

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДОРОГИ МЕТОДОМ ТАНГЕНСОВ

4.1 Общие сведения

Материал излагается в соответствии с учебным пособием [1]. Проектирование продольного профиля предусматривает следующие этапы:

- установление и подготовка исходных данных;
- нанесение линии поверхности земли по оси дороги и проектной линии в соответствии с основными требованиями к ней;
- расчет элементов проектной линии с определением проектных и рабочих отметок;
- описание проектной линии;
- оформление продольного профиля [1,2].

4.2 Составление ведомости отметок поверхности земли по оси дороги

Чтобы построить продольный профиль поверхности земли, необходимо знать ее отметки на пикетах (ПК) и плюсовых точках по оси дороги. Плюсовые точки назначают в местах резкого изменения крутизны склонов, характеризующихся сгущением или разрежением горизонталей; в переломных точках на возвышениях и понижениях рельефа местности; на границах обрывов и оврагов; в местах пересечения трассы с железными и автомобильными дорогами, а также с водотоками.

В промежуточных точках между горизонталями отметки поверхности земли определяют интер- и экстраполяцией. Метод интерполяции применяется в том случае, когда точка находится между разомкнутыми горизонталями. Если известны отметки двух соседних горизонталей, то промежуточную отметку можно найти исходя из подобия треугольников, измерив расстояние между горизонталями по карте. Определение отметки земли интерполяцией показано на рис. 4.1. Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали или за пределами двух горизонталей, то ее отметку определяют экстраполяцией (рис.4.2 а, б).

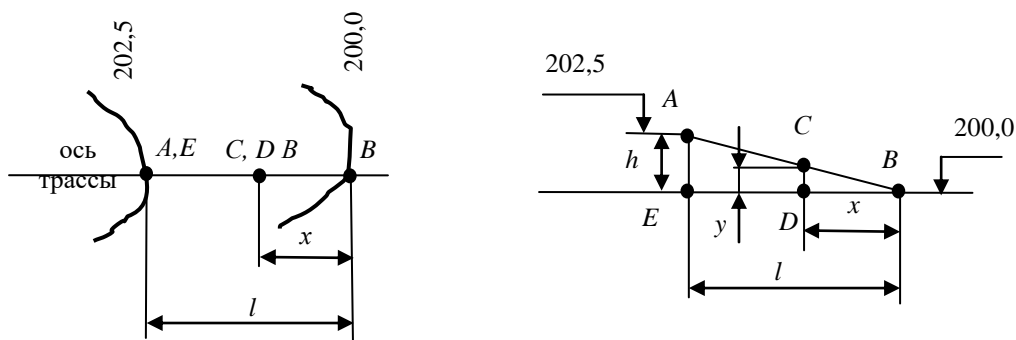


Рисунок 4.1 - Определение отметок методом интерполяции

Из подобия треугольников ABE и CBD в обоих способах следует соотношение

$$\frac{y}{h} = \frac{x}{l} \quad (4.1)$$

Согласно ему $y = h \cdot \frac{x}{l}$. Тогда отметка местности в точке C определится по формуле

$$H_C = H_B + y, \quad (4.2)$$

где H_C, H_B – соответственно отметки земли в точках C и B ; y – разность отметок в точке B и искомой точке.

