража больше уклона двухскатного поперечного профиля, то на участке, где $i_v > i_{\text{п}}$ производится вращение внешней полосы проезжей части вокруг оси дороги до придания внешней полосе уклона, равного уклону внутренней полосы или вокруг внутренней кромки до придания проезжей части требуемого уклона виража.

Отгон виража делится на участки, кратные уклонам или расстояниям, и на концах этих участков высчитываются уклоны, превышения и абсолютные отметки всех характерных точек земляного полотна по отношению к точке, принятой за нуль.

Поперечные уклоны внешней полосы проезжей части в любом сечении в пределах отгона виража определяют по следующей формуле:

$$i_{\text{п}}^{\text{вер}} = \frac{2Si_{\text{п}}}{L} - i_{\text{п}}, \quad (23)$$

где

$i_{\text{п}}$ – поперечный уклон проезжей части (по таблице 3),

L – длина отгона виража,

S – длина участка отгона виража.

Поперечные уклоны внешней полосы обочины в любом сечении в пределах отгона виража определяют по следующей формуле:

$$i_{\text{об}}^{\text{вер}} = \frac{2Si_{\text{об}}}{L} - i_{\text{об}}, \quad (24)$$

где

$i_{\text{об}}$ – поперечный уклон обочины (по таблице 3), поперечные уклоны обочин при двускатном поперечном профиле следует принимать на 10 ‰ - 30 ‰ больше поперечных уклонов проезжей части.

Поскольку на продольном профиле проектные отметки определяются для оси дороги, то удобней превышения определять относи-

тельно оси дороги. Например, превышения края внешней и внутренней полосы относительно оси дороги:

$$h = b_{\text{пол}} \times i_{\text{п}}^{\text{вер}}, \quad (25)$$

где $b_{\text{пол}}$ – ширина полосы движения.

Результаты вычислений заносят в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты разбивки отгона виража

№ сечений	Пикет	Расстояние, м	Поперечный уклон, %				Уширение проезжей части	Превышение над осью дороги, см						
			Внутренняя обочина	Внутренняя полоса проезжей части	Внешняя полоса проезжей части	Внешняя обочина		Внутренняя бровка	Внутренняя кромка	ось	Внешняя бровка	Внешняя кромка		

4.7 Определение максимальной стрелы видимости на кривой

Величина максимальной стрелы видимости Z (расстояние от траектории движения автомобиля до границы видимости в середине кривой) определяется по формуле:

$$Z = R \left(1 - \cos \frac{\gamma}{2} \right), \quad (26)$$

где

R – радиус кривой, м,

γ – угол, определяемой по формуле:

$$\gamma = \frac{S_{\text{в}} \times 180}{R \times \pi}, \quad (27)$$

$S_{\text{в}}$ - расстояние видимости встречного автомобиля по формуле 4.

5 Земляное полотно автомобильной дороги

5.1 Продольный профиль участка дороги

Продольный профиль дороги вычерчивается по установленной форме (рисунок 3) в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500, для грунтового разреза 1:100 [7].

