

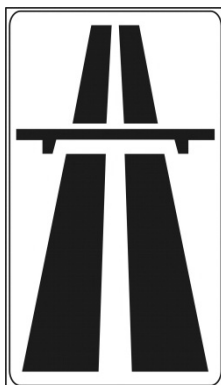
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ИЗЫСКАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
очной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2021

УДК 625.72
ББК 39.311-06
ИЗ9

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «25» марта 2021 г.,
протокол № 10

Составители: ст. преподаватель А. М. Сергеева;
ст. преподаватель О. И. Бродова

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Данилов

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги».

Учебно-методическое издание

ИЗЫСКАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Часть 1

Ответственный за выпуск	А. Ю. Скриган
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

1 Общие указания по исходным данным и составу проекта.....	4
2 Характеристика района проектирования дороги	5
3 Определение категории дороги и основных технических нормативов	6
4 Проектирование плана трассы автомобильной дороги	8
5 Сравнение вариантов плана трассы.....	16
6 Проектирование продольного профиля автомобильной дороги.....	17
7 Проектирование кюветов	26
8 Проектирование поперечных профилей конструкции земляного полотна	30
9 Определение объемов земляных работ	32
Список литературы	37
Приложение А.	38
Приложение Б. Изготовление шаблонов для построения вертикальных кривых проектной линии продольного профиля	39
Приложение В.	41
Приложение Г. Условные графические обозначения и изображения элементов сооружений транспорта.....	45
Приложение Д. Типовые поперечные профили	47

1 Общие указания по исходным данным и составу проекта

Курсовой проект «Основы проектирования автомобильных дорог» выполняется во время изучения дисциплины «Изыскание и проектирование автомобильных дорог».

Цель курсового проекта – закрепление обучающимися теоретических знаний и приобретение практических навыков по разработке основных технических решений при проектировании автомобильных дорог.

Исходные данные для выполнения курсового проекта задаются преподавателем: на карте указывают две точки, между которыми необходимо запроектировать автомобильную дорогу в соответствии с требованиями технических нормативно-правовых актов.

При выполнении проекта необходимо:

- установить категорию автомобильной дороги и обосновать основные технические нормативы, по которым она должна проектироваться;
- выполнить трассирование на карте двух вариантов трассы дороги с учетом природных условий района проектирования и составить ведомости углов поворота, прямых и кривых;
- оценить эффективность принятых при проектировании решений и выбрать лучший вариант трассы;
- для выбранного варианта запроектировать продольный профиль автомобильной дороги и поперечные профили земляного полотна;
- подсчитать объемы земляных работ.

Курсовой проект содержит 25–30 страниц расчетно-пояснительной записки, отражающей последовательность работы при решении поставленной задачи и включающей в себя все необходимые расчеты и обоснования, и трех листов графической части.

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов.

Введение.

- 1 Характеристика района проектирования дороги.
- 2 Определение категории дороги и основных технических нормативов.
- 3 Проектирование плана трассы автомобильной дороги.
- 4 Сравнение вариантов плана трассы.
- 5 Проектирование продольного профиля автомобильной дороги.
- 6 Проектирование поперечных профилей конструкции земляного полотна.
- 7 Определение объемов земляных работ.

Заключение.

Список использованных источников.

Графическая часть курсового проекта должна содержать следующие чертежи:

- лист 1, формат А1 (два варианта плана трассы автомобильной дороги в масштабе 1:5000, ведомость углов поворота, прямых и кривых для запроектированных вариантов);
- лист 2, формат А4хп (продольный профиль автомобильной дороги для выбранного варианта, масштаб по вертикали – 1:500, по горизонтали – 1:5000);

– лист 3, формат А1 (поперечные профили земляного полотна, масштаб 1:100 или 1:50).

Оформление пояснительной записки и графической части выполнить в соответствии с [1].

2 Характеристика района проектирования дороги

По топографической карте и [2, 3, 4], включая климатические справочники, энциклопедии и др., нужно дать характеристику природных условий района проектирования дороги (климат, рельеф, гидрология, почвенно-грунтовые и геологические условия) и местной дорожной сети (автомобильная, железнодорожная). В этом разделе должны быть приведены показатели, необходимые при выборе проектных решений. При характеристике климата должны быть указаны дорожно-климатическая зона и район, среднемесячная температура воздуха, годовое количество осадков и распределение их по сезонам, продолжительность морозного периода, средняя толщина снежного покрова за зиму (из наибольших декадных) и наибольшая (с вероятностью превышения 5 ‰), глубина промерзания грунтов.

Следует оценить по карте характер рельефа местности в полосе проложения дороги (равнинный, пересеченный) и указать наличие трудных участков. Равнинный рельеф характеризуется разностью отметок не более 30 м на расстоянии 1 км. К трудным участкам пересеченной местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами с разностью отметок долин и водоразделов более 50 м на расстоянии не более 0,5 км.

Следует охарактеризовать условия поверхностного стока. Поверхностный сток обеспечен при уклонах местности более 2 ‰. При малых уклонах, в понижениях рельефа и на поймах рек сток затруднен.

Характеризуя гидрологию, грунтовые и геологические условия, надо описать уровень залегания грунтовых вод, места выхода их на поверхность, заболоченные участки, определить тип местности по увлажнению верхней толщии грунта. По условиям увлажнения различают три типа местности: первый – сухие места – поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды залегают глубоко (ниже глубины промерзания на 1...2 м); второй – сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года – поверхностный сток не обеспечен, грунтовые воды залегают глубоко; третий – мокрые места – поверхностный сток не обеспечен, после дождей или снеготаяния вода стоит более 30 суток или имеются постоянно мокрые участки, грунтовые воды в осенне-зимний период залегают высоко.

Следует указать грунты и описать геологические условия в районе проектирования автомобильной дороги.

3 Определение категории дороги и основных технических нормативов

В соответствии с перспективной интенсивностью движения, указанной в задании, по [2, таблица 2] устанавливается техническая категория проектируемой дороги. По категории дороги и рельефу местности назначается расчетная скорость движения одиночных автомобилей [2, таблица 5]. Наименьший допустимый радиус кривых в плане определяют по формуле

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu + i_{nn})}, \quad (1)$$

где V – расчетная скорость движения, км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы, $\mu = 0,2 - (7,5 \cdot 10^{-4} \cdot V)$;

i_{nn} – поперечный уклон проезжей части в долях единицы (на виражах со знаком «плюс», для двускатного поперечного профиля со знаком «минус»).

Вычисленные значения радиусов округляют в большую сторону с точностью до 25...50 м и сопоставляют с нормами.

Расчетное расстояние видимости определяют по двум схемам.

По первой схеме вычисляют расстояние, на котором водитель может остановить автомобиль перед препятствием:

$$S_1 = \frac{V}{3,6} t_p + \frac{KV^2}{254 \cdot (\varphi \pm i + f)} + L_0, \quad (2)$$

где t_p – время реакции водителя и включения тормозов, принимают $t_p = 1$ с;

φ – коэффициент продольного сцепления, зависящий от состояния покрытия (для чистого влажного асфальтобетонного покрытия – 0,6);

f – коэффициент сопротивления качению, $f = 0,01 \dots 0,025$;

K – коэффициент эксплуатационных условий торможения, $K = 1,4$;

L_0 – расстояние безопасности, $L_0 = 5 \dots 10$ м;

i – продольный уклон участка, для горизонтального участка $i = 0$.

По второй схеме вычисляют расстояние видимости при встречном движении двух автомобилей по одной полосе: складывается из суммы тормозных путей двух автомобилей и расстояния безопасности между ними. При одинаковых скоростях автомобилей и для горизонтального участка дороги $S_2 \approx 2 S_1$.

Минимальный радиус выпуклых кривых определяют из условия видимости поверхности дороги:

$$R_{\text{вып}} = \frac{S_1^2}{2d}, \quad (3)$$

где d – высота глаза водителя над поверхностью дороги, $d = 1,2$ м.

Минимальный радиус вогнутых вертикальных кривых находят исходя из величины центробежной силы, допустимой по условиям самочувствия пассажиров и перегрузки рессор:

$$R_{\text{вогн.}} = \frac{V^2}{13b}, \quad (4)$$

где b – допустимое центробежное ускорение, $b = 0,5 \dots 0,7 \text{ м/с}^2$.

Радиусы вогнутых вертикальных кривых должны быть проверены по обеспечению видимости при свете фар в ночное время:

$$R = \frac{S_1^2}{2 \left(h_\phi + S_1 \sin \frac{\alpha}{2} \right)}, \quad (5)$$

где h_ϕ – высота фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части, $h_\phi = 0,75 \text{ м}$;

α – угол рассеивания пучка света фар, $\alpha = 2^\circ$.

Значения радиусов вертикальных кривых округляют в большую сторону до 100 м.

Максимальный продольный уклон определяют по формуле

$$i_{\text{max}} = D - f, \quad (6)$$

где D – динамический фактор автомобиля, зависящий от его марки и скорости движения.

Максимальный продольный уклон определяют отдельно для одиночного автомобиля и автопоезда.

Значения параметров, полученных расчетом и СН 3.03.04–2019, заносят в таблицу 1. Для проектирования принимают большие значения (для уклонов – меньшие).

Таблица 1 – Технические нормативы проектируемой дороги

Наименование параметра	Значение параметра по расчету	Значение параметра, нормируемое СН 3.03.04–2019	Принято для проектирования
1	2	3	4
Интенсивность движения, авт./сут			
Расчетная скорость движения, км/ч: основная допустимая на трудных участках пересеченной местности			
Наименьший радиус кривых в плане, м			

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м: выпуклых вогнутых			
Наибольший продольный уклон, ‰			
Расстояние видимости, м: встречного автомобиля поверхности дороги			
Число полос движения			
Ширина полосы движения, м			
Ширина проезжей части, м			
Ширина обочины, м			
Ширина земляного полотна, м			

4 Проектирование плана трассы автомобильной дороги

Проектирование плана трассы включает выяснение препятствий и назначение контрольных точек, нанесение вариантов плана трассы, подбор радиусов и переходных кривых закруглений, разбивку пикетажа, составление ведомости углов поворота, прямых и кривых, составление чертежа «План трассы автомобильной дороги».

Трассирование по карте в горизонталях производится следующим образом. Конечные точки трассы соединяют прямой (воздушной линией). Вдоль этой линии просматривают ситуацию и рельеф. Выясняют контурные и высотные препятствия, которые не позволяют проложить трассу по воздушной линии. Такими препятствиями являются населенные пункты, промышленные и другие сооружения, ценные угодья (мелиорированные земли, пашни, сады), возвышенности, овраги, озера, болота.

Дороги категорий Ia–III следует, как правило, прокладывать в обход населенных пунктов. Дороги категорий IV и V могут проходить через населенные пункты при достаточной ширине их улиц. Однако для повышения безопасности движения их лучше выносить за пределы населенных пунктов. При обходе населенных пунктов автомобильные дороги следует располагать по возможности с подветренной стороны, ориентируясь на осенне-зимние периоды.

Расстояние от оси проектируемой дороги до границы жилой застройки должно составлять не менее: 300 м – для дорог категории Ia; 200 м – для дорог категорий Ib, Ib, II; 120 м – для дорог категории III.

По лесным массивам трассу целесообразно прокладывать по просекам. Дороги категорий Ia–III в лесных массивах, по возможности, следует направлять вдоль господствующих ветров, что обеспечивает естественное проветривание и уменьшает заносимость их снегом.

Ценные уголья желательно обходить или прокладывать трассу по их границам. Не допускается прохождение трассы по государственным заповедникам. Трасса вдоль рек, озер, водоемов должна, как правило, проходить за пределами защитной зоны.

Перед проложением трассы выясняются также контрольные точки, через которые она должна проходить. К ним относятся места пересечения с железными, автомобильными дорогами и большими водотоками и седловины хребтов.

Автомобильные дороги категорий Ia–III пересекаются с железными дорогами в разных уровнях всегда, а дороги категорий IV и V – в отдельных случаях [2]. Место пересечения в разных уровнях желательно выбирать на участке железной дороги, проходящей в выемках или нулевых местах, для уменьшения земляных работ.

При пересечении автомобильной дороги с железной в одном уровне должна быть обеспечена видимость. Поэтому пересечение железной дороги на участке прохождения ее в выемке неприемлемо.

В пределах пересечений не допускается использовать предельные значения радиусов кривых в плане и профиле, продольных и поперечных уклонов.

План трассы наносят на карте в виде плавной линии, сообразуясь с рельефом и ситуацией. Плавную линию наносят с помощью специальной гибкой линейки. Полученное очертание представляет примерное положение трассы (предварительный вариант). Для обеспечения возможности выноса этой трассы на местность кривую заменяют ломаной линией, представленной касательными к главным точкам – точкам сопряжения смежных элементов трассы.

После этого измеряют углы поворота трассы в местах изменения направления прямых и осевой румб первого направления, а также биссектрисы закруглений. Закругления трассы устраивают в виде круговых кривых либо в виде круговых кривых с переходными. Возможность проектирования закруглений с переходными кривыми регламентируется [2, таблица 7].

По значениям углов поворота α и биссектрис B предварительно подбирают радиусы закруглений:

$$R = \frac{B}{\sec \frac{\alpha}{2} - 1} \quad (7)$$

Полученную величину радиуса округляют до 50 или 100 м и устанавливают необходимость в устройстве переходных кривых.

Радиус кривой можно подобрать и по измеренным на карте тангенсу T и углу поворота:

$$R = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (8)$$

Радиус кривых назначают, как правило, не менее рекомендуемого [2] и не меньше минимального допустимого значения. Если его невозможно вписать, то следует изменить положение вершины угла.

Закругления вписывают в углы поворота таким образом, чтобы положение трассы примерно соответствовало положению предварительного варианта, выдерживались нормативы плана трассы (радиусы и длины переходных кривых и прямых вставок), не было наложения соседних округлений.

Радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза. Смежные переходные кривые желательно назначать с одинаковыми параметрами.

Для дорог низших категорий с малой интенсивностью движения целесообразно развивать трассу по склону. Для дорог высоких категорий преимущества достигаются от сокращения трассы, к развитию линии трассы прибегают, если глубина выемки или высота насыпи недопустимы по техническим соображениям.

По углу поворота α и окончательно принятому радиусу R определяют элементы округления. Основными элементами округления по круговой кривой в соответствии с рисунком 1 являются тангенс T , кривая K , биссектриса B , домер D .