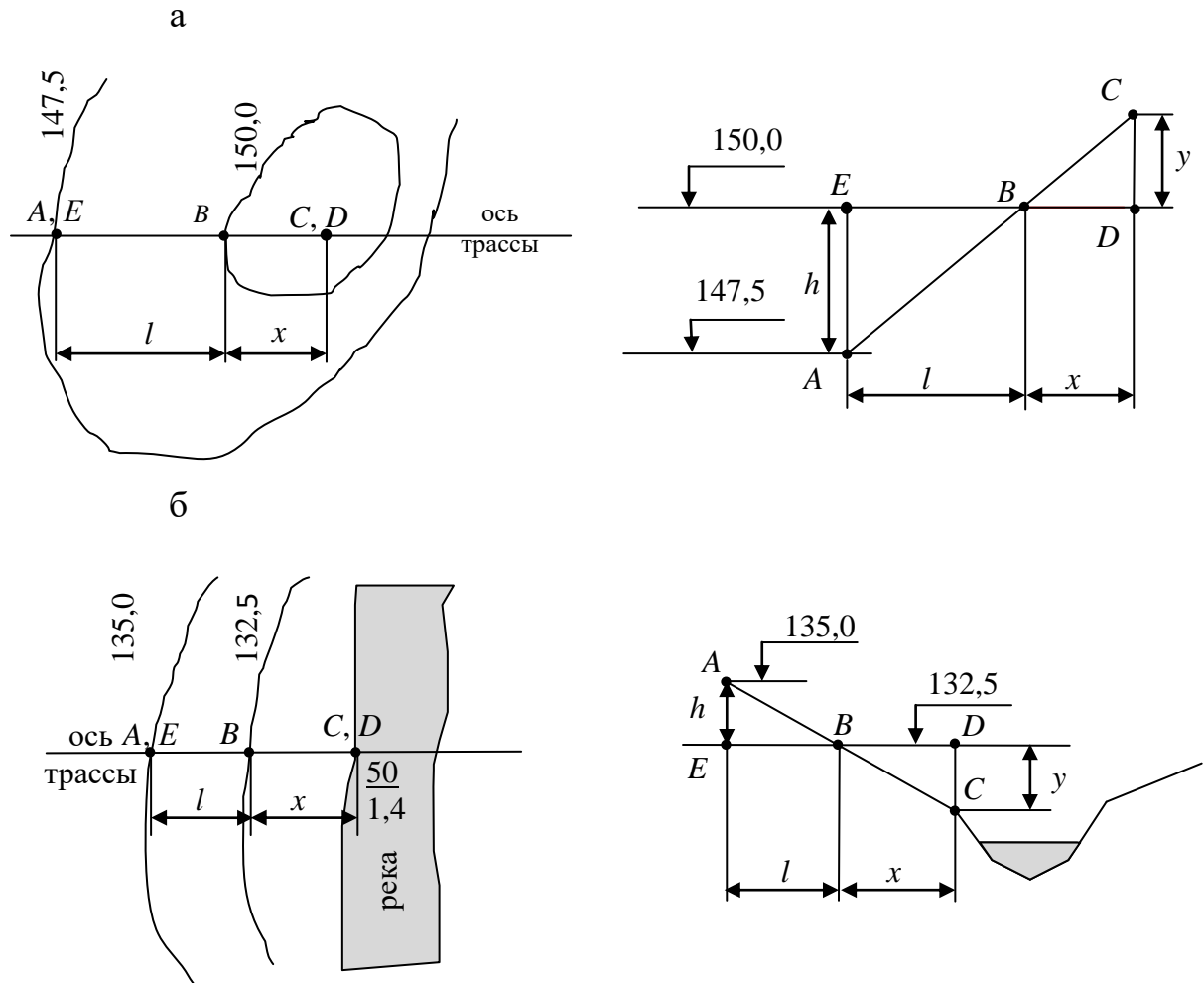


Рисунок 4.2 – Определение отметок методом экстраполяции: а – в замкнутой горизонтали; б – за пределами двух горизонталей

Отметки дна пересекаемых оврагов принимают ориентировочно. Вычисленные отметки земли заносят в ведомость, табл.4.1.

Таблица 4.1 - Ведомость отметок земли по оси дороги

Местоположение точки		Отметка земли, м	Вид точки
ПК	+		
00	00	178,12	Начало трассы
00	55	177,33	Гальвег
1	00	177,50	ПК
2	00	178,18	ПК
...

Затем вычерчивают продольный профиль поверхности земли.

4.3 Разработка чертежа продольного профиля дороги



Рисунок 4.3 – Боковик продольного профиля

В графе «Пикет, элементы плана, километры» размещают номера пикетов. Их полные значения записывают только на километровых пикетах. У остальных приводят только последнюю цифру (см. образец чертежа на сайте).

Обозначение и размеры указателя километров даны в приложении к данному разделу. Далее сплошной жирной линией толщиной 0,5 мм наносят план трассы. Кривые показывают горизонтальными линиями, смещенными вверх при повороте направо и вниз при повороте налево. Переходные кривые показывают наклонными линиями (см.

Продольный профиль автомобильных дорог вычерчивают в соответствии с ГОСТ Р. 21.701-2013 [3]. Его выполняют на миллиметровой бумаге высотой 420 мм. Высота рамки – 410 мм. В случае равнинного рельефа применяют чертежный лист высотой 297 мм с рамкой высотой 287 мм. Продольный профиль вычерчивают в следующих масштабах: горизонтальный – 1:5000; вертикальный – 1:500. Допускается применять такие масштабы: горизонтальный – 1:2000; вертикальный – 1:200 или горизонтальный – 1:1000; вертикальный – 1:100. Основным вертикальным масштаб для грунтового разреза – 1:100 (допускаемые – 1:50 или 1:200). Высота всех цифр на чертеже и в графах сетки составляет 3 мм.

Сначала вычерчивают сетку продольного профиля. Ее размещают на листе так, чтобы правая и верхняя границы боковика совпадали с жирной линией на миллиметровой бумаге. Размеры боковика приведены на рис. 4.3.

Далее заполняют графу «Расстояние, м». Ее разбивают вертикальными линиями на пикеты (по 2 см). Положение плюсовых точек обозначают также вертикальными линиями. В графе указывают расстояние между точками перелома фактической поверхности земли.

приложение к данному разделу, п. 2а). Начало и конец первой наклонной линии должны соответствовать началу закругления и началу круговой кривой, второй наклонной линии – концу круговой кривой и концу закругления соответственно. Обозначение криволинейного участка без переходных кривых приведено в приложении, п. 2б. На плане также указывают величины углов поворота и радиусов закругления, длины прямолинейных участков и их румбы. В этой же графе изображают ситуацию местности в пределах полосы шириной 100 м в обе стороны от оси дороги.

В графе «Отметки рельефа, м» записывают отметки земли, округленные до сотых долей. Над верхней линией боковика сетки указывают принятый условный горизонт (УГ) для построения грунтового профиля. Его выбирают так, чтобы от линии земли оставалось не менее 8-10 см до верхнего края рамки и не менее 8-10 см до сетки продольного профиля. Таким образом, при высоте чертежа 420 мм, с учетом вышеуказанных требований, линия земли должна располагаться в полосе шириной не более 10 см. При больших перепадах высот условный горизонт меняют по длине дороги.

