

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
среднего профессионального образования  
«Бурятский лесопромышленный колледж»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Дисциплина: **Изыскание и проектирование автомобильных  
дорог и аэродромов**

Специальность 270831 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и  
аэродромов



г.Улан-Удэ  
2011 г.

Методические пособие по выполнению практических работ – г. Улан–Удэ:  
Издательство «Информационный центр БЛПК»; 2011 г., 64 стр.

Рекомендовано к изданию  
методическим советом БЛПК  
в качестве учебного пособия

Автор: Е.Е.Сокуева преподаватель БЛПК

Рецензент: И.В.Сокуев преподаватель БЛПК

Методическое пособие предназначено для выполнения практических заданий по дисциплине «Изыскание и проектирование автомобильных дорог и аэродромов» по специальности 270831 «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов».

В методических указаниях изложены требования по технике безопасности, по оформлению практической работы, перечень всех работ за весь курс обучения, представлены схемы поперечных профилей трассы, таблицы и примеры расчета главных точек круговой кривой и т.д.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Раздел 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	
1.1 Требования по теоретической готовности студентов к выполнению практической работы.....	6
1.2 Требования по технике безопасности.....	6
1.3 Требования к оформлению практических работ.....	6
Раздел 2. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	
Практическая работа № 1 <b>«План трассы. Расчет закруглений с круговой кривой и переходными кривыми по заданным значениям угла поворота, радиуса закругления и пикетажного положения вершины угла поворота» .....</b>	<b>7</b>
Практическая работа № 2 <b>«Поперечный профиль автомобильной дороги. Для заданной категории дороги, высоты насыпи (глубины выемки), крутизны откосов, размеров кюветов (резервов) вычертить конструкцию поперечного профиля дороги с обозначением на чертеже всех элементов и определением отметок характерных точек» .....</b>	<b>13</b>
Практическая работа № 3 <b>«Элементы продольного профиля автомобильной дороги».....</b>	<b>19</b>
Практическая работа № 4 <b>«Требование транспортного потока к автомобильной дороге. Расчет элементов виража».....</b>	<b>24</b>
Практическая работа № 5 <b>«Требование транспортного потока к автомобильной дороге. Определение графической границы видимости» .....</b>	<b>29</b>
Практическая работа №6 <b>«Основы гидродинамики» .....</b>	<b>31</b>
Практическая работа №7 <b>«Основы гидродинамики» .....</b>	<b>35.</b>
Практическая работа №8 <b>«Основы гидродинамики» .....</b>	<b>37</b>

Практическая работа №9 «Общие принципы проложения трассы автомобильных дорог. Расчет закруглений и определение длины намеченного варианта трассы» .....	40
Практическая работа №10 «Проектирование дорожных одежд» .....	44
Практическая работа №11 «Элементы продольного профиля автомобильной дороги».....	52
Практическая работа №12 « Элементы продольного профиля автомобильной дороги» .....	55
СПИСОК ЛИТЕРАТУРА .....	62

## **ВВЕДЕНИЕ**

- Практические работы по дисциплине «Изыскание и проектирование автомобильных дорог и аэродромов» - основные виды учебных занятий, направленные на формирование учебных и профессиональных практических умений.
- Целями выполнения практических работ являются:
  - обобщение, систематизация, углубление и закрепление полученных теоретических знаний по темам дисциплины «Изыскание и проектирование автомобильных дорог и аэродромов»;
  - формирование умений применять полученные знания на практике при решении поставленных вопросов;
  - развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных.
  - выработка таких профессионально значимых качеств личности, как самостоятельность, ответственность, точность, инициатива.
- Настоящие методические указания разработаны на основании Положения о лабораторных и практических работах № 42 от 29.11.2006 г. и Положения о разработке, внедрении и издании методической продукции.

## **1.1 Требования по теоретической готовности студентов к выполнению практической работы.**

К практической работе допускаются теоретически подготовленные студенты, имеющие конспекты тематических лекций. На практических занятиях студенты овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе технологической и преддипломной производственной практик.

Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

## **1.2 Требования по технике безопасности.**

1.2.1 Установление строгого противопожарного режима преследует основную цель – недопущение пожаров и загораний от неосторожного обращения с огнем и оставленных без присмотра включенных в электросеть приборов.

1.2.2 Каждый студент должен строго соблюдать установленный противопожарный режим и знать порядок и пути эвакуации на случай пожара.

1.2.3 Студенты, не прошедшие первичный противопожарный инструктаж, к практической работе не допускаются.

1.2.4 Во время выполнения практической работы студенты должны:

- постоянно содержать в чистоте и порядке свое рабочее место;
- не загромождать проходы различными предметами и оборудованием;
- не накапливать и не разбрасывать бумагу и другие легко воспламеняющиеся материалы и мусор;
- не оставлять включенными без присмотра электрические приборы и освещение;
- не вешать плакаты, одежду и другие предметы над электророзетками и выключателями.

1.2.5 В случае возгорания немедленно сообщить о случившемся в учебную часть.

## **1.3 Требования к оформлению практических работ.**

1.3.1 Практические работы по дисциплине «Изыскание и проектирование автомобильных дорог и аэродромов» выполняются на формате А4 с основной надписью в соответствии с Приложением 1.

1.3.2 После выполнения практических работ студенты оформляют отчеты в соответствии с Требованиями к оформлению текстовой документации и ЕСКД.

1.3.3 Все практические работы оформляются в альбом, который имеет общий титульный лист (Приложение 2).

1.3.4 Оценки за выполнение практических работ выставляются по пяти-балльной системе в журнал по результатам графической работы и письменных ответов на контрольные вопросы.

## Раздел 2. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

### Практическая работа № 1

**Тема:** План трассы. Расчет закруглений с круговой кривой и переходными кривыми по заданным значениям угла поворота, радиуса закругления и пикетажного положения вершины угла поворота.

**Цель работы:** Выполнение расчета основных элементов закругления и определения пикетажного положения главных точек закругления.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СНиП 2.05.02-85, таблицы элементов круговых и переходных кривых.

Таблица 1 - Исходные данные

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пикетажное положение вершины угла поворота ВУП, ПК +	17+2 0	19+2 5	30+2 0	12+05	34+90	16+2 0	17+9 0	17+3 4	22+30
Угол поворота $\alpha$ , градусы	45 лево	28 право	53 право	49 лево	42 право	51 лево	31 лево	25 право	79 право
Радиус закругления, м	1400	1300	1200	1100	900	1100	1200	1300	1400
Пикетажное положение вершины конца трассы КТ, ПК +	27+0 0	25+6 0	41+7 0	24+30	46+20	26+4 0	25+7 0	23+9 0	41+10

#### Указания по изменению исходных данных:

Студенты с номерами вариантов 10-18 уменьшают значения угла на  $2^\circ$ , а радиус закругления на 200 м;

Студенты с номерами вариантов 19-27 уменьшают значения угла на  $4^\circ$ , а радиус закругления на 300 м;

Студенты с номерами вариантов 28-29 уменьшают значения угла на  $6^\circ$ , а радиус закругления на 400 м;

**Ход работы:** Вычертите схему закругления. Выполните расчет основных элементов закругления, определите пикетажное положение главных точек закругления. Составьте ведомость углов поворота, прямых и кривых

#### Общие указания:

На трассе автомобильной дороги, намеченной на топографической карте, определено месторасположение вершины угла поворота, измерен угол поворота трассы, подобран максимально возможный радиус закругления.

Вычертите схему закругления (см. рисунок). Определите значения элементов круговой кривой для заданного радиуса закругления, установив предварительно коэффициент для пересчета табличных значений элементов круговой кривой. Найдите значения элементов переходной кривой. Определите значения центрального угла и основных элементов закругления, установите пикетажное положение главных точек закругления. Вычертите ведомость углов поворотов, прямых и кривых и заполните соответствующие графы.

**Пример:**

1) Например, для угла поворота  $\alpha = 35^\circ$  и радиуса табличного = 1 м, радиуса заданного = 600 м

К увеличения составит -  $600 \text{ м} / 1 \text{ м} = 600$

2) По таблицам круговых кривых находим элементы заданной кривой.