Величины T , B , K и D вычисляют по формулам

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad (9)$$

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

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

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

После окончательного выбора положения трассы с помощью измерителя разбивают пикетаж. Определяют пикетажное положение вершин углов поворота $BУ$. Пикетажное положение основных точек округления ($НKK$ – начало круговой кривой, KKK – конец круговой кривой) вычисляют по формулам

$$НKK = BУ - T; \quad (13)$$

$$KKK = НKK + K; \quad (14)$$

$$KKK = BУ + T - D; \quad (15)$$

$$KKK = BУ + 2T - D. \quad (16)$$

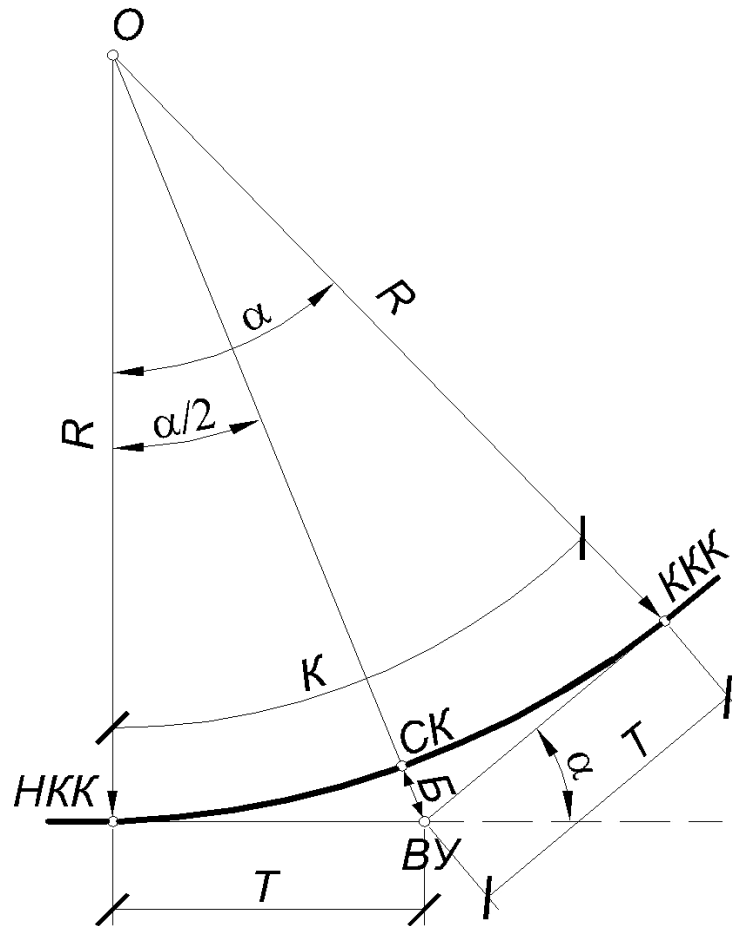


Рисунок 1 – Схема закругления по круговой кривой

Для закругления в плане с переходными кривыми в соответствии с рисунком 2 основными элементами являются тангенс T , дополнительный тангенс t , биссектриса B , домер D , переходная кривая L , сдвигка кривой p , круговая кривая, оставшаяся между переходными кривыми K_0 , угол наклона касательной в конце переходной кривой τ , радиус закругления R , угол поворота трассы α .

Длину переходной кривой L принимают по [2, таблица 15].

Величину угла τ , на которую уменьшается круговая кривая при введении переходной кривой определяют по формуле

$$\tau = \frac{L \cdot 180}{2 \cdot \pi \cdot R}. \quad (17)$$

Проверяют условие возможности разбивки закруглений с переходными кривыми: если угол $\alpha > 2\tau$, то разбивка возможна; если угол $\alpha < 2\tau$ – разбивка невозможна; если $\alpha = 2\tau$ – закругление состоит только из двух переходных кривых (клотоид).

Круговая кривая K_0 занимает центральный угол $(\alpha - 2\tau)$ и определяется по формуле

$$K_0 = \frac{\pi R(\alpha - 2\tau)}{180^\circ}. \quad (18)$$

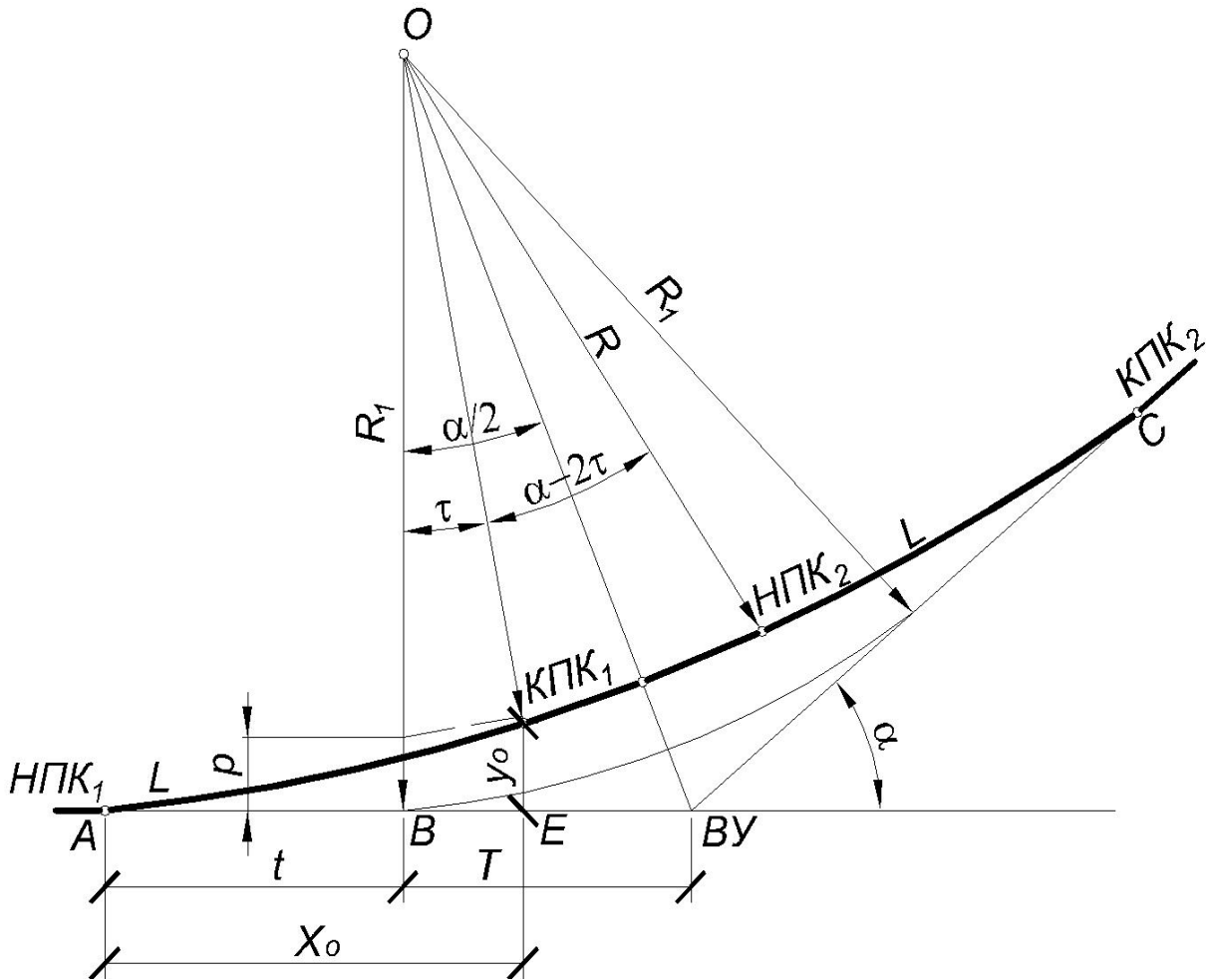


Рисунок 2 – Схема закругления с симметричными переходными кривыми по клотоиде

Определяют дополнительный тангенс t и сдвигку круговой кривой p по формулам

$$t = x_0 - R \cdot \sin \tau; \quad (19)$$

$$p = y_0 - R(1 - \cos \tau), \quad (20)$$

где x_0, y_0 – координаты точки E (конца переходной кривой), м.

$$x_0 = L \left(1 - \frac{L^2}{40R^2} \right); \quad (21)$$

$$y_0 = \frac{L^2}{6R} \left(1 - \frac{L^2}{56R^2} \right). \quad (22)$$

Тангенс круговой кривой T , биссектрису B и домер D с учетом сдвижки определяют по формулам

$$T = (R + p) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (23)$$

$$B = (R + p) \cdot \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) + p; \quad (24)$$

$$D = 2(T + t) - (2L + K_0). \quad (25)$$

Полная длина закругления

$$L_n = 2L + K_0. \quad (26)$$

Определяют пикетажное положение основных точек закругления по формулам

$$HKK_1 = BV - (T + t); \quad (27)$$

$$KKK_1 = HKK_1 + L; \quad (28)$$

$$HKK_2 = HKK_1 + L + K_0; \quad (29)$$

$$KKK_2 = HKK_1 + 2L + K_0; \quad (30)$$

$$KKK_2 = BV + (T + t) - D. \quad (31)$$

Составляют ведомость углов поворота, прямых и кривых. Форма ведомости и пример ее заполнения приведены в таблице 2. В ведомость вносят: радиусы закруглений R , тангенсы круговых кривых T , круговые кривые K (только для закруглений без переходных кривых), биссектрисы B , домеры D , переходные кривые L , дополнительные тангенсы t , сдвижки кривых p , углы наклона касательных в конце переходных кривых τ , круговые кривые, оставшиеся между переходными кривыми K_0 . Вычисляют длины прямых вставок, расстояния между вершинами, румбы прямых направлений. Проверяют правильность составления ведомости.

Если между соседними закруглениями плана трассы расположена прямая вставка, то необходимо проверить, допустима ли она. Не рекомендуется корот-

кая прямая вставка между двумя кривыми в плане, направленными в одну сторону. При длине вставки менее 100 м необходимо две кривые заменить одной большего радиуса. Прямые вставки длиной 100...300 м рекомендуется заменять переходными кривыми большей длины. Прямая вставка может быть оставлена в следующих случаях:

- при ее длине более 700 м для дорог категорий Ia–II;
- при ее длине более 300 м для дорог категорий III и IV.

В пояснительной записке привести описание вариантов трассы дороги, обосновать проложение трассы в зависимости от рельефа и ситуации местности. Необходимо обосновать каждый поворот трассы, величину угла, цель следующего направления и величину принятого радиуса закругления.

Условные обозначения для выполнения чертежа «План трассы» представлены в таблицах Г.1 и Г.2 и СТБ 2235–2011 [6].

Таблица 2 – Ведомость углов поворотов, прямых и кривых

Номер вершины угла	Величина угла		Положение вершины угла		Элемент кривой, м									
	влево	УЛ\вправо	УП	ПК	+	R	T	K	B	D	L	t	τ	ρ
HT				0	00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ВУ1		72° 00'		15	30	800	581,23	-	188,85	157,21	120	59,99	4° 18'	0,75
ВУ2	38° 15'			27	57,50	1000	346,77	-	58,42	25,78	120	59,99	3° 26'	0,60
КТ				36	75,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма	38° 15'	72° 00'					928,00			182,99	240	119,98		

Продолжение таблицы 2

Номер вершины угла	K ₀	Точка кривой						Прямая вставка П, м	Расстояние между вершинами S, м	Румб		
		НПК1		КПК1 (НПК2)		КПК2						
		ПК	+	ПК	+	ПК	+					
HT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ВУ1	885,23	8	88,78	10	88,78	18	94,01	20	14,01	888,78	1530,00	СВ: 77° 30'
ВУ2	547,74	23	50,74	24	70,74	30	18,48	31	38,48	336,73	1384,71	ЮВ: 30° 30'
КТ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	536,52	943,28	ЮВ: 68° 45'
Сумма	1432,97									1762,03	3857,91	

Проверка:

$$\alpha_{\text{конец}} - \alpha_{\text{начало}} = \sum УП - \sum УЛ; \quad (180^\circ - 68^\circ 45') - 77^\circ 30' = 33^\circ 45'; \quad 72^\circ 00' - 38^\circ 15' = 33^\circ 45'.$$

$$\sum П + \sum К + \sum (K_0 + 2L) = \sum S - \sum D; \quad 1762,03 + 1432,97 + 2 \cdot 240 = 3675,00; \quad 3857,99 - 182,99 = 3675,00.$$

$$2\sum(T+t) - \sum K - \sum(K_0 + 2L) = \sum D; \quad 2 \cdot (928,00 + 119,98) - (1432,97 + 2 \cdot 240) = 182,99$$

5 Сравнение вариантов плана трассы

После проектирования двух вариантов плана трассы автомобильной дороги сравнивают эти варианты по техническим показателям, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Технические показатели плана трассы

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателей	
		Вариант 1	Вариант 2
Длина трассы	км		
Коэффициент развития трассы			
Количество углов поворота	шт.		
Средний радиус кривых	м		
Минимальный радиус кривых	м		
Обеспечение видимости в плане			
Обеспечение видимости в профиле			
Количество пересечений в одном уровне	шт.		
Количество мостов	шт.		
Количество труб	шт.		

Коэффициент развития трассы

$$K = \frac{L_{\phi}}{L_{\sigma}}, \quad (32)$$

где L_{ϕ} – фактическая длина трассы, км;

L_{σ} – длина по прямой, км.

Средний радиус кривых

$$R_{cp} = \frac{57^{\circ}30' \sum K}{\sum \alpha}, \quad (33)$$

где $\sum K$ – сумма всех кривых, м;

$\sum \alpha$ – сумма углов поворота, град.

В результате сравнения устанавливается лучший вариант плана трассы, который и подлежит дальнейшей разработке.

6 Проектирование продольного профиля автомобильной дороги

Продольный профиль проектируется для лучшего варианта плана трассы автомобильной дороги.

Для построения продольного профиля поверхности земли по карте в горизонталях на всех пикетах и плюсовых точках определяют отметки с точностью до 1 см. Плюсовые точки должны быть назначены во всех местах изменения крутизны склона, на пересечениях трассы с дорогами и инженерными коммуникациями, логами суходолов, оврагами, ручьями и реками. Отметки дна пересекаемых оврагов и русел постоянных водотоков можно принять ориентировочно. Полученные отметки точек представляют в виде ведомости, представленной таблицей 4.

Таблица 4 – Ведомость отметок точек

Положение точки		Отметка точки <i>H</i> , м	Примечание
ПК	+		

В графе «Примечание» указывают положение точки: начало трассы, бровка обрыва, дно лощины, склон, хребет, урез воды и т. п.

По найденным отметкам строят продольный профиль поверхности земли по оси дороги (рисунок А.1).

Для нанесения проектной линии продольного профиля необходимы следующие основные данные: максимальный допустимый продольный уклон, минимальные радиусы вертикальных кривых; рекомендуемая (руководящая) рабочая отметка насыпи; отметки контрольных точек.

Рекомендуемую рабочую отметку насыпи устанавливают из двух условий:

1) низ дорожной одежды должен возвышаться над уровнем грунтовых вод или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод (участки третьего типа местности) и над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод (участки второго типа местности) на величину, указанную в [2, таблица 20];

2) в открытых местах, где возможны значительные снежные заносы, бровка земляного полотна в насыпи должна возвышаться над поверхностью снежного покрова на величину, обеспечивающую ее незаносимость [2].