Для того, чтобы вычислить величину условного горизонта, необходимо в ведомости отметок земли по оси дороги найти значения самой высокой H_{\max} и самой низкой H_{\min} отметок земли. С учетом того, что линия земли должна находиться в полосе 10 см, а масштаб по вертикали 1:500, следует, что превышение между H_{\max} и H_{\min} должно быть не более 50 м. Если $H_{\max} - H_{\min} > 50$ м, то принимают два или более условных горизонта, разбивая профиль на участки, в пределах которых разность отметок не превышает 50 м, и вертикально смещая одну часть профиля относительно другой. При этом значение условного горизонта может быть вычислено по формуле

$$\text{УГ} = H_{\max,i} - 90, \quad (4.3)$$

где $H_{\max,i}$ – максимальная отметка земли на i -м участке профиля. Его округляют до ближайшего целого числа, кратного 5-ти, и записывают над верхней линией сетки. Первый условный горизонт (УГ) записывают над верхней линией боковика сетки, последующие – над верхней линией сетки перед смещённым участком профиля.

Далее строят продольный профиль земли по оси дороги, используя данные графы «Отметки земли, м». Параллельно ему, ниже на 2 см, вычерчивают верхнюю границу грунтового профиля. Их показывают сплошной тонкой линией толщиной 0,25 мм.

Пример оформления чертежа продольного профиля автомобильной дороги, выполненного по методу тангенсов, приведен на сайте.

В графе «Тип местности по увлажнению» указывают номер типа. По условиям увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности: 1 – сухие участки, на которых поверхностный сток воды обеспечен; 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года; 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением. Тип местности определяют по карте. На протяжении трассы он может меняться.

4.4 Оформление грунтового профиля дороги

Грунтовый разрез трассы выполняют по данным инженерно-геологических обследований. Шурфы и скважины закладывают в пределах придорожной полосы шириной до 200 м. *Шурфы* – это вертикальные выработки сечением 1,2-2 м,

устраиваемые на равнинных участках трассы. Они более трудоемки, чем скважины, но позволяют детальнее исследовать грунт. Скважины имеют диаметр 50, 60, 78 и 89 мм. Их бурят в местах предполагаемого строительства искусственных сооружений, на участках глубоких выемок, под высокими насыпями.

Глубина скважин в выемках должна дать представление о грунтовом профиле не менее чем на глубину промерзания и толщины дорожной одежды ниже бровки земляного полотна. Скважины под высокими насыпями закладываются на величину активной зоны [2], т.е. в среднем на 3-4 м. Глубина скважин у труб и малых мостов составляет 5-10 м. На 1 км трассы обычно устраивают не менее 3 геологических выработок (шурфов или скважин). Под высокими насыпями скважины бурят через 50-100 м, в глубоких выемках – через 100-150 м, но не менее двух на одну выемку. У малых искусственных сооружений закладывают одну скважину, у больших и средних мостов количество скважин зависит от типа фундамента опор (не менее 2-3 скважин).

Шурфы и скважины вычерчивают шириной 4 и 2 мм соответственно. Если скважина не помещается полностью на грунтовом разрезе дороги, то её показывают с разрывом (см. чертеж продольного профиля). Справа на уровне низа шурфа или скважины пишут значение глубины заложения. В колонках шурфов и скважин при помощи условных обозначений указывают влажность и консистенцию грунтов (рис. 4.4).

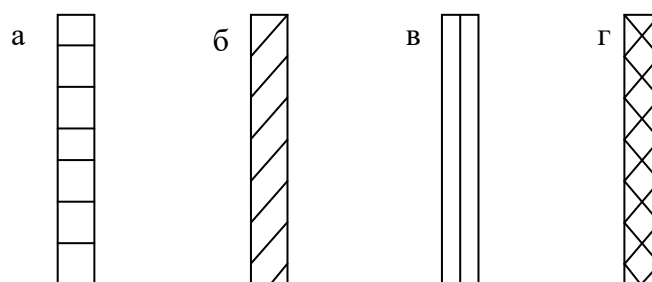


Рисунок 4.4 – Влажность и консистенция грунтов в шурфах и скважинах: а – маловлажные песчаные или твердые и полутвердые глинистые грунты; б – влажные песчаные или тугопластичные глинистые грунты; в – влажные песчаные или мягкопластичные глинистые грунты; г – водонасыщенные песчаные или текучепластичные и водонасыщенные глинистые грунты

Между шурфами и скважинами проводят тонкие линии, показывающие границы залегания пластов. Справа, на уровне нижней границы слоя грунта, пишут значение

Номер ИГЭ	Группа грунта	Наименование грунта

Размеры: ширина колонок 15, 15, 35; высота строк 10, 10.

Рисунок 4.5 – Таблица данных грунтов

глубины его залегания. Низы шурфов и скважин соединяют прямыми тонкими линиями, под которыми, а также выше грунтового разреза проводят сплошные линии ординат пикетов и плюсовых точек. Слои грунтов обозначают условными номерами в кружках диаметром 5-7 мм. Над боковиком продольного профиля помещают таблицу с наименованиями грунтов. Её форма и размеры приведены на рис.4.5.

Число строк в таблице зависит от

количества грунтовых слоев, обнаруженных при изысканиях в районе строительства будущей дороги. В графы таблицы заносят условные номера и наименования грунтов, а также группы – обозначения, принятые в соответствии с классификацией грунтов по трудности разработки в сметных нормах. В курсовом проекте допускается не указывать группы грунта.