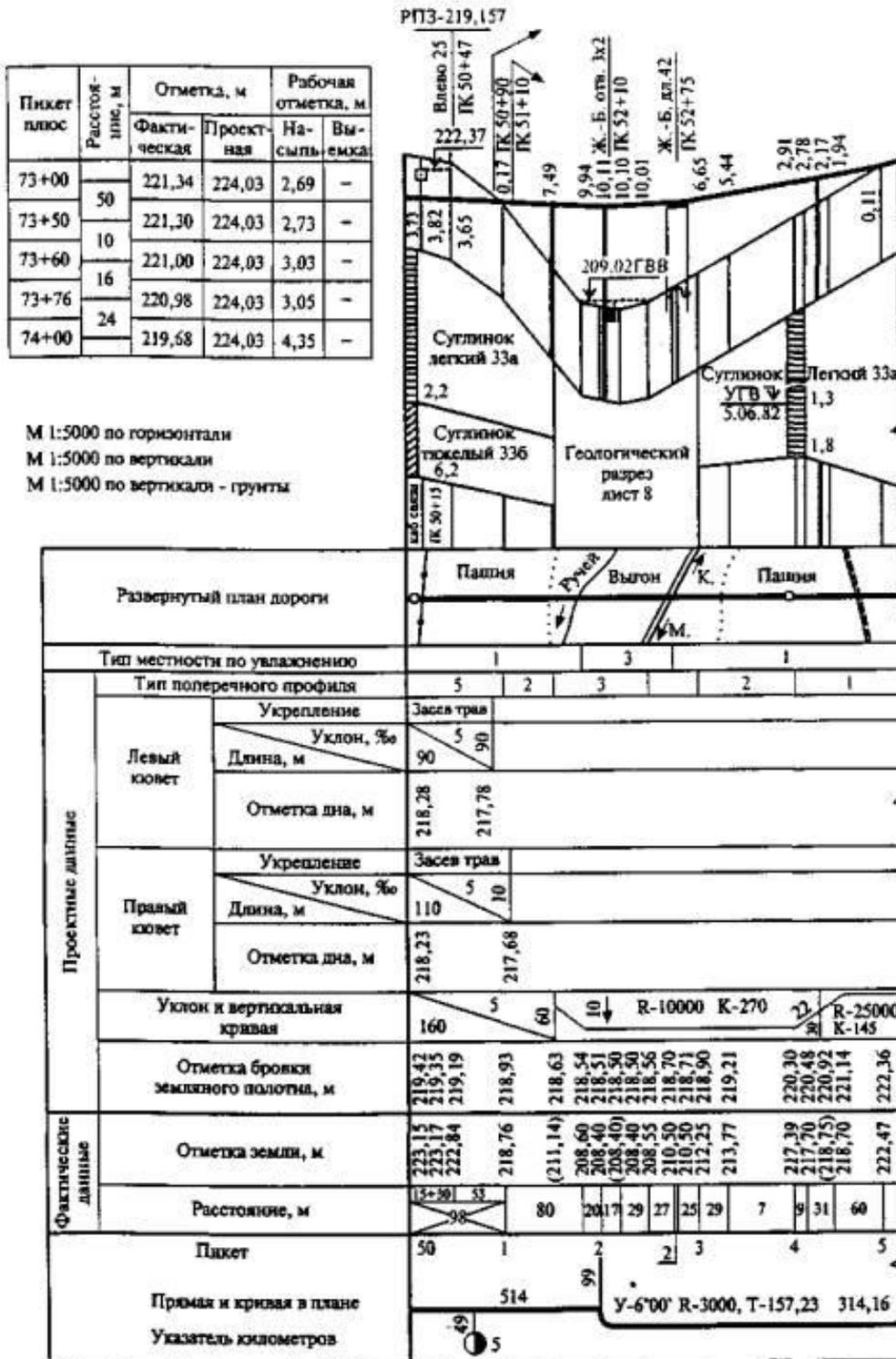


Рисунок 3 - Продольный профиль участка дороги

На продольном профиле автомобильных дорог наносят и указывают:

- линию фактической поверхности земли по оси автомобильной дороги, линии ординат от точек ее переломов и линию проектируемой бровки земляного полотна. На продольных профилях городских и реконструируемых автомобильных дорог вместо линии проектируемой бровки земляного полотна наносят линию проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси проезжей части;

- разведочные геологические выработки, влажность и консистенцию слоев грунта (условным обозначением), отметки уровня грунтовых вод с датой замера;

- наименования слоев грунта и номера их групп (например, суглинки 33а, песок 27б) в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки.

Выше проектной линии наносят и указывают:

- реперы;
- надземные и наземные инженерные сети;
- наименования проектируемых искусственных сооружений;
- транспортные развязки;
- съезды;
- переезды через железнодорожные пути;
- нагорные и водоотводные каналы, сбросы воды;
- водораздельные дамбы;
- рабочие отметки насыпи.