Рекомендуемая рабочая отметка насыпи по первому условию:

– для участков третьего типа местности по увлажнению с высоким стоянием грунтовых вод

$$h_{рек} = h_{гр.в} - a \cdot i_{об} - H_{гр.в}; \quad (34)$$

$$h_{зр.в} = h_{д.о} + h_{\min зр.в}; \quad (35)$$

– для участков третьего типа местности с длительно (более 30 сут) стоящими поверхностными водами

$$h_{рек} = h_в - a \cdot i_{об} + H_в; \quad (36)$$

$$h_в = h_{д.о} + h_{\min зр.в}; \quad (37)$$

– для участков второго типа местности над поверхностью земли с необеспеченным стоком

$$h_{рек} = h_з - a \cdot i_{об}; \quad (38)$$

$$h_з = h_{д.о} + h_{\min}; \quad (39)$$

– на участках первого типа местности

$$h_{рек} = h_{д.о} - a \cdot i_{об}, \quad (40)$$

где $h_{зр.в}$, $h_в$, $h_з$ – возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, стоящих поверхностных вод, земли соответственно [2];

a – ширина обочины, м;

$i_{об}$ – поперечный уклон обочины;

$H_{зр.в}$ – глубина залегания грунтовых вод [4], м;

$H_в$ – глубина стоящих поверхностных вод, м;

$h_{д.о}$ – толщина дорожной одежды, м;

$h_{\min з.в.}$ – минимальное допустимое расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод [2, таблица 20];

h_{\min} – минимальное возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод и над поверхностью земли [2, таблица 20].

Рекомендуемая рабочая отметка по второму условию для снегозаносимых участков

$$h_{рек} = h_c + \Delta h, \quad (41)$$

где h_c – толщина снежного покрова, м;

Δh – минимальное возвышение бровки насыпи над уровнем снегового покрова, принимаемое 0,5...1,2 м в зависимости от категории дороги [2].

Для дальнейшего проектирования принимается максимальная из двух условий рекомендуемая рабочая отметка.

Контрольными точками продольного профиля являются точки пересечения с автомобильными и железными дорогами, водотоками.

При пересечении автомобильных дорог в одном уровне контрольная отметка проектной линии принимается равной отметке проезжей части по оси пересекаемой дороги. Если пересекается дорога более низкой категории, можно изменить ее высотное положение путем переустройства ее на подходах к пересечению и назначить контрольную отметку по условиям проектирования продольного профиля.

На пересечениях автомобильных дорог в одном уровне должна быть обеспечена видимость пересекающего направления на расстоянии видимости поверхности дороги [2, таблица 10], продольный уклон на этом расстоянии не должен превышать 40 ‰.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог следует проектировать исходя из категории пересекаемых дорог с учетом перспективной интенсивности и состава движения по отдельным направлениям. При проектировании необходимо учитывать возможность стадийного развития узла.

Пересечения и примыкания следует располагать на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м на дорогах категорий Ia, Ib, Iv и II и с радиусами не менее 800 м на дорогах категорий III и IV.

Пересечения и примыкания в разных уровнях (транспортные развязки) следует предусматривать:

- на дорогах категорий Ia и Ib – с автомобильными дорогами всех категорий;

- на дорогах категории Iv – с автомобильными дорогами всех категорий, но при стадийном строительстве пересечения и примыкания второстепенных дорог с расчетной интенсивностью движения, не превышающей 1000 ед./сут, разрешается устраивать в одном уровне в случае, если интенсивность движения по главной дороге для первой стадии строительства не превышает 10000 ед./сут;

- на дорогах категорий II и III – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12000 ед./сут.

Транспортные развязки должны проектироваться без пересечений потоков на главных дорогах.

Для обеспечения обзора пересечения водителям автомобилей, двигающихся по второстепенной дороге, угол пересечения, отсчитываемый против часовой стрелки от главной дороги к второстепенной, в пределах расстояния видимости для остановки должен составлять от 50° до 100°.

При пересечении автомобильной и железной дорог в одном уровне контрольная отметка проектной линии принимается равной отметке головки рельса. Автомобильная дорога на протяжении не менее 2 м от крайнего рельса должна иметь в продольном профиле уклон, обусловленный отметками рельсов. Подходы автомобильной дороги к пересечению на протяжении 50 м следует проектировать с продольным уклоном не более 30 ‰.

При пересечении водотоков устраивают искусственные сооружения. Малые искусственные сооружения – это водопропускные трубы и мосты

длиной до 25 м включительно, средние – мосты длиной свыше 25 до 100 м включительно.

В данном проекте отверстия водопропускных труб назначают конструктивно. Трубы устанавливают на суходолах или небольших ручьях. Типовые трубы бывают круглые одноочковые, круглые многоочковые и прямоугольные. Отверстия круглых труб – 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0 м; поперечные размеры прямоугольных – 2,2 × 2,4; 2,9 × 2,7; 4,4 × 3,1 м. Круглые трубы с отверстием 0,5 и 0,6 м устанавливают на съездах, трубы с диаметром отверстия 1,0 м – при высоте насыпи до 4,5 м, а с диаметром до 2,0 м – до 7 м. Прямоугольные трубы применяют при высоте насыпи до 20 м. При установке труб на ручьях отверстие их должно быть не менее 1,2 м.

Контрольная отметка над трубами при безнапорном режиме протекания вычисляется по формуле

$$H_K = H_3 + d + t + h_{зас}, \quad (42)$$

где H_3 – отметка поверхности земли, м;

d – внутренний диаметр круглой трубы или высота прямоугольной, м;

t – толщина стенки трубы (в курсовом проекте принять 0,10 м);

$h_{зас}$ – толщина засыпки над звеньями, принимается по таблице 5.

Таблица 5 – Толщина засыпки над звеньями труб и сводами мостов

Тип дорог	Толщина засыпки* над		
	железобетонными трубами	металлическими гофрированными трубами	сводами мостов
Автомобильные дороги общего пользования, улицы в городах, поселках и сельских населенных пунктах, дороги промышленных предприятий	0,5	0,5**	0,2
Автомобильные дороги необщего пользования	0,2***	–	–

Примечание – * – считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы или от верхней точки свода до низа монолитных слоев дорожной одежды; ** – но не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия; *** – но не менее 0,5 м до уровня бровки земляного полотна

Мосты проектируют на постоянных водотоках. Для мостов через несудоходные реки контрольная отметка

$$H_K = PУВВ + Z + C, \quad (43)$$

где $PУВВ$ – расчетный уровень высокой воды, можно принять условно на 1...2 м выше отметки бровки русла;

Z – расстояние от $PУВВ$ до низа пролетного строения, $Z = 0,5...1,5$ м;

C – конструктивная высота пролетного строения (принимать от 0,5 до 1,5 м).

Проектирование продольного профиля состоит в нанесении проектной линии и вычислении проектных и рабочих отметок. Отметки проектной линии для вновь проектируемых дорог относятся к бровке земляного полотна, а при проектировании реконструкции дорог и городских дорог – к оси дороги.

На продольный профиль можно наносить проектную линию по обертывающей и по секущей. Проектирование по обертывающей чаще всего применяют для равнинной и слабопересеченной местности; проектируемую линию наносят, следуя основным изгибам поверхности земли, с соблюдением рекомендуемых рабочих отметок и уклонов не выше максимально допустимого для дороги данной категории. По возможности, нужно избегать в продольном профиле частых переломов проектных линий, т. е. не проектировать пилообразный профиль. Не рекомендуется устраивать длинные горизонтальные участки на нулевых местах и при низких насыпях.

В условиях холмистого, сильнопересеченного рельефа проектную линию наносят по секущей с примерным балансом земляных масс для смежных участков насыпей и выемок (при оценке «на глаз» площадь участка выемки должна быть примерно на 25...30 % меньше площади чередующейся насыпи). Для обеспечения водоотвода проектную линию в выемке наносят с уклоном не менее 5 ‰, проектирование горизонтальных участков в выемке не допускается. При этом следует избегать мелких выемок большой протяженности. Такие выемки обычно сырые и снегозаносимые. Иногда приходится ограничивать глубину выемок по гидрогеологическим условиям, чтобы обеспечить нормируемое возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод.

Проектная линия продольного профиля состоит из прямолинейных участков и вертикальных кривых. Согласно [2] вертикальные кривые должны вписываться в местах переломов проектной линии в продольном профиле при алгебраической разности уклонов смежных линий: 2 ‰ и более – на дорогах категорий Ia–II; 5 ‰ и более – на дорогах категорий III–V с дорожной одеждой капитального или облегченного типа; 20 ‰ и более – на дорогах категорий IV и V с дорожной одеждой переходного и низшего типа. Уклоны на подъемах считают со знаком «плюс», а на спусках – со знаком «минус». При разноименных уклонах смежных линий алгебраическая разность равна сумме смежных уклонов, а при одноименных уклонах – разности смежных уклонов.

Для повышения плавности движения радиусы вертикальных кривых нужно принимать возможно большими.

В настоящее время распространен метод проектирования продольного профиля вертикальными кривыми, сопрягающимися непосредственно друг с другом или при помощи прямых вставок.

При построении проектной линии методом вертикальных кривых на точно вычерченный профиль местности накладывают прозрачные шаблоны вертикальных кривых разных радиусов, выполненных в масштабах продольного профиля (рисунок Б.1). По краю шаблона нанесены штрихи с указанием уклонов в тысячных. На шаблонах имеются также горизонтальные и

вертикальные линии для правильного их ориентирования при работе на миллиметровой бумаге. Участки проектной линии в виде прямых удобно намечать с помощью треугольника уклонов, лучи которого имеют различные уклоны от 10 до 100 %.

Проектную линию наносят в следующей последовательности:

- намечают отметки начала и конца проектируемого участка из условия сопряжения с соседними участками;
- на продольный профиль поверхности земли наносят контрольные точки;
- по шаблонам вписывают вертикальные кривые в зонах путепроводов, при этом шаблон располагают так, чтобы вершина выпуклой кривой размещалась над путепроводом, если профиль земли примерно горизонтален, или смещалась вверх на величину $(i \cdot R)$ на уклоне i ;
- выделяют выпуклые участки профиля и по шаблонам наносят проектную линию в виде выпуклой кривой на высоте руководящей рабочей отметки по методу обертывающей или по методу секущей (с устройством выемки), если нормативы при проектировании по обертывающей не выдерживаются;
- вписывают по шаблонам проектную линию на вогнутых участках с учетом контрольных точек у труб и мостов и сопряжения с соседними участками;
- сопрягают соседние кривые прямыми вставками, касательными к кривым, или круговыми кривыми, отмечая уклоны и места сопряжения в соответствующей графе сетки профиля;
- обозначают элементы проектной линии в графе «Уклон и вертикальная кривая» продольного профиля.

Оформление элементов проектной линии осуществляют в соответствии с рисунком 3.

При построении проектной линии нужно избегать резких переломов профиля от одних уклонов к другим, применения кривых малого радиуса между длинными прямыми и коротких прямых вставок между смежными кривыми большого протяжения, а также кривых малых радиусов в конце затяжных спусков.

Построение проектной линии начинают с трудных участков. Такими являются участки с контрольными точками, с пересеченным рельефом. Если их на трассе несколько, то следует начинать с участка, расположенного ближе к середине трассы.

После графического построения проектной линии продольного профиля вычисляют проектные отметки для всех пикетов и плюсовых точек, в том числе и для главных точек горизонтальных и вертикальных кривых.

Проектные отметки точек на прямых вычисляют по формуле

$$H_{\Pi} = H_{\Pi P} + i \cdot d, \quad (44)$$

где $H_{ПР}$ – известная проектная отметка предыдущей точки, м;

i – проектный уклон, в долях единицы;

d – горизонтальное расстояние между точкой, в которой определяется отметка, и предыдущей точкой, м.

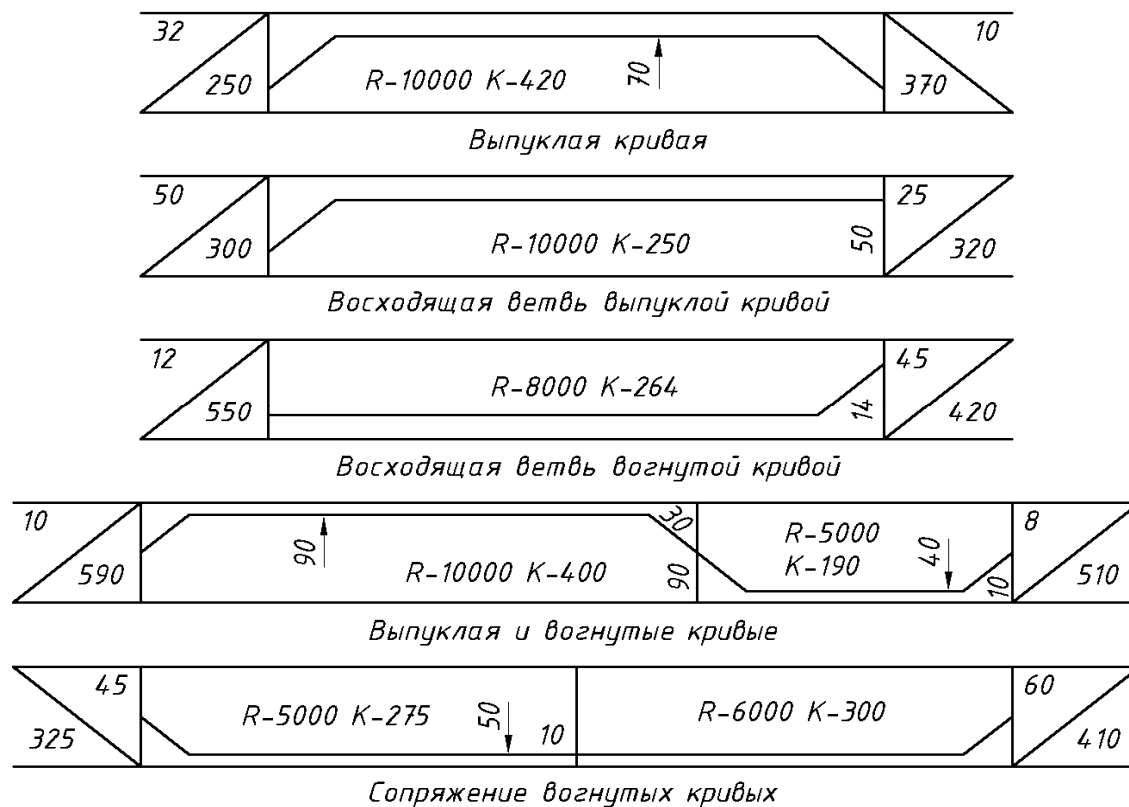


Рисунок 3 – Обозначение вертикальных кривых продольного профиля

Проектные отметки точек вертикальных кривых определяют в соответствии с рисунком 4.