4.5 Обоснование руководящих отметок

Руководящая отметка необходима для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Ее определяют с учетом ряда факторов: дорожно-климатической зоны, категории дороги, вида грунта рабочего слоя, типа местности по характеру увлажнения и условиям снегонезаносимости. Так как тип местности по условиям увлажнения меняется вдоль трассы, то и руководящих отметок будет несколько.

4.5.1 Руководящая отметка для первого типа местности

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению назначается из условия снегонезаносимости дороги. Схема к её определению показана на рис. 4.6.

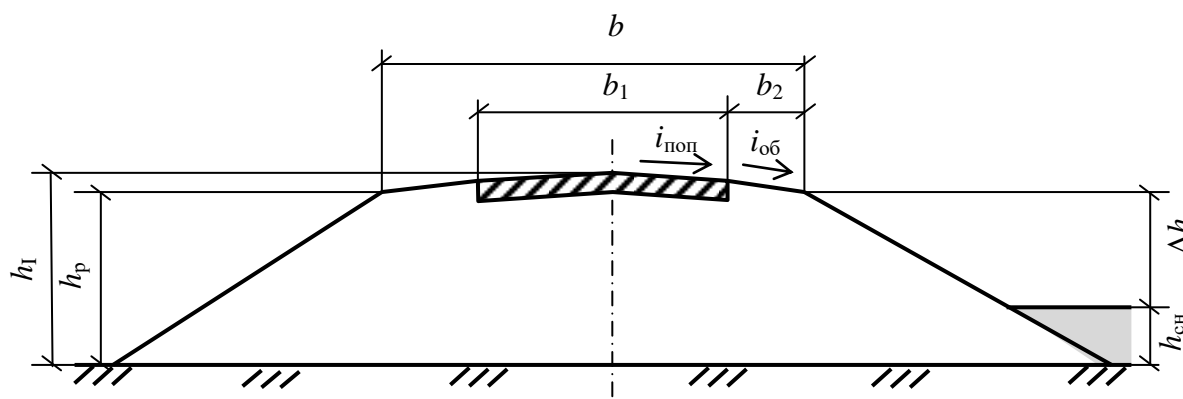


Рисунок 4.6 - Определение руководящей отметки для первого типа местности по увлажнению

Условие снегонезаносимости заключается в том, что отметка бровки насыпи должна быть не менее величины h_p , определяемой в соответствии с [4] по формуле

$$h_p = h_{сн} + \Delta h, \quad (4.4)$$

где $h_{сн}$ – расчетная толщина снегового покрова 5%-ой обеспеченности; Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, зависящее от категории автомобильной дороги.

Величина Δh выбирается из табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова

Параметры	Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, м				
	I	II	III	IV	V
Δh	1,2	0,7	0,6	0,5	0,4

В районах, где расчетная высота снежного покрова превышает 1 м, необходимо проверить достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом с учетом снега, сбрасываемого с дороги. Математически это требование можно выразить следующим образом:

$$h_p = h_{\text{сн}} + \max(\Delta h, \Delta h_s), \quad (4.5)$$

где

$$\Delta h_s = 0,375 h_{\text{сн}} \frac{b}{a}, \quad (4.6)$$

b – ширина земляного полотна; a – расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем ($a = 8$ м).

Полученную отметку необходимо перевести в руководящую отметку для линии проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси дороги. Тогда руководящая отметка вычисляется по формуле

$$h_I = h_p + i_{\text{об}} \cdot b_2 + i_{\text{поп}} \frac{b_1}{2}, \quad (4.7)$$

где b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2 краевых полос обочины), b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы; $i_{\text{об}}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины; $i_{\text{поп}}$ – поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

4.5.2 Руководящая отметка для второго типа местности

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод. При этом считают, что поверхностный сток воды не обеспечен и вода стоит не более 30 суток. Схема определения отметки показана на рис. 4.7.

При необеспеченном стоке воды от поверхности земли руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определится по формуле

$$h_{II} = h_{1,н} + i_{\text{поп}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (4.8)$$

где $h_{1,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли; $i_{\text{поп}}$ – поперечный уклон проезжей части; b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины).

При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод (не более 30 суток) руководящая отметка вычисляется по формуле

$$h_{II} = h_{1,н} + h_{\text{пв}} + i_{\text{поп}} \frac{b_1}{2}, \quad (4.9)$$

где $h_{\text{пв}}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли.

Значения $h_{1,н}$ принимаются по табл. 4.3 (под чертой) в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя.

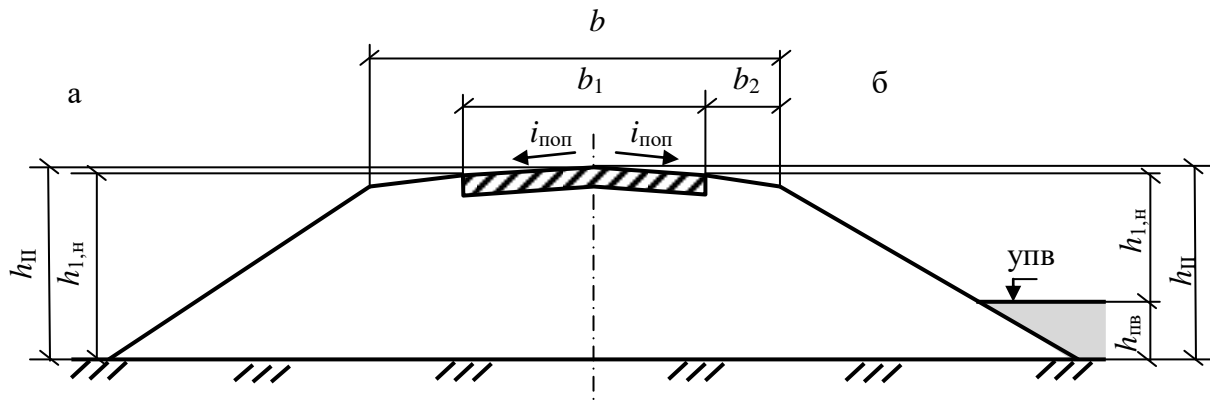


Рисунок 4.7 – Определение руководящей отметки для второго типа местности по увлажнению: а – при необеспеченном стоке от поверхности земли; б – при необеспеченном стоке кратковременно стоящих поверхностных вод