Ниже проектной линии наносят и указывают

- линии ординат от точек переломов проектной линии;
- рабочие отметки выемок;
- обозначения искусственных сооружений и наименования существующих искусственных сооружений;
- подземные инженерные сети.

Под продольным профилем помещают таблицу (сетку) (рисунок 4).

Развернутый план дороги			20
Тип местности по увлажнению			5
Тип поперечного профиля			5
Проектные данные	Левый ювет	Укрепление	5
		Уклон, ‰	5
		Длина, м	10
	Отметка дна, м		15
	Правый ювет	Укрепление	5
		Уклон, ‰	5
Длина, м		10	
Отметка дна, м		15	
Уклон, ‰, и вертикальная кривая, м			10
Отметка бровки земляного полотна, м			15
Фактические данные	Отметка земля, м		15
	Расстояние, м		10
	Пикет Прямые и кривые в плане		5
Указатель километров			20
10	25	40	75

Рисунок 4 – Размеры граф сетки продольного профиля

Проектирование продольного профиля выполняют в следующей последовательности:

1. Вычерчивают нижнюю часть документа (сетку).
2. Залоняют графу где указываются пикеты, километры, кривые и прямые участки, расстояния от начала и конца кривых до ближайших пикетов, длины прямых участков и румбы, километры.
3. Заполняют графу, где выписываются отметки земли по оси дороги (черные отметки) на каждом пикете.
4. Наносят линию поверхности земли (черная линия) по оси дороги в соответствии с черными отметками.
5. Параллельно линии поверхности земли и ниже ее на 2 см вычерчивают линию грунтового профиля.

6. Определяют места устройства искусственных сооружений - мостов, труб путепроводов.

7. Наносят проектную линию.

8. Определяют проектные отметки и уклоны. Проектные отметки в пределах вертикальных кривых определяют по формуле:

$$H = \frac{l^2}{2R}, \quad (27)$$

где

l - длина участка кривой, отсчитываемая от вершины кривой (точки, где уклон равен 0), м;

R - радиус вертикальной кривой, м.

9. Заполняют оставшиеся графы сетки.

5.2 Проектирование мероприятий по поверхностному водоотводу

При проектировании продольного профиля на всех пониженных участках должны быть назначены мероприятия по водоотводу.

Обеспечение нормального стока поверхностных вод на участках, проходящих в выемке и насыпи высотой менее 2-3 м, достигается устройством боковых канав - кюветов. Сечение кювета трапецеидальное с шириной дна 0,4-0,5 м, глубина кювета 0,5-1,0 м (но не менее 0,3 м) треугольные кюветы глубиной не менее 0,3 м устраиваются на сухих местах при несвязных грунтах.

Продольный уклон дна кювета назначают равным продольному уклону бровки земляного полотна, но не менее 0,005, в исключительных случаях - 0,003, поэтому на участках, где проектная линия имеет уклон менее 0,005 - 0,003, проектируют закругленные кюветы с уклонами не менее 0,003 - 0,005.

Проектную линию в выемках не разрешается располагать с уклонами менее 0,005 и на вогнутых вертикальных кривых. В исключительных случаях, если в выемке допускаются уклоны менее 0,005, проектируют углубленные кюветы с уклоном 0,005, принимая глубину кювета на водоразделе (при сбросе воды в обе стороны) не менее 0,30 м. Не разрешается пропускать воду из кюветов или резервов насыпи по кюветам выемок. При невозможности отвода воды из кюветов насыпи в пониженные места воду из кюветов пропускают через насыпь, для чего устраивают перепускные трубы диаметром не менее 0,75 -1,0 м не реже чем через 0,5 км.

В зависимости от продольного уклона кювета подбирают тип укрепления его дна и стенок. Так, при уклоне менее 20-30 ‰ используют засев трав и дерновку, при уклоне до 50 ‰ - одиночное мощение, каменную кладку или бетонные плиты, при уклоне более 50 ‰ проектируют перепады и быстротоки.