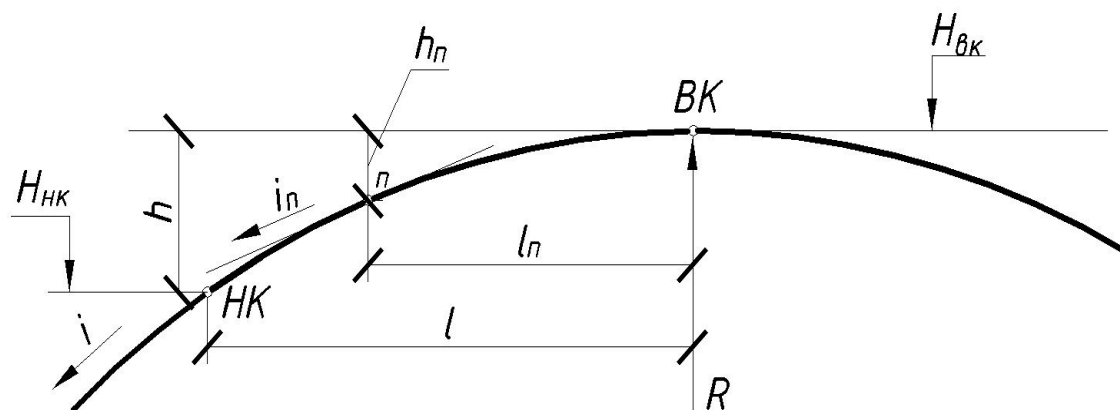


Рисунок 4 – Схема определения отметок точек вертикальной кривой

При известной отметке начала вертикальной кривой $H_{НК}$ находят отметку вершины кривой $H_{БК}$:

$$H_{БК} = H_{НК} \pm h, \quad (45)$$

где h – превышение между точками кривой $H_{НК}$ и $H_{БК}$, м,

$$h = \frac{l^2}{2R}, \quad \text{Ia–III} \quad (46)$$

где l – расстояние от начала кривой до ее вершины, м;

R – радиус кривой, м.

Знак «плюс» в формуле (45) принимают для выпуклых кривых, знак «минус» – при вогнутых.

Расстояние от начала вертикальной кривой $НК$ (точки сопряжения кривой и прямой с уклоном i) до ее вершины определяют по формуле

$$l = i \cdot R. \quad (47)$$

Зная отметку вершины кривой $H_{БК}$, можно определить проектную отметку любой точки кривой (пикета, плюсовой точки), отстоящей от вершины на расстоянии l_n по формуле

$$H_n = H_{БК} \pm h_n, \quad (48)$$

где $h_n = \frac{l_n^2}{2R}$.

Расстояние l_n от точки n до вершины кривой определяют как разность пикетажа вершины кривой и точки n .

Превышения точек вертикальных кривых частично приведены в таблице В.1.

Если вертикальная кривая представлена только частью восходящей или нисходящей ветви кривой и не имеет вершины, то расчет расстояний l_n и отметок H_n ведут, как указано выше, только относительно мнимого положения вершины.

Вычисленные проектные отметки записывают в продольный профиль в графу «Отметка бровки земляного полотна». По этим отметкам наносят точки на продольный профиль. Если обнаруживается отклонение рассчитанной проектной линии от построенной графически, то в последнюю вносят исправления.

Над проектной линией записывают рабочие отметки, вычисленные как разность проектных отметок и отметок земли.

На участках перехода насыпи в выемку вычисляют положение точек нулевых работ. Для проектной линии, проходящей по прямой с заданным уклоном, положение точки нулевых работ определяют в соответствии с рисунком 5.

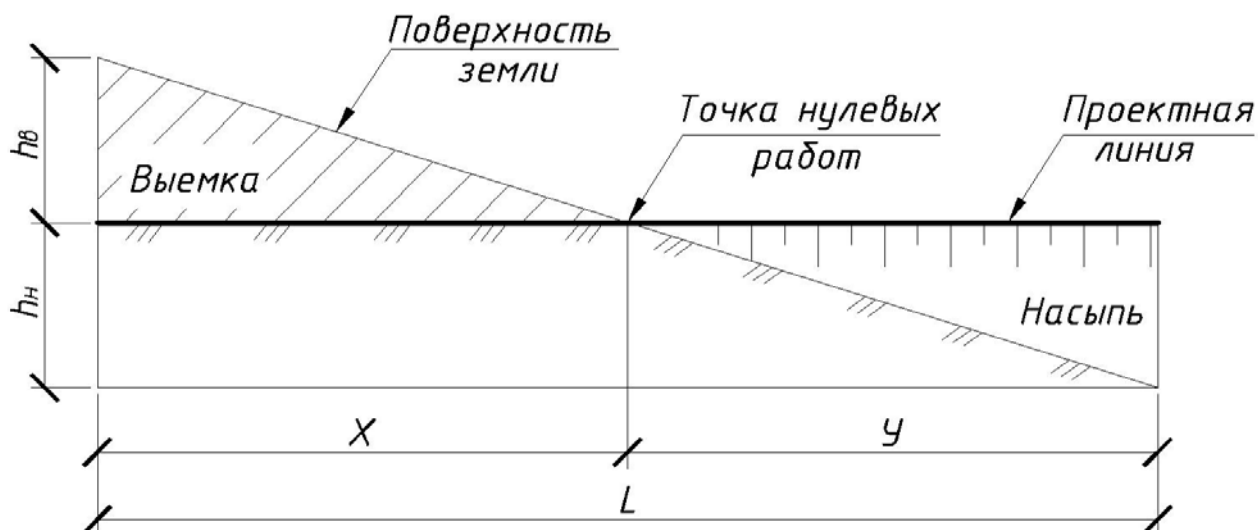


Рисунок 5 – Схема к определению точки нулевых работ на прямой

Расстояние x от пикета до точки нулевых работ определяют по формуле

$$x = \frac{h_в}{h_в + h_н} \cdot L, \quad (49)$$

где $h_в$ – глубина выемки, м;

$h_н$ – высота насыпи, м;

L – расстояние между пикетами, м.

Для участков проектной линии, расположенной на вертикальной кривой, точки нулевых работ определяют в соответствии со схемой, представленной на рисунке 6, по формуле

$$x = R \cdot j \pm \sqrt{R^2 \cdot j^2 - 2R(l \cdot j - h)}, \quad (50)$$

где R – радиус выпуклой или вогнутой кривой;

j – уклон поверхности местности;

h – высота от горизонтали до поверхности земли;

l – расстояние от вершины до искомой точки.

В случае, когда радиус вертикальной кривой значительно больше длины кривой между двумя соседними точками на профиле, при вычислении расстояний x кривизной проектной линии можно пренебречь.

Для обеспечения плавности запроектированной дороги должны соблюдаться рациональные сочетания элементов плана и продольного профиля. Кривые в плане и продольном профиле, как правило, следует совмещать. При этом кривые в плане должны быть на 100...150 м длиннее кривых в продольном профиле, а смещение вершин кривых должно быть не более $\frac{1}{4}$ длины меньшей из них. Следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле. Расстояние между ними должно быть не менее 150 м. Если кривая в плане расположена в конце спуска длиной свыше 500 м и с укло-

ном более 30 ‰, радиус ее должен быть увеличен не менее чем в 1,5 раза по сравнению с предельно допустимой нормой, с совмещением кривой в плане и вогнутой кривой в продольном профиле в конце спуска. При необходимости в продольный профиль и план трассы вносят изменения.

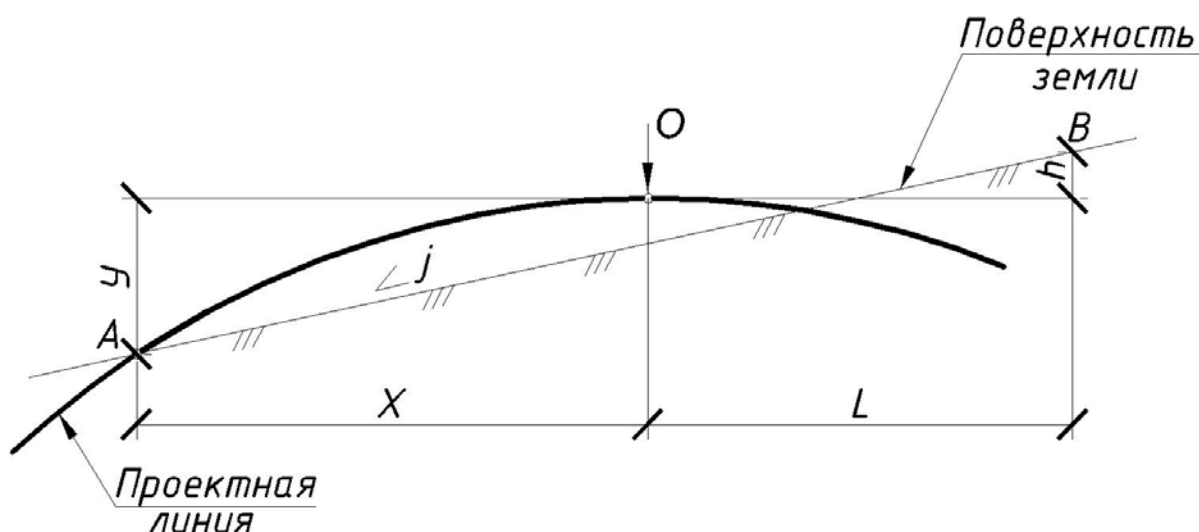


Рисунок 6 – Схема определения точки перехода из насыпи в выемку на кривой

Продольный профиль должен быть вычерчен на миллиметровой бумаге.

В пояснительной записке следует дать описание проектной линии. При этом указать: принятые методы нанесения проектной линии по участкам трассы; положение проектной линии относительно контрольных точек; обоснование проектируемых высоких насыпей и глубоких выемок; обоснование принятых радиусов вертикальных кривых; обеспеченность водоотвода в продольном профиле.

7 Проектирование кюветов

Для обеспечения водоотвода на продольном профиле необходимо запроектировать кюветы. Кюветы – это боковые канавы, расположенные параллельно оси дороги. Они предназначены для сбора и отвода воды, стекающей с проезжей части, обочин, откосов земляного полотна, а также для приема воды, поступающей из дренажных устройств дорожной одежды. Кюветы устраивают в выемках, на участках низких насыпей, где высота насыпей меньше требуемой глубины кювета.

Глубина кювета – расстояние от бровки обочины до дна кювета. Требуемую глубину кювета следует назначать на 0,2 м ниже устья дренажных устройств или низа дренирующего слоя дорожной одежды в точке выхода его на откос. При отсутствии дренажа глубина кювета считая от бровки земляного полотна в зависимости от вида грунтов должна составлять не менее:

- 0,6 м – в непылеватых супесях;

– 0,8 м – в суглинках и глинах;

– 0,9 м – в пылеватых грунтах.

Дно кювета должно иметь продольный уклон не менее 5 ‰, а в исключительных случаях – не менее 3 ‰.

Проектирование кюветов включает в себя: проектирование продольного профиля дна кюветов; назначение укрепления кюветов.

При проектировании продольного профиля дна кюветов возможны два случая:

1) уклон проектной линии на участке дороги, где необходим кювет, составляет не менее 5 ‰;

2) уклон проектной линии менее 5 ‰.

При устройстве кюветов в выемках на прямых участках проектного профиля с уклоном не менее 5 ‰ дно кювета располагают параллельно проектной линии, ниже ее на глубину кювета h_k . Начало и конец кювета определяют исходя из величин рабочих отметок насыпи h_n и выемки h_v , расположенных слева и справа от точки нулевых работ, в соответствии с рисунком 7.

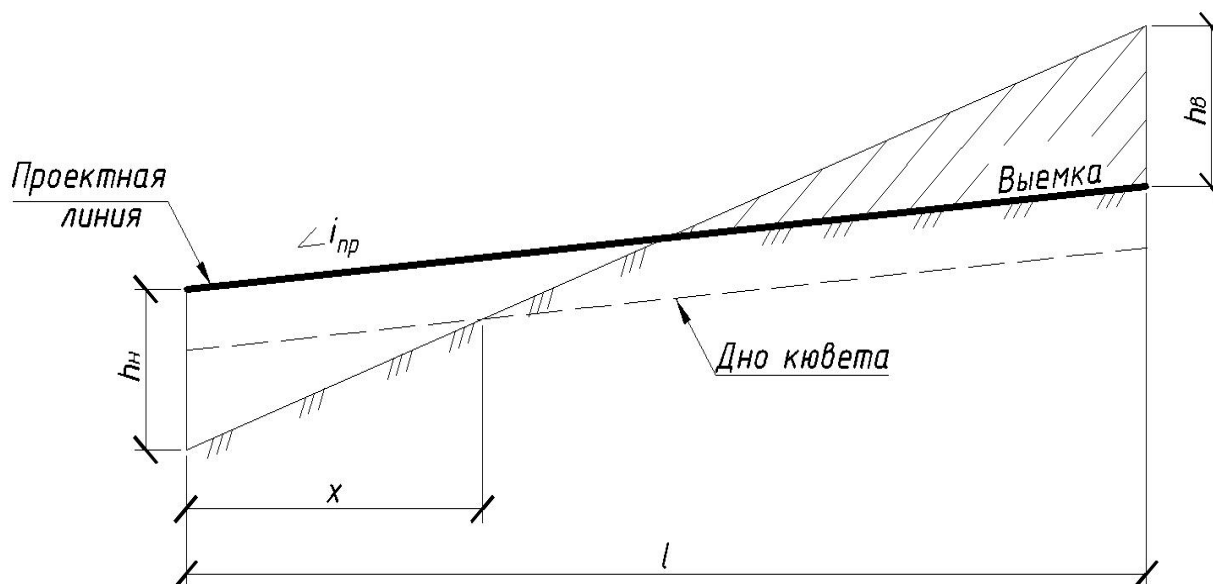


Рисунок 7 – Схема определения начала (конца) кювета выемки

Начало кювета, расположенное на расстоянии x от предыдущего пикета, определяется по формуле

$$x = \frac{h_n - h_k}{h_n + h_v} \cdot l, \quad (51)$$

где l – расстояние между пикетами, м.

В графах продольного профиля для кюветов «Длина. Уклон» обозначают вертикальными линиями начало и конец кювета, указывая слева от них расстояния от предыдущих пикетов (см. рисунок А.1).

Проектируя кюветы при низких насыпях на прямых участках проектного профиля, дно кювета располагают параллельно проектной линии или с другим уклоном, но не более 5 ‰. Начало и конец кювета определяют аналогично нахождению положения точки нулевых работ в соответствии с рисунком 8.