Таблица 4.3 - Наименьшее возвышение поверхности покрытия в зависимости от грунта рабочего слоя и дорожно-климатической зоны

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатической зоны			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	<u>1,1</u>	<u>0,9</u>	<u>0,75</u>	<u>0,5</u>
	0,9	0,7	0,55	0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	<u>1,5</u>	<u>1,2</u>	<u>1,1</u>	<u>0,8</u>
	1,2	1,0	0,8	0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глина	<u>2,2</u>	<u>1,8</u>	<u>1,5</u>	<u>1,1</u>
	1,6	1,4	1,1	0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	<u>2,4</u>	<u>2,1</u>	<u>1,8</u>	<u>1,2</u>
	1,8	1,5	1,3	0,8

Пример расчёта. Так как район проектирования относится к III-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – песок мелкий, то в соответствии с табл. 4.3 (под чертой) $h_{1,н} = 0,7$ м. При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод глубиной $h_{пв} = 0,35$ м руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению, вычисляют по формуле (4.9). Для дороги IV-й категории она составит

$$h_{II} = h_{1,н} + h_{пв} + i_{поп} \frac{b_1}{2} = 0,7 + 0,35 + 0,02 \cdot \frac{7}{2} = 1,12 \text{ м.}$$

4.5.3 Руководящая отметка для третьего типа местности

Руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток (рис. 4.8). Данная таблица взята из СП 34.13330.2012 [4].

При необеспеченном стоке поверхностных вод, стоящих более 30 суток, руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определяется по формуле

$$h_{III} = h_{2,н} + h_{пв} + i_{поп} \frac{b_1}{2}, \quad (4.10)$$

где $h_{2,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем поверхностных вод; $h_{пв}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли; $i_{поп}$ – поперечный уклон проезжей части; b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины).

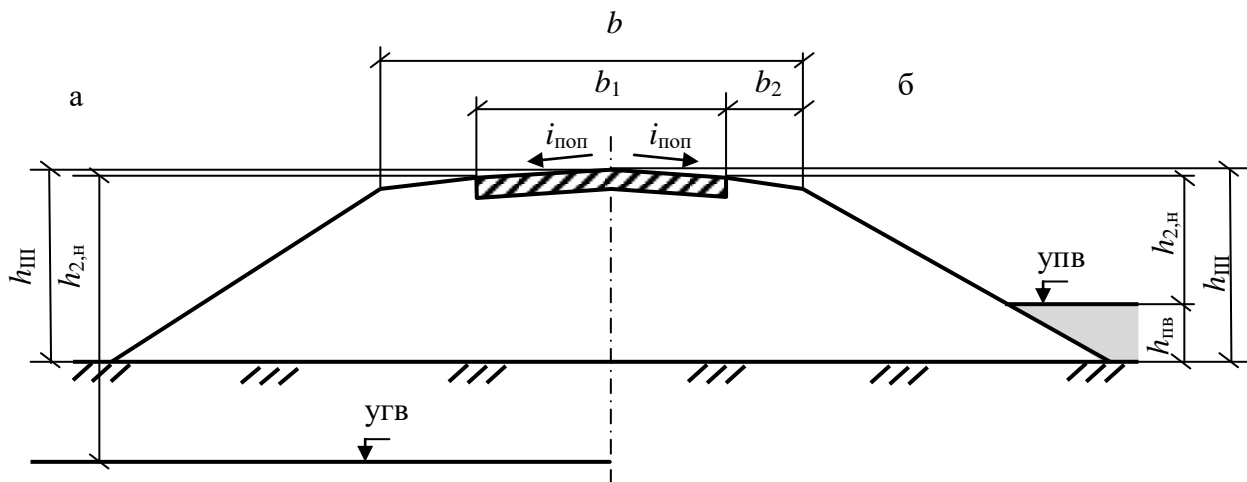


Рисунок 4.8 – Определение руководящей отметки для третьего типа местности по увлажнению: а – высоком стоянии грунтовых вод; б – при необеспеченном стоке поверхностных вод

В случае высокого стояния грунтовых вод руководящая отметка вычисляется следующим образом:

$$h_{III} = h_{2,н} - h_{гв} + i_{поп} \frac{b_1}{2}, \quad (4.11)$$

где $h_{2,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод; $h_{гв}$ – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод. Значения $h_{2,н}$ принимаются по табл. 4.3 (над чертой).