При трассировании дороги по косогору (особенно в выемке) с нагорной стороны предусматривается устройство одного или нескольких рядов нагорных канав для перехвата поверхностных вод, поступающих с прилегающей местности. Проектные решения по кюветам показываются отдельно для левого и правого кювета в соответствующих графах сетки продольного профиля, а по нагорным канавам — над проектной линией.

Система поперечного водоотвода должна предусматривать сброс воды в стороны от земляного полотна из продольных канав (кюветов) на затяжных спусках, отвод воды из бессточных впадин, отвод воды в условиях равнинного рельефа в пониженные места.

При пересечении дорогой двух или более логов, расположенных близко друг от друга (не более 500 м), наиболее экономичным, как правило, будет устройство водоотводных канав для сброса воды в наиболее глубокий лог с перепуском ее через дорогу только в этом логе.

5.3 Проектирование поперечных профилей земляного полотна

Конструкции земляного полотна принимаются на основе решений по продольному профилю с учетом рельефа местности, грунтово-гидрологических решений, а также дорожно-климатического районирования территории Российской Федерации.

Для благоприятных грунтовых условий разработаны типовые конструкции земляного полотна, применяемые для насыпей высотой до 12 м и выемок глубиной до 12 м (рисунок 5) [8].

На поперечном профиле конструкций земляного полотна указывают: линию поверхности земля (условно), контур проектируемого земляного полотна с указанием крутизны откосов, ширину земляного полотна и его элементов, направления обочин и откосов, конструкцию дорожной одежды (схематично) и границы отвода земли.