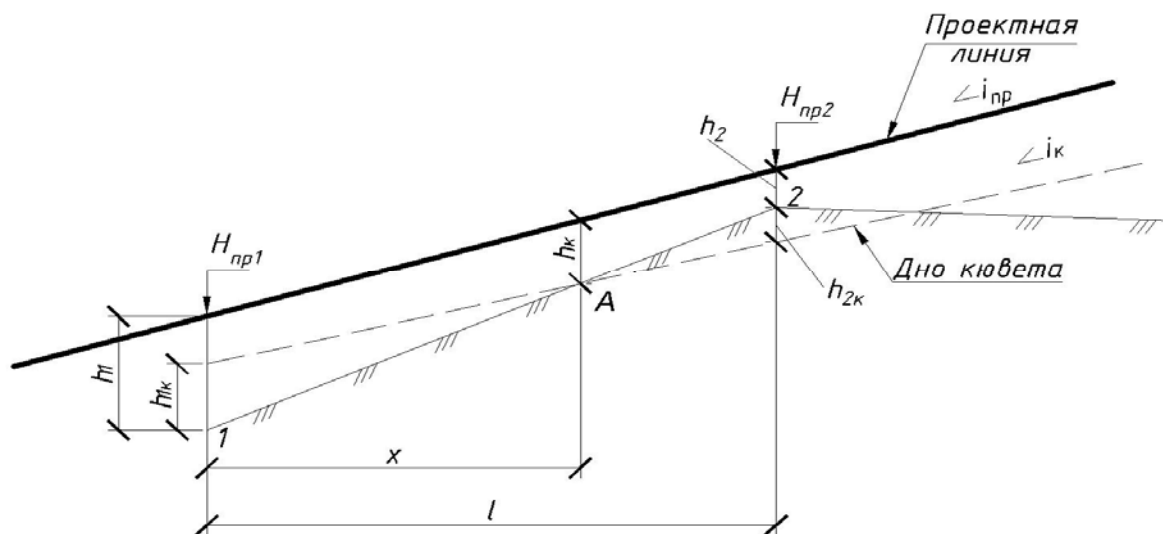


Рисунок 8 – Схема определения начала (конца) кювета на участке низкой насыпи

Вычисления ведут в следующей последовательности:

- 1) определяют в точке А высоту насыпи h_k , при которой будет начинаться и заканчиваться кювет;
- 2) сравнивают рабочие отметки h_1 в точке 1 и h_2 в точке 2 с глубиной кювета h_k ;
- 3) если $h_2 < h_k$, то начало кювета будет располагаться между поперечниками с рабочими отметками h_1 и h_2 ;
- 4) определяют превышение между дном кювета и отметкой земли в точке 1 по формуле

$$h_{1к} = h_1 - h_k; \quad (52)$$

- 5) определяют превышение между дном кювета и отметкой земли в точке 2 по формуле

$$h_{2к} = h_k - h_2, \quad (53)$$

- 6) расстояние от поперечника с рабочей отметкой h_1 до начала кювета определяют по формуле

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot l. \quad (54)$$

На участках проектного профиля с уклонами менее 5 ‰ кюветы проектируют с минимальным уклоном, равным 5 ‰. Такие участки могут быть у вершин выпуклых кривых при устройстве выемок и низких насыпей и на прямых участках при низких насыпях.

Проектирование продольного профиля дна кювета на участках выпуклых кривых в соответствии с рисунком 9 выполняют в следующей последовательности:

- под вершиной выпуклой кривой ниже ее на глубину кювета h_k намечают водораздельную точку А;
- вычисляют отметки дна кювета $H_{к1}$ и $H_{к2}$ справа и слева от этой точки на участках длиной $l = 2i_k \cdot R$;
- за пределами этих участков кювет проектируют параллельно бровке земляного полотна до выхода на поверхность земли;
- определяют начало и конец кювета в точках пересечения линий дна кювета и поверхности земли.

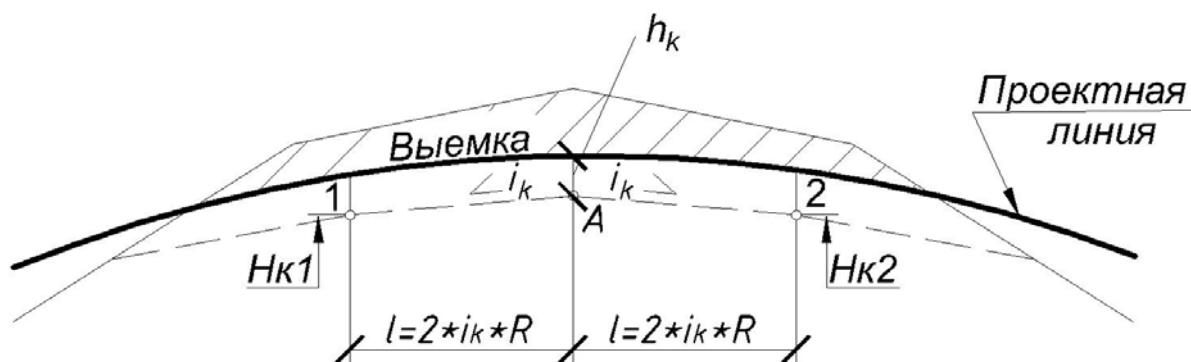


Рисунок 9 – Схема проектирования кювета на участке выпуклой кривой

В продольный профиль выписывают отметки дна кювета, его длину и уклон (см. рисунок А.1).

Для предотвращения размыва дно и откосы кювета укрепляют. Типы укреплений назначают по величине продольного уклона дна кювета с учетом скорости течения воды. При уклонах от 10 до 30 ‰ откосы и дно кюветов укрепляют засевом трав, одерновкой плашмя; при больших из этих значений уклонов дно укрепляют гравием, щебнем, грунтом, обработанным органическими вяжущими.

При уклонах от 30 до 50 ‰ откосы и дно кюветов укрепляют мощением на щебне камнем, облицовкой плитами размером $40 \times 40 \times 12$ см, укладываемыми на гравий или щебень крупностью 25 мм и толщиной слоя 10...12 см. Если кюветы облицовывают плитами при меньших уклонах (15...20 ‰), то их укладывают непосредственно на грунт.

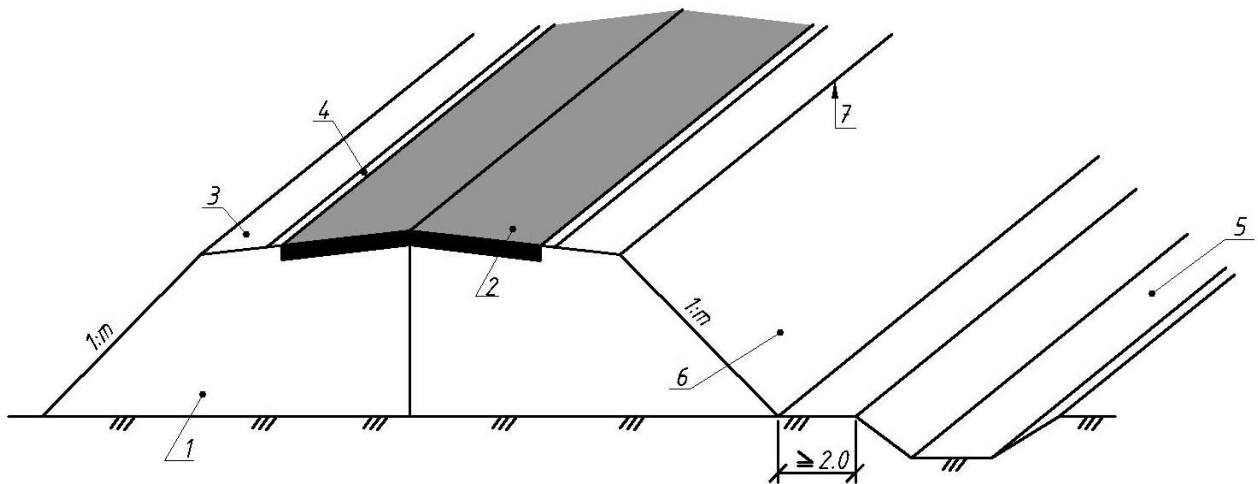
При уклонах более 50 ‰ устраивают бетонные быстротоки прямоугольного сечения или бетонные перепады.

В продольном профиле отмечают типы принятых укреплений и их границы.

8 Проектирование поперечных профилей конструкции земляного полотна

На основе решений по продольному профилю (рабочим отметкам) и типовым поперечным профилям [5] с учетом рельефа местности, почвенно-грунтовых, геологических, гидрологических и климатических условий [2] назначают поперечные профили конструкции земляного полотна.

Основные элементы поперечного профиля насыпи приведены на рисунке 10.



1 – земляное полотно; 2 – проезжая часть; 3 – обочины; 4 – краевые или укрепительные полосы; 5 – резерв; 6 – откос; 7 – бровка земляного полотна

Рисунок 10 – Основные элементы поперечного профиля насыпи

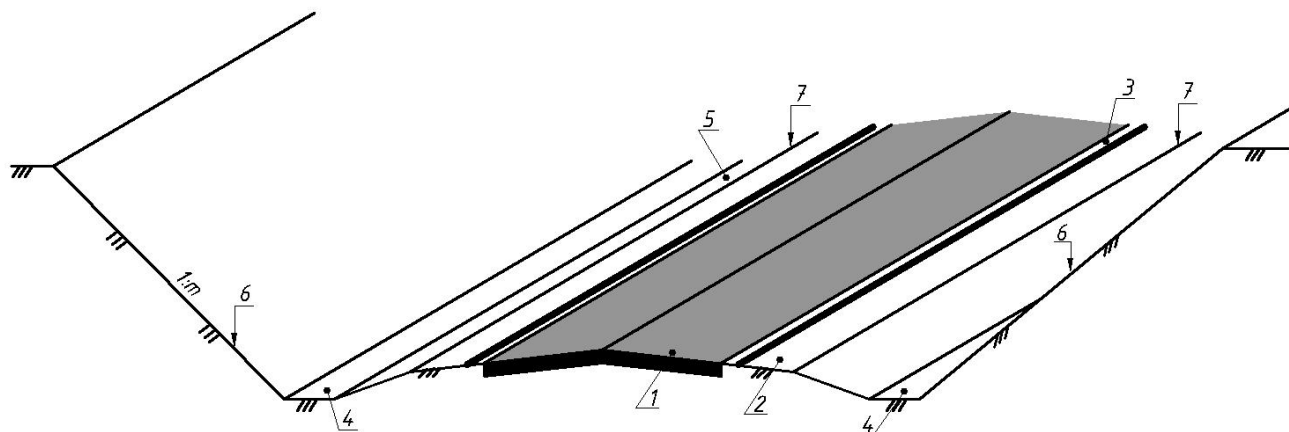
Расстояние между бровками условно называют шириной земляного полотна. Ширина земляного полотна регламентируется в зависимости от категории дороги и числа полос движения и представлена в [2]. Крутизну откосов характеризует коэффициент заложения, который определяется отношением высоты откоса к его горизонтальной проекции – заложению 1: m .

Основные элементы поперечного профиля выемки приведены на рисунке 11.

Количество поперечных профилей должно полностью характеризовать земляное полотно по всему запроектированному продольному профилю. Характерными являются поперечные профили в нулевых местах, в низких насыпях высотой до 1 м, в насыпях до 3 м, в насыпях высотой от 3 до 6 м, в насыпях высотой от 6 до 12 м, более высоких насыпях, в раскрытых мелких выемках глубиной до 1 м на снегозаносимых участках, в глубоких выемках, на косогорах – в насыпи и выемке, на болотах.

На поперечном профиле конструкции земляного полотна указывают: линию поверхности земля (условно), контур проектируемого земляного полотна с указанием крутизны откосов, ширину земляного полотна и его

элементов, уклон обочин и проезжей части, конструкцию дорожной одежды (схематично) и границы отвода земли.



1 – проезжая часть; 2 – обочины; 3 – краевые или укрепительные полосы; 4 – кювет; 5 – внутренний откос; 6 – внешний откос; 7 – бровка земляного полотна

Рисунок 11 – Основные элементы поперечного профиля выемки

Наибольшую крутизну откосов насыпей, укрепленных посевом трав, назначают в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Крутизна откосов насыпей

Грунт насыпи	Крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	до 6	до 12, в том числе	
		в нижней части – до 6	в верхней части – от 6 до 12
Крупнообломочные грунты, крупные пески, пески средней крупности	1:1,5	1:1,75	1:1,5
Мелкие пески, пылеватые пески	1:2	1:2	1:2
Глинистые грунты	1:2	1:2	1:2

В целях обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях крутизну откосов насыпи высотой до 3 м для дорог категории Ia следует предусматривать 1:4, для дорог категории Ib–II – 1:3. Для дорог категорий III и IV крутизну откосов 1:3 следует предусматривать при высоте насыпи до 2 м. При установке ограждений, а также при большей высоте насыпи крутизну откосов назначают исходя из технологических соображений планировки и содержания откосов, рационального использования земель, при этом крутизна не должна превышать значений, приведенных в таблице 6.

Наибольшую крутизну откосов выемок при высоте откоса до 12 м в песчаных и глинистых грунтах следует принимать 1:2. На снегозаносимых участках выемки глубиной до 1 м следует проектировать раскрытыми с крутизной откосов от 1:6 до 1:10 или разделанными под насыпь. При глубине

от 1 до 5 м выемки следует проектировать с кювет-резервами или закюветными полками шириной не менее 4 м.

Поперечные профили вычерчиваются в масштабе 1:100 или 1:50. На чертеже должны быть указаны размеры основных элементов поперечных профилей, необходимые для строительства земляного полотна. Примеры типовых поперечных профилей представлены на рисунке Д.1.

9 Определение объемов земляных работ

Для выбранного варианта трассы необходимо подсчитать объемы земляных работ. В практике строительства приходится определять объемы линейно-протяженных сооружений: насыпи и выемки земляного полотна автомобильной дороги, траншеи, котлована и др. Объемы земляных работ подсчитываются с помощью таблиц Н. А. Митина [7] или вручную.

При подсчете объемов земляных работ делают допущение, что тело земляного полотна ограничено равными плоскостями и отдельные неровности его фактической поверхности не оказывают значительного влияния на величину объема земляного полотна.

Основными исходными данными для подсчета объемов земляных работ служат продольные и поперечные профили сооружений.

Подсчеты независимо от метода ведут в ведомости попикетного подсчета объемов работ (таблица 7). Объемы подсчитываются по каждому участку дороги, ограниченному пикетами, плюсовыми точками и точками нулевых работ. Из продольного профиля в ведомость выписывают все пикеты, плюсовые и нулевые точки и соответствующие им рабочие отметки. Вычисляют сумму и разность смежных отметок между пикетами, плюсовыми и нулевыми точками, расстояния между этими точками и записывают эти данные в ведомость. Разрывы, образованные мостами длиннее 4 м, из объема земляных работ исключаются. Отверстия в земляном полотне, образованные трубами или мостами до 4 м длиной, не учитываются и считаются как бы заполненными грунтом.