Пример расчёта. Так как район проектирования относится к III-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – песок мелкий, то в соответствии с табл. 4.3 (над чертой) $h_{2,н} = 0,9$ м. При высоко стоящих грунтовых водах с глубиной заложения их горизонта $h_{гв} = 0,35$ м руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению, вычисляют по формуле (4.11). Для дороги IV-й категории она составит

$$h_{III} = h_{2,н} - h_{гв} + i_{поп} \frac{b_1}{2} = 0,9 - 0,20 + 0,02 \cdot \frac{7}{2} = 0,77 \text{ м.}$$

4.6 Контрольные точки проектной линии

К контрольным точкам проектной линии относятся следующие: начало и конец трассы; отметки проезжей части мостов и путепроводов; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки головки рельса железной дороги и отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой; отметки поверхности болота.

Отметки контрольных точек начала и конца трассы, а также в местах пересечений при реальном проектировании устанавливают по нивелировочному журналу. При учебном проектировании они принимаются в соответствии с руководящими отметками,

а отметку головки рельса задают условно (с учетом возвышения ее над уровнем земли на 0,5 – 1,5 м).

Минимально допустимые отметки над трубами и мостами являются контрольными точками, ограничивающими положение проектной линии снизу. В случае безнапорного течения воды в трубах контрольная отметка определится по формуле

$$H = d + \Delta + \delta + h_{\text{ДО}}, \quad (4.12)$$

где d – диаметр трубы, δ – толщина стенки трубы, Δ – толщина засыпки над трубой, $h_{\text{ДО}}$ – толщина конструкции дорожной одежды. Толщина засыпки над трубой принимается равной 0,5 м, считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы и до низа конструкции дорожной одежды. Для гофрированных металлических труб налагается дополнительное условие, что толщина засыпки должна быть не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия [5].

В случае пересечения дорог в разных уровнях отметка проезжей части путепровода определится по формуле

$$H_{\text{п}} = H_{\text{з}} + \Gamma_{\text{м}} + h_{\text{к}}, \quad (4.13)$$

где $H_{\text{з}}$ – отметка земли по оси дороги; $\Gamma_{\text{м}}$ – подмостовой габарит путепровода; $h_{\text{к}}$ – конструктивная высота пролетного строения.

Значения подмостового габарита путепровода приведены в табл. 4.4.

Конструктивную высоту можно установить с помощью формулы

$$h_{\text{к}} = \frac{1}{16}l, \quad (4.14)$$

где l – длина пролетного строения.

Таблица 4.4 - Значения подмостовых габаритов

Вид путепровода		Подмостовой габарит, м
Железнодорожные	Электрифицированные	6,55
	Неэлектрифицированные	5,55
Автодорожные	I – III категорий	5,0
	IV, V категорий	4,5

Отметки контрольных точек записывают в специальную ведомость, см. табл. 4.5.

Таблица 4.5 - Ведомость контрольных точек для проектной линии

Местоположение точки		Отметка, м		Вид контрольной точки
ПК	+	рельефа	контрольная для проектной линии	
0	00	178,10	179,30	Начало трассы
8	00	164,70	166,84	Труба
13	00	170,75	172,89	Труба
15	10	170,56	171,62	Пересечение с дорогой
19	00	162,40	164,71	Труба
23	35	155,30	160,72	Мост
25	75	171,20	162,40	Конец трассы

Контрольные точки наносят на чертеж продольного профиля.

4.7 Правила и методы нанесения проектной линии

При нанесении проектной линии руководствуются правилами:

- уклоны проектной линии не должны превышать допустимых для данной категории дороги;
- для комфортного проезда по автомобильной дороге рекомендуется задавать продольный уклон, не превышающий 30 ‰;
- недопустим пилообразный профиль;
- объём земляных работ должен быть минимальным;
- необходимо обеспечить беспрепятственный отвод поверхностной воды от земляного полотна, для этого уклоны проектной линии в местах выемок должны быть не менее 5 ‰ и длина выемок – не более 500 м;
- участки проектной линии, проходящие по мосту или путепроводу должны иметь уклон не менее 5‰ (с целью обеспечения продольного водоотвода) и не более 30‰ (в условиях образования гололедицы на проезжей части искусственного сооружения).

Возможны два способа нанесения проектной линии: *по обертывающей* и *по секущей*. По обертывающей прокладывают проектную линию в условиях равнинного рельефа местности и на дорогах низких категорий. В этом случае проектная линия по возможности параллельна поверхности земли. Отступают от этого правила лишь на пересечениях пониженных мест рельефа. В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа при проектировании по обертывающей проектная линия получается беспокойной. В этом случае проектную линию наносят по секущей. При этом стараются обеспечить примерный баланс земли участков насыпей и выемок, для того, чтобы грунты из выемок использовать в устройстве насыпей в пониженных местах. Т.к. при равных значениях рабочих отметок поперечное сечение выемки больше сечения насыпи, то необходимо располагать проектную линию таким образом, чтобы площадь участков выемок на продольном профиле была на 25-30% меньше площади насыпей. При использовании способа проектирования по секущей получают плавный продольный профиль.

В курсовом проекте при нанесении проектной линии необходимо использовать метод тангенсов. Суть метода заключается в том, что сначала строят ломаную линию, а затем в места её переломов вписывают вертикальные кривые и вносят коррективы в проектные и рабочие отметки за счет кривизны.

4.8 Нанесение проектной линии методом тангенсов

4.8.1 Построение ломаного хода

Создание проектной линии состоит из двух этапов: построения ломаного хода и вписывания вертикальных кривых. Оформление продольного профиля по методу тангенсов дано в отдельном файле.