ТИП 1



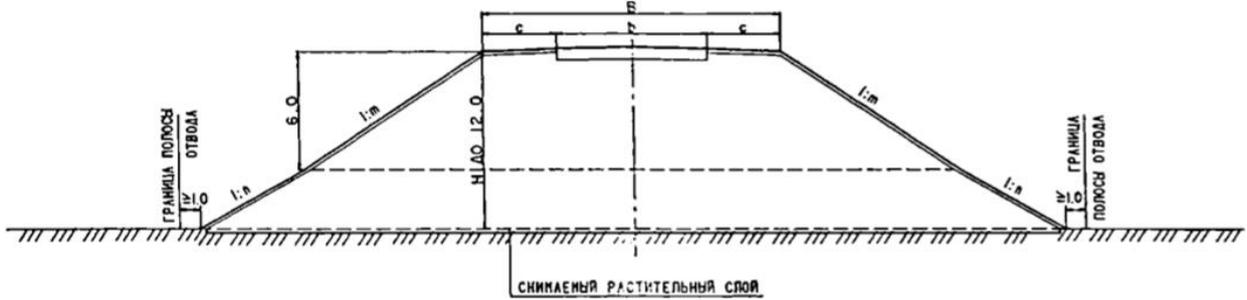
ТИП 2



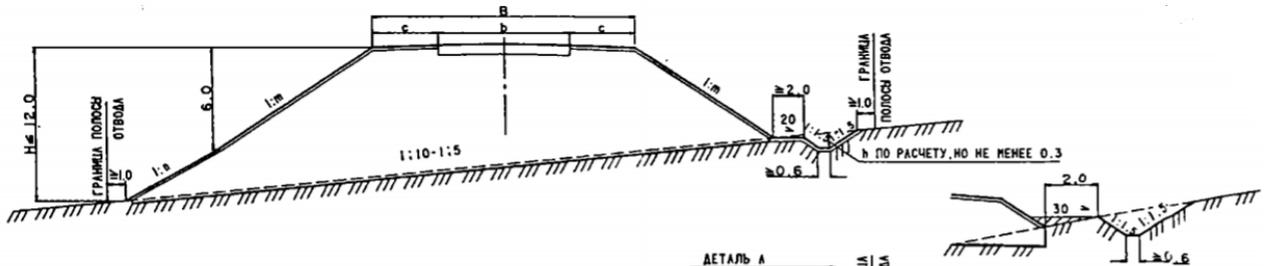
ТИП 3



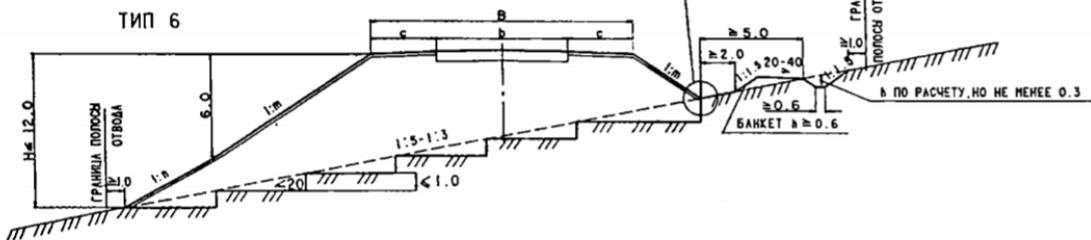
ТИП 4



ТИП 5



ТИП 6



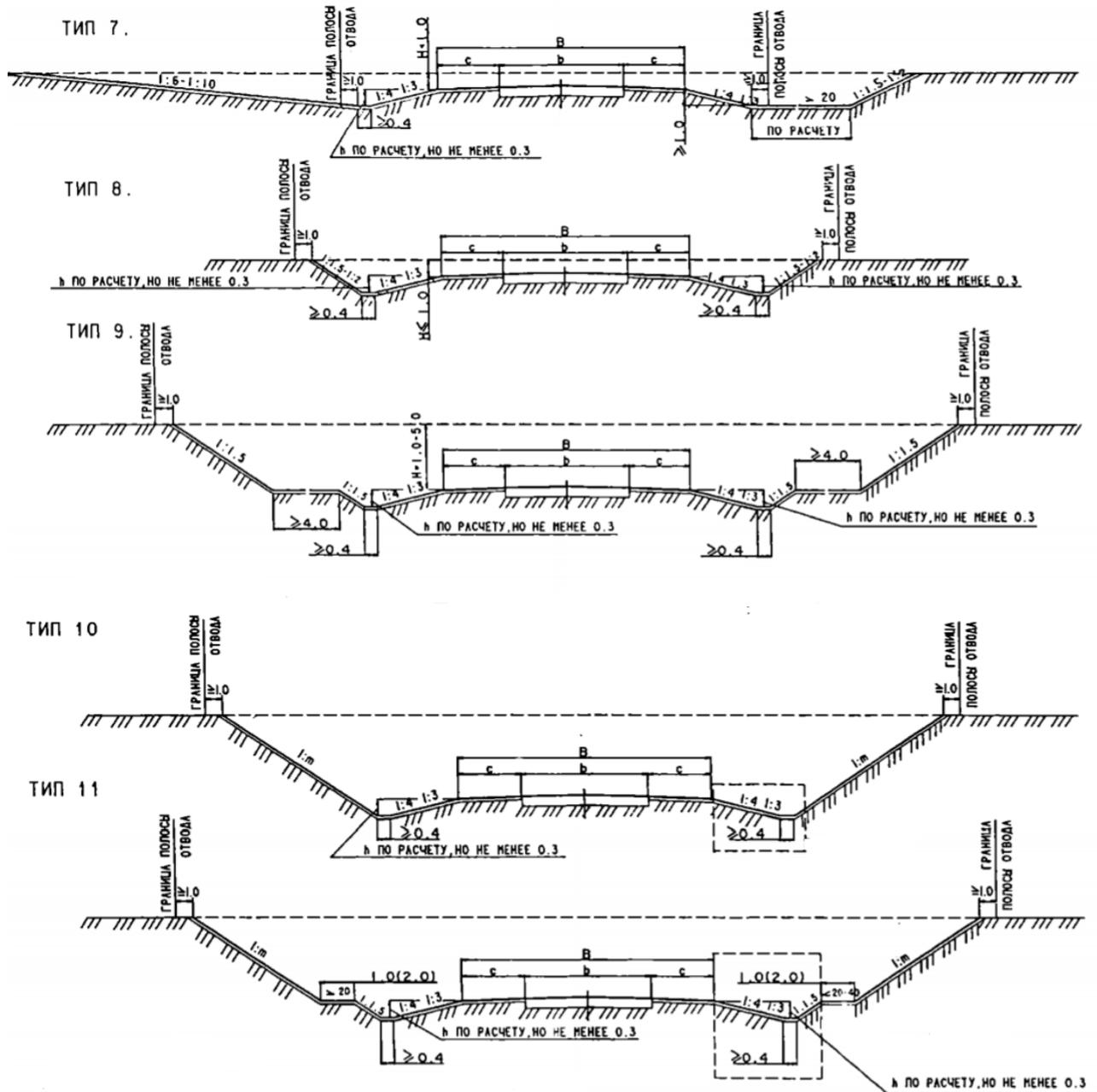


Рисунок 5 – Типы поперечных профилей: тип 1, тип 2 – насыпи высотой до 3(2) м. с кюветами и боковыми резервами; тип 3, тип 4 – насыпи высотой до 6 и до 12 м.; тип 5, тип 6 – насыпи с высотой откоса низовой стороны до 12 м. на склонах с крутизной 1/10 – 1/5 и 1/5 – 1/3; тип 7, тип 8, тип 9, тип 10, тип 11 – выемки глубиной до 1, до 5 м и до 12 м.

Симметричные поперечные профили конструкций земляного полотна изображают до оси симметрии (оси дороги).

Крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на I -III категорий следует назначать с учетом безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях, как правило, не круче 1:4, а для дорог остальных категорий при высоте насыпи до 2 м - не круче 1:3.

На ценных землях крутизну откосов допускается увеличивать до 1:3-1:2.

При высоте насыпи более указанных выше значений (до 6 м) крутизну откосов на дорогах всех категорий принимают 1:1,5. при высоте насыпи от 6 до 12 м верхнюю часть насыпи высотой 6 м устраивают с откосов 1:1,5, нижнюю - 1:1,75.

Для выемок (независимо от их глубины) внутренний откос принимают равным 1:3, а крутизну внешнего откоса - в зависимости от глубины выемок и занос и мости ее снегом:

При $H_{\text{выемки}}$ до 1 м — раскрытыми с крутизной откоса от 1:5 до 1:10 или разделанными под насыпь.