При подсчете объемов земляных работ руководствуются следующими положениями. Поперечные профили с вычисленными рабочими отметками ограничивают участок земляного полотна конкретной длины между пикетами, плюсовыми точками и точками нулевых работ. По геометрической форме этот участок представляет собой призматок объемом V :

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot L, \quad (55)$$

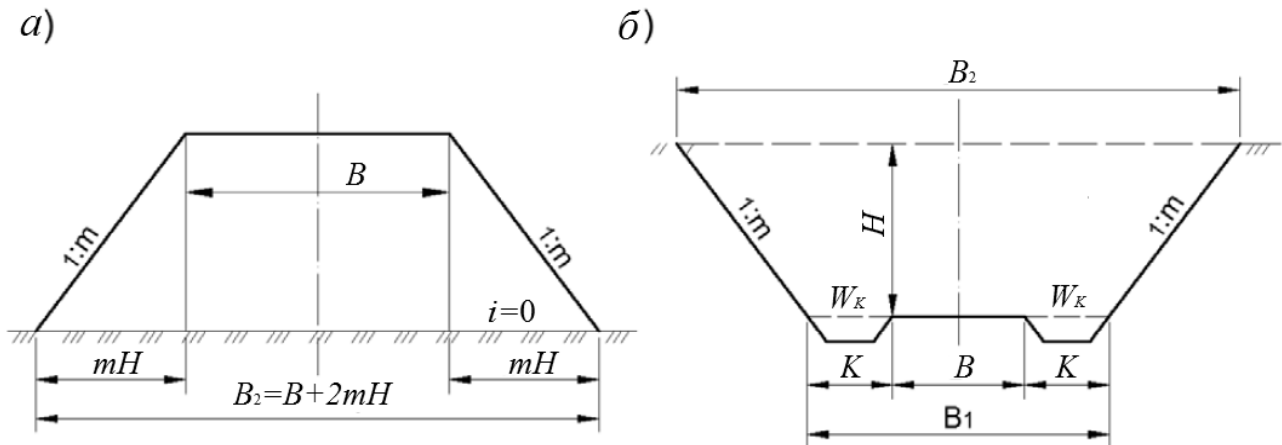
где F_1, F_2 – площади поперечных сечений в начале и конце участка, м²;

L – длина участка.

Расчетные схемы для определения площадей поперечных сечений насыпи и выемки приведены на рисунке 12.

Таблица 7 – Ведомость подсчета объемов земляных работ

Место-положение	Рабочая отметка, м		Средняя рабочая отметка, м	Сумма рабочих отметок, м		Разность рабочих отметок, м	Расстояние, м	Табличный объем, м ³		Поправка, м ³		Объем плодородного слоя, м ³	Объем кюветов при насыпях, м ³	Исправленный объем, м ³	
	насыпи	выемки		насыпи	выемки			насыпи	выемки	насыпи	выемки			насыпи	выемки
1	0 00	1,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	1 00	0,90	1,00	2,00	–	0,20	100	1150	–	1,00	522	520	–	1148	–
1	1 60	0,00	0,45	0,90	–	0,90	60	288	–	0,45	313	454	–	429	–
2	2 00	–	0,42	–	0,85	0,85	40	–	701	0,42	209	431	–	–	479
2	2 85	0,00	0,42	–	0,85	0,85	85	–	1038	0,42	444	915	–	–	567
Итого по первому километру															
Итого по второму километру и т. д.															
Всего по участку															



a – насыпь, *б* – выемка

Рисунок 12 – Схемы для определения площади поперечных сечений

Площади поперечных сечений определяются по формулам:

– для насыпи

$$F_n = B \cdot H + m \cdot H^2; \quad (56)$$

– для выемки

$$F_e = (B_1 + m \cdot H) \cdot H + 2 \cdot W_k, \quad (57)$$

где B – ширина земляного полотна поверху, м;

H – рабочая отметка, м;

m – коэффициент заложения откосов;

B_1 – ширина основания трапеции выемки, м;

W_k – площадь сечения кювета выемки, м².

Независимо от метода расчета объемов вводят следующие поправки.

1 Призматоидальная или поправка на разность рабочих отметок ΔV_p . Поправка на разность рабочих отметок вводится, если эта разность более 1 м на участке длиной 100 м. Она учитывается со знаком «плюс». Эта поправка может быть подсчитана по формуле

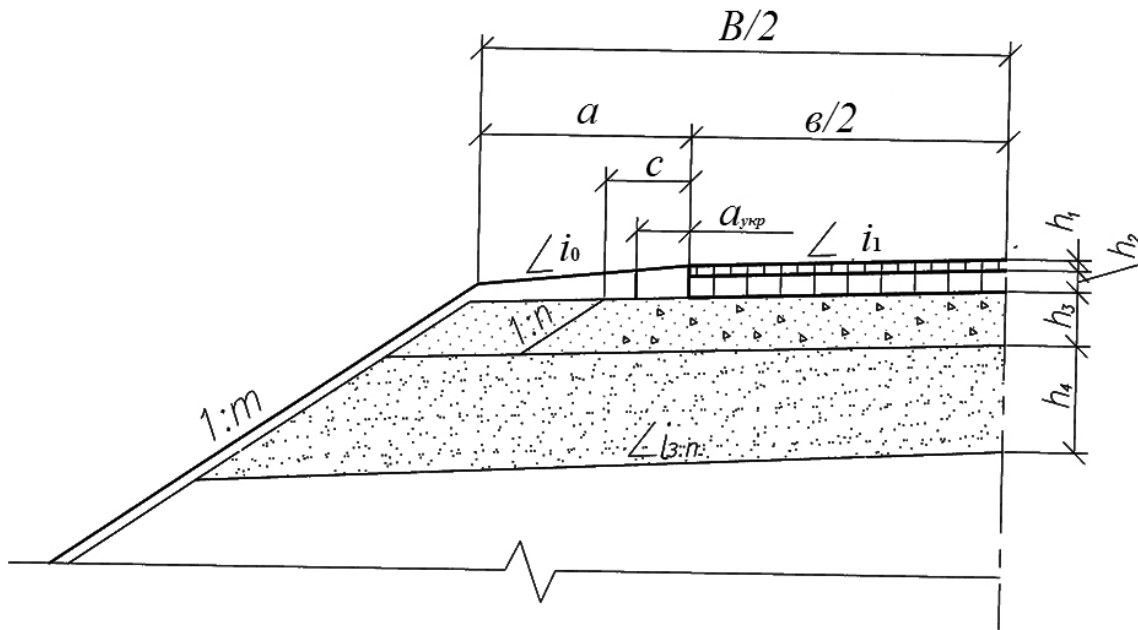
$$\Delta V_p = \frac{m (H_1 - H_2)^2 l}{12}, \quad (58)$$

где m – коэффициент заложения откоса;

l – длина участка;

$(H_1 - H_2)$ – разность рабочих отметок.

2 Поправка на устройство дорожной одежды и присыпных обочин. Поправка на устройство дорожной одежды определяется в соответствии с рисунком 13.



h_1 – покрытие; h_2 – верхний слой основания; h_3 – нижний слой основания; h_4 – дополнительный слой основания

Рисунок 13 – Схема определения поправки на устройство дорожной одежды

Поправка на дорожную одежду при подсчете объемов земляных работ определяется по формуле

$$P = S - S_{\Delta}, \quad (59)$$

где $S = S_1 + S_2 + S_3$;

$$S_1 = H_{д.о} \cdot в;$$

$$S_2 = [H_{д.о} + (H_{д.о} - a \cdot i_o + a \cdot i_{3.n})] \cdot a;$$

$$S_3 = (H_{д.о} - a \cdot i_o + a \cdot i_{3.n})^2 \cdot m;$$

$H_{д.о}$ – толщина дорожной одежды, $H_{д.о} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$;

$в$ – ширина проезжей части;

a – ширина обочины, м;

i_o – поперечный уклон обочины;

$i_{3.n}$ – уклон земляного полотна;

m – коэффициент заложения откоса;

S_{Δ} – поправка на сточный треугольник, $S_{\Delta} = \left(\frac{в}{2}\right)^2 \cdot i_1 + a^2 \cdot i_o + a \cdot i_o \cdot в$.

Поправка вводится для насыпей со знаком «минус», а для выемок – со знаком «плюс».

Поправка на устройство присыпных обочин находится по формуле

$$S_{пр.о} = S - S_{д.о} - S_{ук}, \quad (60)$$

где $S_{д.о}$ – площадь дорожной одежды, м²;

$S_{ук}$ – площадь укрепительной полосы присыпной обочины.

$$S_{д.о} = F_1 + F_2 + F_3; \quad (61)$$

$$S_{ук} = a_{ук} \cdot (h_1 + h_2) \cdot 2, \quad (62)$$

где $F_1 = \vartheta(h_1 + h_2)$;

$$F_2 = (\vartheta + c + n + h_3) \cdot h_3;$$

$$F_3 = \left[B + 2m \left(h_1 + h_2 + h_3 + \frac{h_4}{2} \right) - a \cdot i_o + a \cdot i_{3,n} \right] \cdot h_4;$$

$a_{ук}$ – ширина укрепленной полосы обочины, м;

n – коэффициент заложения нижнего слоя основания.

3 Поправка на снятие плодородного слоя. Если дорога проходит по сельскохозяйственным угодьям, то следует учесть поправку на снятие плодородного слоя. В курсовом проекте толщину плодородного слоя $h_{н.с.}$ можно принять равной 0,2...0,4 м. Объем снимаемого плодородного слоя

$$\Delta V_{н.с.} = (B + 2\vartheta_k + 2m \cdot h_{ср}) \cdot h_{н.с.} \cdot l, \quad (63)$$

где $h_{ср}$ – средняя рабочая отметка, м;

B – ширина земляного полотна, м;

ϑ_k – ширина кювета поверху, м;

l – длина участка.

Ширина кювета поверху

$$\vartheta_k = \vartheta_d + h_k \cdot (m_e + m_n), \quad (64)$$

где ϑ_d – ширина дна кювета, м;

m_e, m_n – коэффициенты заложения соответственно внутреннего и наружного откосов кювета.

Поправка на снятие плодородного слоя прибавляется в насыпях и вычитается в выемках.

4 Следует также определить объем земляных работ, приходящийся на кюветы при низких насыпях. Этот объем получают по таблицам [7] или вычисляют по формуле

$$V_K = \left[\vartheta_d \cdot h_d + \frac{1}{2} \cdot h_d^2 \cdot (m_e + m_n) \right] \cdot l, \quad (65)$$

где ϑ_d – ширина кювета понизу;

h_d – среднее расстояние от поверхности земли до дна кювета, м.

Если кюветы расположены с двух сторон насыпи, то полученное значение V_K следует удвоить.

Суммарные объемы насыпей и выемок подсчитывают для каждого километра отдельно, подводят общий итог объемов насыпей и выемок по всему запроектированному участку.

Список литературы

1 Дипломное проектирование: методические рекомендации для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» дневной и заочной форм обучения / Сост. В. В. Кутузов. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 42 с.

2 **СН 3.03.04–2019**. Автомобильные дороги. – Минск : Белгипродор, 2020. – 56 с.

3 Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учебное пособие в 2 ч. Ч. 1: План, земляное полотно / П. В. Шведовский, В. В. Лукша, Н. В. Чумичева. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. – 445 с.

4 **Леонович, И. И.** Дорожная климатология / И. И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2007. – 340 с.

5 **ТКП 200–2018 (33200)**. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. – Минск : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2018. – 198 с.

6 **СТБ 2235–2011**. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. – Минск: Госстандарт, 2012. – 30 с.

7 **Митин, Н. А.** Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог / Н. А. Митин. – Москва: Транспорт, 1977. – 544 с.

Приложение А (справочное)

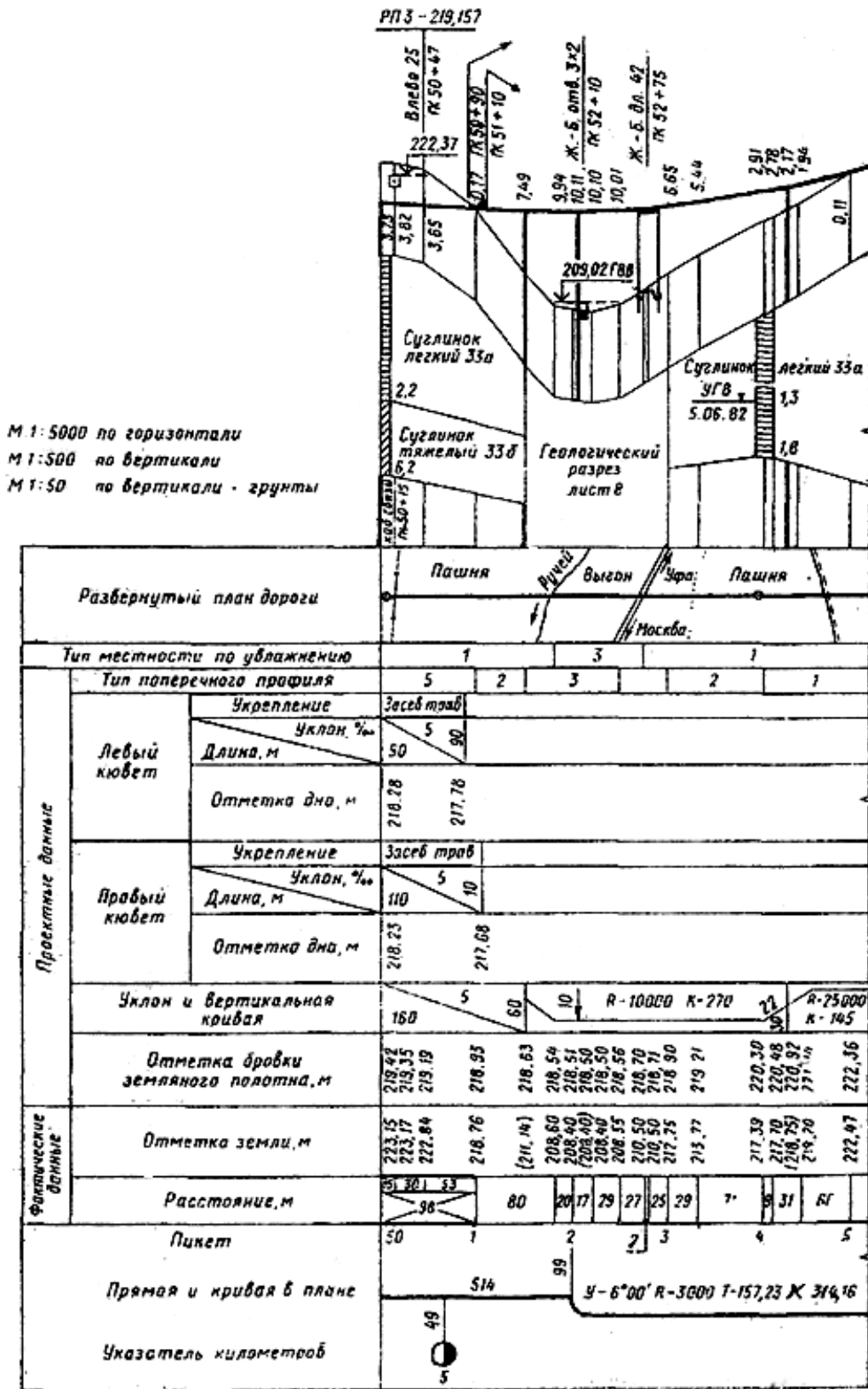


Рисунок А.1 – Продольный профиль трассы автомобильной дороги

Приложение Б (справочное)

Изготовление шаблонов для построения вертикальных кривых проектной линии продольного профиля

Шаблоны для вписывания вертикальных кривых в продольном профиле можно изготовить, используя какой-нибудь прозрачный материал. На листе выбранного материала наносят оси прямоугольных координат. В этих осях строят вертикальную кривую в масштабах: по горизонтали 1:5000, по вертикали 1:500. Начало координат является одновременно и вершиной вертикальной кривой. По оси абсцисс откладывают расстояние l , по оси ординат – превышение h (см. рисунок Б.1).