1. Сначала наносят на чертеж все контрольные точки. Далее намечают вершины ломаной линии, которые следует размещать на возвышенностях и понижениях рельефа.
2. Строят первый отрезок, соединяющий начальную точку проектной линии *A* (ПК 0+00) с ближайшей намеченной вершиной ломаной линии (точкой *B*) и оценивают уклон по формуле

$$i = \frac{H_2 - H_1}{x}, \quad (4.15)$$

где H_1 и H_2 – отметки проектной линии в точках A и B соответственно, x – расстояние между концами отрезка ломаной по горизонтали.

3. Уточняют уклон, т.е. округляют его значение до тысячных долей и пересчитывают отметку точки B . Например, $H_1=179,30$; $H_2 = 165,42$; $x = 900$ м. Тогда уклон, вычисленный по формуле (5.15),

$$i = \frac{165,42 - 179,30}{900} = -0,01542.$$

Следует округлить уклон до целых значений промилле, т.е. $i = -0,015 = -15\%$. Затем пересчитывают отметку $H_2 = 179,30 - 0,015 \cdot 900 = 165,80$ м.

4. Если уклон – больше максимально допустимого значения для данной категории дороги (например, больше 50 % для дороги III технической категории), то перемещают точку B по вертикали до приемлемой величины уклона.

5. Одновременно заполняют строки сетки чертежа «Уклон, расстояние» и «Отметки по оси дороги». Над чертой записывается значение уклона, под чертой – длина отрезка. Отметки записывают боком. Высота шрифта – 3 мм. Значения округляют до двух знаков после запятой.

6. Достраивают ломаный ход до конца трассы.

4.8.2 Вписывание вертикальных кривых

Чем больше радиус вертикальной кривой, тем более плавной будет проектная линия. Но большой радиус не должен приводить к излишним объемам земляных работ. При выборе значений радиусов руководствуются нормами СП 34.13330.2012.

Следует избегать сопряжения концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле. Расстояние между ними должно быть не менее 150 м.

1. Вычисляют элементы вертикальной кривой: тангенс T_B , длину кривой K_B , биссектрису B_B по формулам (4.16) - (4.18). Домером, ввиду больших значений радиусов, пренебрегают.

$$T_B = \frac{R_B |i_1 - i_2|}{2}, \quad (4.16)$$

$$K_B = 2T_B, \quad (4.17)$$

$$B_B = \frac{T^2}{2R_B}. \quad (4.18)$$

Рекомендуется сначала попробовать вписать минимально допустимые значения радиусов выпуклых и вогнутых кривых. Если длина кривой оказалась менее предельной величины (т.е. длина выпуклой кривой – менее 300 м; вогнутой – менее 100 м), то следует увеличить значение радиуса кривой. В формуле (4.16) уклоны вводятся с соответствующим знаком: положительный уклон соответствует движению на подъем, отрицательный (со знаком «минус») – на спуск.

2. Над каждой вершиной ломаной вводят обозначения вертикальных кривых. Для этого чертят вертикальные линии длиной 3 см. Слева боком записывают ПК положения вершины ломаного хода. В обе стороны от вершины по горизонтали в масштабе

откладывают величину T_b . К ней пристраивают вертикальные скобки длиной 5 мм. Скобки направлены вниз в случае выпуклой кривой, вверх – в случае вогнутой кривой.

У каждого конца вертикальной кривой указывают расстояние до ближайшего ПК слева. Над обозначением кривой пишутся значения радиуса вертикальной кривой, тангенса, длины кривой, биссектрисы.

3. В случае наложения тангенсов при соблюдении всех требований к радиусам и длинам вертикальных кривых меняют положение вершин ломаного хода.

4. Выполнив проекцию линии тангенсов на ломаный ход, получают точки начала вертикальной кривой (НВК) и конца вертикальной кривой (КВК).

4.8.3 Вычисление проектных отметок

Вычисление проектных отметок состоит из двух этапов: сначала находят отметки по ломаному ходу, а затем на участках вертикальных кривых определяют поправки. Проектные отметки по ломаному ходу считают для всех точек с известными отметками земли и в точках начала и конца вертикальных кривых по рекуррентной формуле

$$H_j = H_{j-1} \pm i \cdot x_j, \quad (4.19)$$

где H_j – искомая отметка, H_{j-1} – предыдущая отметка, x_j – расстояние между точками с отметками H_j и H_{j-1} , i – уклон проектной линии (знак «+» соответствует движению на подъем, «-» – на спуск).

Далее вычисляют *рабочие отметки*, как разность между проектными отметками и отметками земли. Рабочие отметки насыпей записываются над проектной линией. Рабочие отметки выемки – ниже проектной линии.

На следующем этапе вычисляют отметки в пределах вертикальных кривых.

1. Определяют отметку на вертикальной кривой по линии биссектрисы:

$$H_B = H_0 \pm B_b, \quad (4.20)$$

где H_0 – отметка вершины ломаного хода, B_b – биссектриса, вычисленная по формуле (4.18); знак «-» – для выпуклых кривых, знак «+» – для вогнутых кривых.

2. Находят поправки для отметок по зависимости

$$\Delta h = \frac{x^2}{2R_b}, \quad (4.21)$$

где x – расстояние от НВК (для точек, находящихся между НВК и вершиной ломаной) или КВК (для точек, находящихся между вершиной ломаной и КВК) до ординаты вычисляемой отметки.