При $H_{\text{выемки}}$ от 1 до 5 м на снегозаносимых участках с откосом 1:1,5 - 1:2 и дополнительными полками или обочинами шириной не менее 4 м.

При $H_{\text{выемки}}$ от 1 до 5 м на снегозаносимых участках и при $H_{\text{выемки}}$ от 5 до 12 м во всех случаях -1:1,5.

Все поперечные профили, встречающиеся на запроектированном участке продольного профиля, вычерчивают в масштабе 1:100 или 1:200.

Библиографический список

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* [Текст].- Введ. 2013-01-01. – М.: НИИСН РААСН, 2015. - 119 с.
2. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*[Текст].- Введ. 2013-07-01. – М.: СоюздорНИИ, 2013. - 107 с.
3. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* [Текст].- Введ. 2011-05-20. – М.: ЦНИИП градостроительства, 2011. - 108 с.
4. Карпов, Б.Н. Основы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог [Текст]: учебник/ Б.Н. Карпов. -М.: Издательство Академия, 2011г. – 208 с.
5. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст]: в 2-х кн. : учебник / Г. А. Федотов , П. И. Пospelов . - Москва : Высшая школа, 2014 - . - ISBN 978-5-06-005760-7. Кн. 2. - 2014. - 519 с.
6. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебник / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Интеграл, 2014 - .Ч. 2. – 415 с.
7. ГОСТ 21.701-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог [Текст].- Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. - 32 с.
8. ТП 503-0-48.87 Типовые материалы для проектирования. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования [Текст].- Введ. 1987-03-30. – М.: Союздорпроект, 1987. - 55 с.