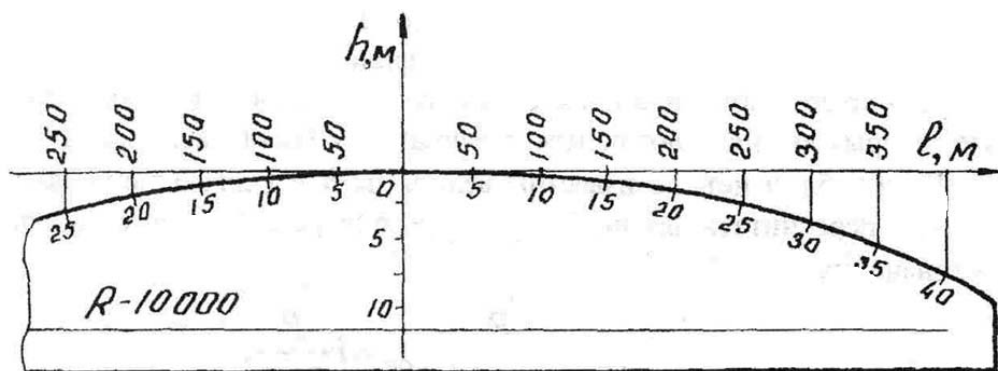


Рисунок Б.1 – Построение шаблона для вертикальной кривой

При проектировании необходимо иметь набор шаблонов различных радиусов. Для начала можно изготовить шаблоны с радиусами 2000, 3000, 5000, 8000, 10000, 15000, 30000, 40000, 50000 м.

Для изготовления шаблона определенного радиуса задаются рядом значений l – расстояний от вершины кривой до проекций точек этой кривой на ось абсцисс. Затем вычисляют соответствующие этим расстояниям значения величин: h – превышения вершины кривой над рассматриваемыми точками кривой; i – уклоны касательных к кривой в этих точках.

$$h = \frac{l^2}{2R}; \quad i = \frac{l}{R}.$$

Значения величин можно не вычислять, а взять готовыми из таблиц для разбивки вертикальных кривых (таблица Б.1).

Для примера рассмотрим построение вертикальной кривой с радиусом, равным 10000 м.

Таблица Б.1 – Значения величин l, h, i (радиус вертикальной кривой $R = 10000$ м)

$l, \text{ м}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$h, \text{ м}$	0,13	0,50	1,12	2,00	3,12	4,50	6,12	8,00	10,12	12,50	15,12	18,0
$I, \text{ ‰}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

В нанесенной прямоугольной системе координат строят точки кривой, откладывая их в обе стороны от начала координат. Построение показано на рисунке Б.1. Точки соединяют плавной линией. Остается вырезать шаблон по полученной линии вертикальной кривой. На шаблоне прочерчивают вертикальную и горизонтальную линии, которые служат для ориентирования шаблона на продольном профиле, и записывают величину радиуса. По краю шаблона в полученных точках наносят небольшие штрихи, возле которых выписывают соответствующий им уклон касательных.

Если таблиц нет, но известны величины h и i для одного радиуса, то можно их пересчитать для нового радиуса при условии, что будут приняты те же значения l .

$$h_{\text{нов}} = h \cdot \frac{R}{R_{\text{нов}}}; \quad i_{\text{нов}} = i \cdot \frac{R}{R_{\text{нов}}}.$$

Приложение В (справочное)

Таблица В.1 – Значения i , l , h для проектирования вертикальных кривых

Уклон I , %	$R = 1000$		$R = 1500$		$R = 2000$		$R = 3000$		$R = 4000$		$R = 5000$		$R = 6000$		$R = 8000$		$R = 10000$		$R = 15000$		$R = 20000$	
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
1	1	0,00	1	0,00	2	0,00	3	0,00	4	0,00	5	0,00	6	0,01	7	0,01	10	0,01	15	0,01	20	0,01
2	2	0,00	3	0,00	4	0,00	6	0,01	8	0,01	10	0,01	12	0,01	16	0,02	20	0,02	30	0,03	40	0,04
3	3	0,00	4	0,01	6	0,01	9	0,01	12	0,02	15	0,02	18	0,03	24	0,04	30	0,04	45	0,07	60	0,09
4	4	0,01	6	0,01	8	0,02	12	0,02	16	0,03	20	0,04	24	0,05	32	0,06	40	0,08	60	0,12	80	0,16
5	5	0,01	7	0,02	10	0,03	15	0,04	20	0,05	25	0,06	30	0,07	40	0,10	50	0,13	75	0,19	100	0,25
6	6	0,02	9	0,03	12	0,04	18	0,05	24	0,07	30	0,09	36	0,11	48	0,14	60	0,18	90	0,27	120	0,36
7	7	0,02	10	0,03	14	0,05	21	0,07	28	0,10	35	0,12	42	0,15	56	0,20	70	0,25	105	0,37	140	0,49
8	8	0,03	12	0,05	16	0,06	24	0,10	32	0,13	40	0,16	48	0,19	64	0,26	80	0,32	120	0,48	160	0,64
9	9	0,04	13	0,06	18	0,08	27	0,12	36	0,16	45	0,20	54	0,24	72	0,33	90	0,41	135	0,61	180	0,81
10	10	0,05	15	0,08	20	0,10	30	0,15	40	0,20	50	0,25	60	0,30	80	0,40	100	0,50	150	0,75	200	1,00
11	11	0,06	16	0,09	22	0,12	33	0,18	44	0,24	55	0,30	66	0,36	88	0,48	110	0,61	165	0,91	220	1,21
12	12	0,07	18	0,11	24	0,14	36	0,22	48	0,29	60	0,36	72	0,43	96	0,58	120	0,72	180	1,08	240	1,44
13	13	0,08	19	0,12	26	0,17	39	0,25	52	0,34	65	0,42	78	0,50	104	0,68	130	0,84	195	1,27	260	1,69
14	14	0,10	21	0,15	28	0,20	42	0,29	56	0,39	70	0,49	84	0,59	112	0,79	140	0,98	210	1,47	280	1,96
15	15	0,11	22	0,16	30	0,22	45	0,34	60	0,45	75	0,56	90	0,68	120	0,90	150	1,12	225	1,69	300	2,25
16	16	0,13	24	0,19	32	0,26	48	0,38	64	0,51	80	0,64	96	0,77	128	1,03	160	1,28	240	1,92	320	2,56
17	17	0,14	25	0,21	34	0,29	51	0,43	68	0,58	85	0,72	102	0,87	136	1,15	170	1,44	255	2,17	340	2,89
18	18	0,16	27	0,24	36	0,32	54	0,49	72	0,65	90	0,81	108	0,97	144	1,30	180	1,62	270	2,43	360	3,24
19	19	0,18	28	0,26	38	0,36	57	0,54	76	0,72	95	0,90	114	1,08	152	1,44	190	1,81	285	2,71	380	3,61

Продолжение таблицы В.1

Уклон I, ‰	R = 1000		R = 1500		R = 2000		R = 3000		R = 4000		R = 5000		R = 6000		R = 8000		R = 10000		R = 15000		R = 20000	
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
20	20	0,20	30	0,30	40	0,40	60	0,60	80	0,80	100	1,00	120	1,20	160	1,60	200	2,00	300	3,00	400	4,00
21	21	0,22	31	0,32	42	0,44	63	0,66	84	0,88	105	1,10	126	1,32	168	1,76	210	2,20	315	3,31	420	4,41
22	22	0,24	33	0,36	44	0,48	66	0,72	88	0,97	110	1,21	132	1,45	176	1,93	220	2,42	330	3,63	440	4,84
23	23	0,26	34	0,39	46	0,53	69	0,79	92	1,06	115	1,32	138	1,59	184	2,12	230	2,64	345	3,97	460	5,29
24	24	0,29	36	0,43	48	0,58	72	0,86	96	1,15	120	1,44	144	1,73	192	2,30	240	2,88	360	4,32	480	5,76
25	25	0,31	37	0,46	50	0,63	75	0,94	100	1,25	125	1,56	150	1,88	200	2,50	250	3,13	375	4,69	500	6,25
26	26	0,34	39	0,51	52	0,68	78	1,01	104	1,35	130	1,69	156	2,03	208	2,70	260	3,38	390	5,07	520	6,76
27	27	0,36	40	0,53	54	0,73	81	1,09	108	1,46	135	1,82	162	2,19	216	2,92	270	3,65	405	5,47	540	7,29
28	28	0,39	42	0,59	56	0,78	84	1,18	112	1,57	140	1,96	168	2,35	224	3,14	280	3,92	420	5,88	560	7,84
29	29	0,42	43	0,62	58	0,84	87	1,26	116	1,68	145	2,10	174	2,52	232	3,36	290	4,20	435	6,31	580	8,41
30	30	0,45	45	0,68	60	0,90	90	1,35	120	1,80	150	2,25	180	2,70	240	3,60	300	4,50	450	6,75	600	9,00
31	31	0,48	46	0,71	62	0,96	93	1,44	124	1,92	155	2,40	186	2,88	248	3,84	310	4,81	465	7,21	620	9,61
32	32	0,51	48	0,77	64	1,02	96	1,54	128	2,05	160	2,56	192	3,07	256	4,10	320	5,12	480	7,68	640	10,24
33	33	0,54	49	0,80	66	1,09	99	1,63	132	2,18	165	2,72	198	3,27	264	4,36	330	5,45	495	8,17	660	10,89
34	34	0,58	51	0,87	68	1,16	102	1,73	136	2,31	170	2,89	204	3,47	272	4,63	340	5,78	510	8,67	680	11,56
35	35	0,61	52	0,90	70	1,23	105	1,84	140	2,45	175	3,06	210	3,64	280	4,90	350	6,13	525	9,20	700	12,25
36	36	0,65	54	0,97	72	1,30	108	1,94	144	2,59	180	3,24	216	3,89	288	5,19	360	6,48	540	9,73	720	12,96
37	37	0,68	55	1,01	74	1,37	111	2,05	148	2,74	185	3,42	222	4,11	296	5,48	370	6,85	555	10,27	739	13,66
38	38	0,72	57	1,08	76	1,45	114	2,17	152	2,89	190	3,61	228	4,33	304	5,78	380	7,22	570	10,83	759	14,41
39	39	0,76	58	1,12	78	1,52	117	2,28	156	3,04	195	3,80	234	4,56	312	6,09	390	7,61	585	11,41	779	15,18
40	40	0,80	60	1,20	80	1,60	120	2,40	160	3,20	200	4,00	240	4,80	320	6,40	400	8,00	600	12,01	799	15,97
41	41	0,84	61	1,24	82	1,68	123	2,52	164	3,36	205	4,20	246	5,05	328	6,73	410	8,41	614	12,57	819	16,78
42	42	0,88	63	1,32	84	1,76	126	2,65	168	3,53	210	4,41	252	5,30	336	7,06	420	8,82	629	13,19	839	17,61

Продолжение таблицы В.1

Уклон I, ‰	R = 1000		R = 1500		R = 2000		R = 3000		R = 4000		R = 5000		R = 6000		R = 8000		R = 10000		R = 15000		R = 20000	
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
43	43	0,92	64	1,37	86	1,85	129	2,77	172	3,70	215	4,62	258	5,55	344	7,40	430	9,25	644	13,83	859	18,46
44	44	0,97	66	1,45	88	1,94	132	2,91	176	3,87	220	4,84	264	5,81	352	7,75	440	9,68	659	14,48	879	19,33
45	45	1,01	67	1,50	90	2,03	135	3,04	180	4,05	225	5,07	270	6,08	360	8,10	450	10,13	674	15,15	899	20,22
46	46	1,06	69	1,58	92	2,12	138	3,18	184	4,23	230	5,29	276	6,35	368	8,47	460	10,58	689	15,83	919	21,13
47	47	1,11	70	1,63	94	2,21	141	3,32	188	4,42	235	5,53	282	6,63	376	8,84	470	11,05	704	16,53	939	22,06
48	48	1,15	72	1,73	96	2,31	144	3,46	192	4,61	240	5,76	288	6,92	384	9,22	480	11,53	719	17,24	959	23,01
49	49	1,20	73	1,78	98	2,40	147	3,60	196	4,80	245	6,00	294	7,21	392	9,61	489	11,96	734	17,97	979	23,98
50	50	1,25	75	1,88	100	2,50	150	3,75	200	5,00	250	6,25	300	7,51	400	10,00	499	12,46	749	18,71	999	24,98
51	51	1,30	76	1,93	102	2,60	153	3,90	204	5,21	255	6,51	306	7,81	407	10,36	509	12,96	764	19,47	—	—
52	52	1,35	78	2,03	104	2,71	156	4,06	208	5,41	260	6,76	312	8,12	715	10,77	519	13,48	779	20,24	—	—
53	53	1,41	79	2,08	106	2,81	159	4,22	212	5,62	265	7,02	318	8,43	423	11,19	529	14,00	794	21,03	—	—
54	54	1,46	81	2,19	108	2,91	162	4,38	216	5,84	270	7,30	324	8,75	431	11,62	539	14,54	809	21,83	—	—
55	55	1,51	82	2,24	110	3,03	165	4,54	220	6,06	275	7,57	330	9,08	439	12,05	549	15,08	824	22,65	—	—
56	56	1,57	84	2,35	112	3,14	168	4,70	224	6,28	280	7,85	335	9,36	447	12,50	559	15,64	839	23,48	—	—
57	57	1,63	85	2,41	114	3,25	171	4,88	228	6,50	285	8,13	341	9,70	455	12,95	569	16,20	854	24,33	—	—
58	58	1,68	87	2,52	116	3,37	174	5,05	232	6,73	290	8,42	347	10,04	463	13,41	579	16,78	869	25,20	—	—
59	59	1,74	88	2,58	118	3,48	177	5,23	236	6,97	294	8,65	353	10,39	471	13,88	589	17,36	883	26,01	—	—
60	60	1,80	90	2,70	120	3,60	180	5,41	240	7,21	299	8,95	359	10,75	479	14,35	599	17,96	898	26,91	—	—
61	61	1,86	91	2,76	122	3,72	183	5,59	244	7,44	304	9,25	365	11,12	487	14,84	609	18,56	—	—	—	—
62	62	1,92	93	2,89	124	3,85	186	5,77	248	7,69	309	9,56	371	11,48	495	15,33	619	19,18	—	—	—	—
63	63	1,99	94	2,95	126	3,97	189	5,96	252	7,94	314	9,87	377	11,86	503	15,83	629	19,80	—	—	—	—
64	64	2,05	95	3,07	128	4,10	192	6,15	255	8,14	319	10,19	383	12,24	511	16,33	639	20,44	—	—	—	—
65	65	2,12	97	3,17	130	4,23	195	6,34	259	8,39	324	10,51	389	12,62	519	16,85	649	21,08	—	—	—	—