3. Пересчитывают отметки проектной линии в пределах вертикальных кривых:

$$H_b = H \pm \Delta h, \quad (4.22)$$

где H_b – искомые отметки, H – отметки проектной линии по ломаному ходу.

Отметки по ломаному ходу в пределах вертикальных кривых берут в скобки, а рядом записывают уточненные по формуле (4.22) значения.

4. Для точек НВК и КВК интерполяцией определяют отметки земли.

5. Вычисляют рабочие отметки. Старые значения рабочих отметок берут в скобки, а рядом записывают уточненные значения.

4.9 Нанесение надпрофильных обозначений и описание проектной линии

Над проектной линией помимо рабочих отметок указывают:

- реперы;
- наземные и надземные инженерные коммуникации;
- наименования проектируемых искусственных сооружений;
- транспортные развязки, пересечения и примыкания;
- переезды через железнодорожные пути;
- нагорные и водоотводные каналы, сбросы воды [3].

Условные обозначения приняты в соответствии с ГОСТ 21-207-2013 и приведены в таблице приложения [6].


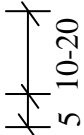
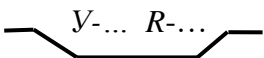

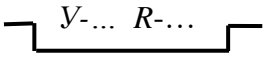

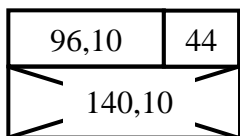
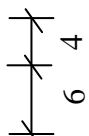
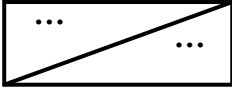

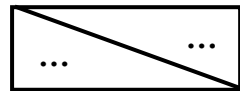

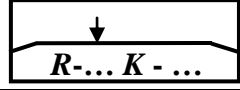

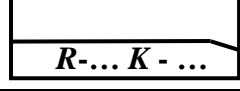

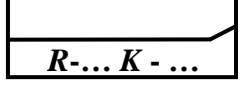

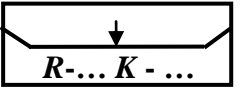

Описание проектной линии заключается в ее характеристике с краткими обоснованиями и пояснениями. Для продольного профиля, приведенного на рис. 4.4, оно может быть следующим: «Проектная линия построена по методу тангенсов в основном по обертывающей в рекомендуемых рабочих отметках. Незначительные отклонения имеются на участках пересечения пониженных мест и водотоков. На водораздельных участках имеют место выемки. Радиус выпуклой кривой составляет 10000 м, вогнутых 5000 и 8000 м. Для сопряжения прямолинейных участков с уклонами одного знака использовалась кривая радиусом 60000 м. Продольные уклоны не превышают 30%. На всем протяжении проектная линия обеспечивает в продольном профиле видимость больше минимально допустимой».

Список источников

1. Проектирование автомобильных дорог. Основы [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.И. Жуков В.И., Т.В. Гавриленко. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 144 с.
2. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
3. ГОСТ 21.701-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 2014. – 35 с.
4. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития РФ. – М., 2013. – 139 с.
5. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2011. – 287 с.
6. ГОСТ 21.207-2013 Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения на чертежах автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 2014. – 24 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

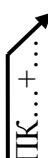
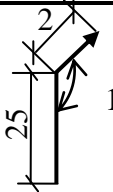
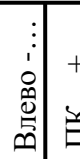
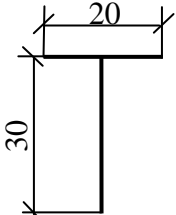
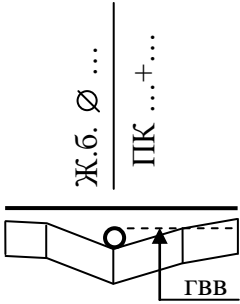
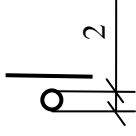
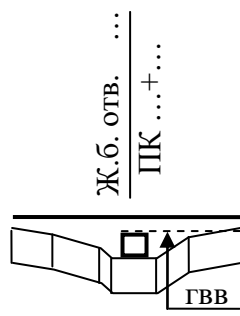
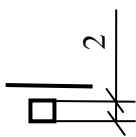
Таблица

№	Наименование изображения	Условное графическое обозначение	Размеры, мм
1	Указатель километров		
2	Кривые в плане: а) криволинейный участок при наличии переходных кривых		
	б) то же без переходных кривых		
3	Пикеты неправильные		
4	Прямолинейные участки проектной линии: а) подъем		
	б) спуск		
5	Вертикальные кривые: а) выпуклая кривая с восходящей и нисходящей ветвью		
	б) выпуклая кривая с нисходящей ветвью		
	в) вогнутая кривая с восходящей ветвью		
	г) вогнутая кривая с восходящей и нисходящей ветвью		

Продолжение таблицы

№	Наименование изображения	Условное графическое обозначение	Размеры, мм
6	Пересечение автомобильных дорог		
7	Съезд или примыкание к автомобильной дороге: а – слева; б - справа	а б	
8	Развязка автомобильных дорог в разных уровнях: а - на пересечении; б – на примыкании	а б	
9	Переезд при пересечении железнодорожного пути: а) неохраняемого		
	б) охраняемого		
10	Нагорная канава		

Окончание таблицы

№	Наименование изображения	Условное графическое обозначение	Размеры, мм
11	Сброс воды		
12	Репер или марка геодезическая	Рп.17–25,32 	
13	Труба водопропускная: а) круглая		
	б) прямоугольная		
14	Мост	