Окончание таблицы В.1

Уклон I, ‰	R = 1000		R = 1500		R = 2000		R = 3000		R = 4000		R = 5000		R = 6000		R = 8000		R = 10000		R = 15000		R = 20000	
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
66	66	2,18	99	3,27	132	4,36	198	6,54	263	8,66	329	10,84	395	13,02	527	17,38	659	21,74	-	-	-	-
67	67	2,25	100	3,33	134	4,49	201	6,74	267	8,92	334	11,17	401	13,42	535	17,91	669	22,40	-	-	-	-
68	68	2,31	102	3,47	136	4,63	204	6,94	271	9,19	339	11,51	407	13,82	543	18,45	678	23,01	-	-	-	-
69	69	2,38	103	3,54	138	4,77	207	7,15	275	9,46	344	11,85	413	14,23	551	18,99	688	23,70	-	-	-	-
70	70	2,45	105	3,68	140	4,91	209	7,29	279	9,74	349	12,20	419	14,65	559	19,55	698	24,39	-	-	-	-
71	71	2,52	106	3,75	142	5,05	112	7,50	283	10,02	354	13,55	425	15,07	567	20,12	708	25,09	-	-	-	-
72	72	2,59	108	3,89	144	5,19	215	7,71	287	10,31	359	12,91	431	15,50	575	20,69	718	25,81	-	-	-	-
73	73	2,67	109	3,96	146	5,34	218	7,93	291	10,60	364	13,27	437	15,93	582	21,20	728	26,53	-	-	-	-
74	74	2,74	111	4,11	148	5,48	221	8,15	295	10,89	369	13,64	443	16,38	590	21,79	738	27,27	-	-	-	-
75	75	2,82	112	4,19	150	5,63	224	8,37	299	11,19	374	14,01	449	16,82	598	22,38	748	28,01	-	-	-	-
76	76	2,89	114	4,34	152	5,78	227	8,60	303	11,49	379	14,38	455	17,28	606	22,99	758	28,77	-	-	-	-
77	77	2,97	115	4,41	154	5,94	230	8,83	307	11,80	384	14,77	461	17,74	614	23,60	768	29,94	-	-	-	-
78	78	3,05	117	4,57	156	6,09	233	9,06	311	12,11	389	15,16	467	18,20	622	24,22	778	30,31	-	-	-	-
79	79	3,13	118	4,65	158	6,25	236	9,30	315	12,42	394	15,55	473	18,67	630	24,84	788	31,10	-	-	-	-
80	80	3,21	120	4,81	160	6,41	239	9,54	319	12,27	399	15,95	479	19,15	638	25,48	797	31,84	-	-	-	-

Приложение Г (справочное)

Условные графические обозначения и изображения элементов сооружений транспорта

Таблица Г.1 – Условные графические обозначения и изображения проектируемых устройств и сооружений транспорта на чертежах генеральных планов

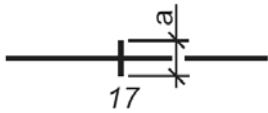
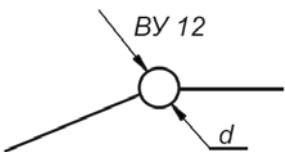
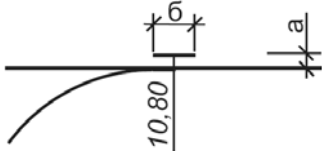
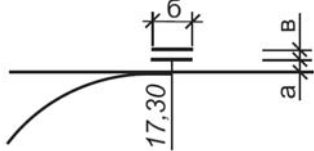
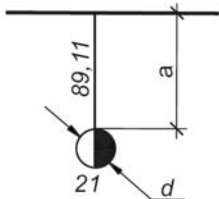
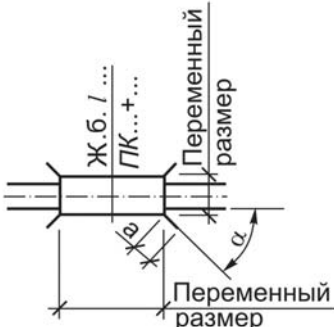
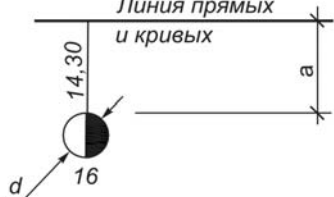



Наименование	Обозначение	Размер, мм, для М 1:5000
1 Пикет автомобильной дороги		$a = 2,0$
2 Вершина угла поворота оси трассы автомобильной дороги		$1,5 \leq d \leq 2,0$
3 Начало и конец круговой кривой		$a = 1,5$ $b = 3,0$
4 Начало и конец переходной кривой		$a = 1,0$ $b = 3,0$ $v = 0,5$
5 Указатель километров. Примечание – Для существующих автомобильных дорог затушевку указателя не выполняют		$a = 10,0$ $d = 3,0$
6 Мосты и путепроводы на автомобильных дорогах		$a = 1,5$ $\alpha = 45^\circ$

Таблица Г.2 – Условные графические обозначения и изображения элементов сооружений и устройств на продольных профилях проектируемых автомобильных дорог

Наименование	Обозначение	Размер, мм, для М 1:5000
1 Указатель километров		a – переменный размер; $d = 2,0$
2 Водопропускная круглая труба		a – переменный размер; $b = 5,0$; $d = 0,7$
3 Мост, путепровод, виадук и эстакада		$a = 1,0$
<p>4 Пересечение надземных инженерных сетей на высоких опорах:</p> <p>а) линий электропередач</p> <p>б) линий связи и сигнализации</p> <p>в) трубопроводов различного назначения</p>		<p>а – переменный размер; $b = 5,0$; $d = 0,7$</p> <p>а – переменный размер; $b = 5,0$; $d = 0,7$</p> <p>а – переменный размер; $d = 2,0$</p>

Приложение Д (справочное)

Типовые поперечные профили

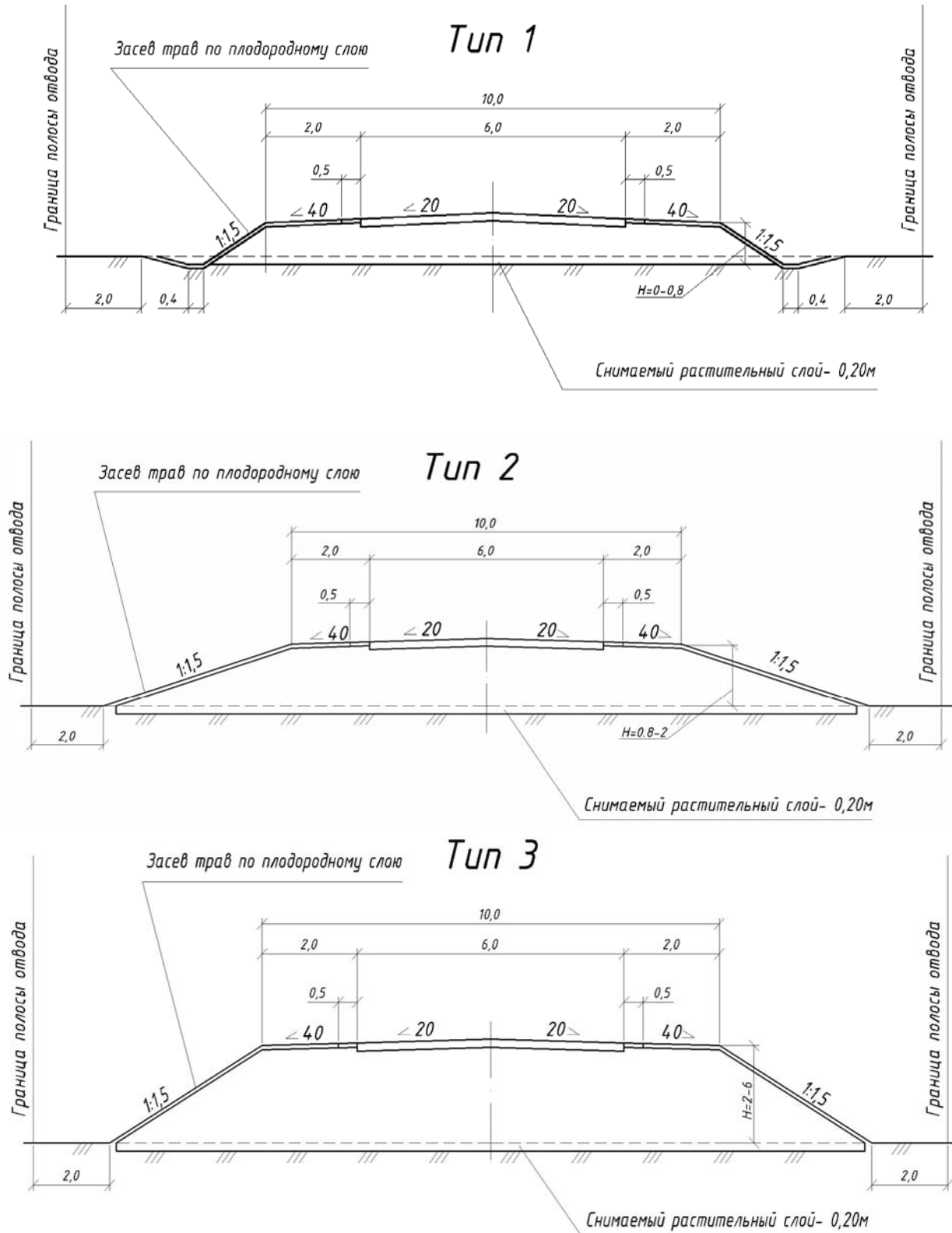
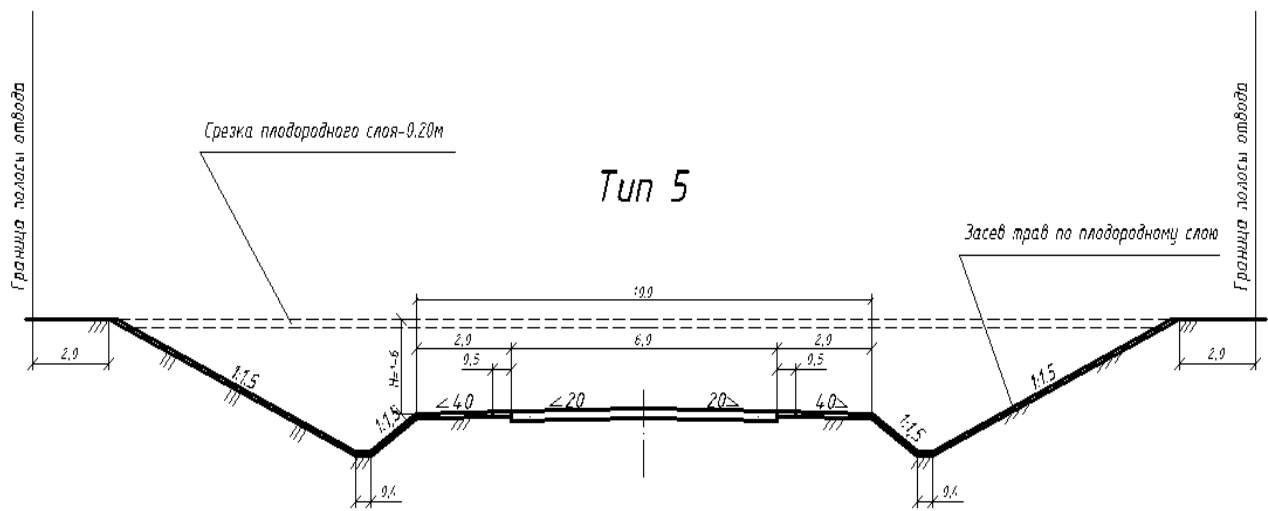
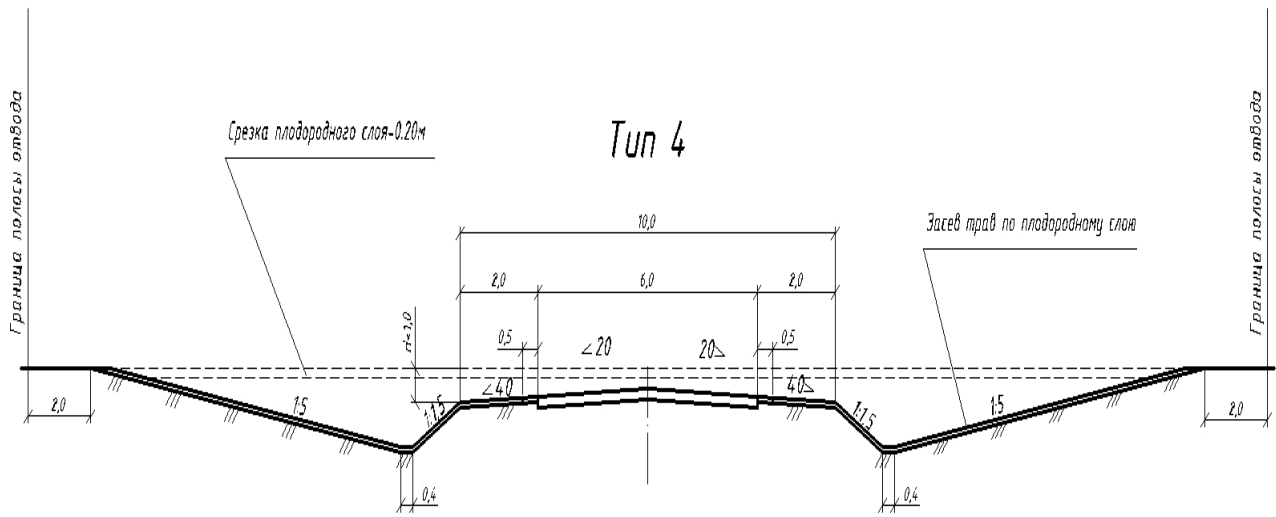


Рисунок Д.1 – Поперечные профили автомобильных дорог



Окончание рисунка Д.1