T табличный = 0,31530 T = 0,31530 x 600 = 189,18 м

K табличная = 0,61086 K = 0,61086 x 600 = 366,52 м

Д табличный = 0,01973 Д = 0,01973 x 600 = 11,84 м

Б табличная = 0,04853 Б = 0,04853 x 600 = 29,12 м

3) Определяем для заданного радиуса элементы переходной кривой по таблицам:

Для радиуса 600 м

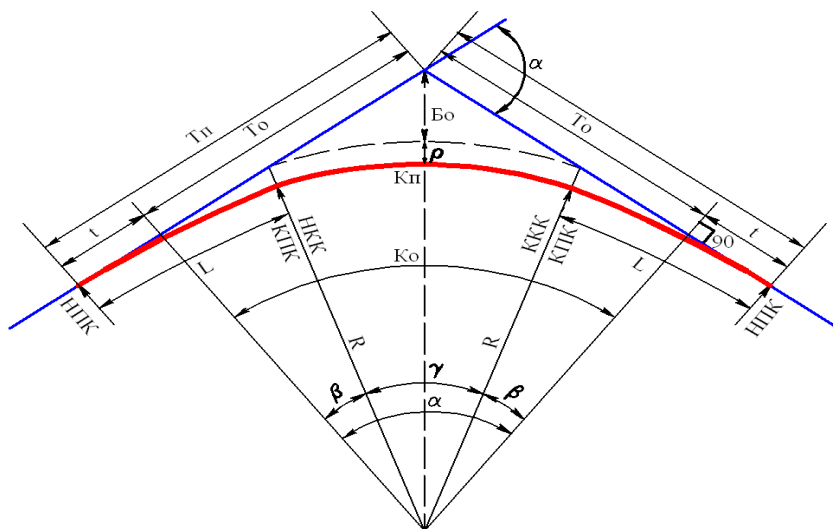
Длина переходной кривой L – 120 м

$\alpha_{\min} = 2\beta = 11^\circ 28'$

Добавочный тангенс t -59,98 м

Сдвигка круговой кривой p – 1,0 м

4) Определяем возможность разбивки переходных кривых:  $\alpha$  должен быть больше, чем  $2\beta$ , то есть  $35^\circ$  больше  $11^\circ 28'$ . Разбивка возможна



**Рисунок 1 – Переходная кривая**

5) Проверяем сдвигку круговой кривой

$p$  [м] должна быть меньше 0,01 радиуса, то есть 1,0 м меньше, чем  $600 \times 0,01 = 6$  м

Новый радиус принимать не надо

6) Определяем величину центрального угла

$35^\circ - 11^\circ 28' = 23^\circ 32'$



По величине центрального угла и радиуса закругления по таблицам для круговой кривой находим длину сокращенной круговой кривой  $K_c = (0,40143 + 0,41888) / 2 \times 600 = 246,09$  м

7) Определяем основные элементы закругления

$K_{п} = K_c + 2L = 246,09 + 2 \times 120 = 486,09$  м - длина полного закругления

$T_{п} = T + t = 189,18 + 59,98 = 249,16$  м – длина полного тангенса

$B_{п} = B + p = 29,12 + 1,0 = 30,12$  м – длина поной биссектрисы

$D_{п} = 2T_3 - K_3 = 2 \times 249,16 - 486,09 = 12,23$  м домер закругления

8) Для расчета пикетажного положения главных точек закругления используют формулы:

НЗ начало закругления = ВУП –  $T_{п}$

КЗ конец закругления = НЗ +  $K_{п}$

Для контроля КЗ вычисляют по формуле  $K_3 = ВУП + T_{п} - D_{п}$

Расчет ведется в следующем виде:

			Проверка:		
ВУП	ПК	10 + 65,00	ВУП	ПК	10 + 65,00
		2 + 49,16			2 + 49,16
НЗ	ПК	8 + 15,84	НЗ	ПК	13 + 14,16
<u>Кп</u>		4 + 86,09	<u>Дп</u>		0 + 12,23
КЗ	ПК	13 + 01,93	КЗ	ПК	13 + 01,93

9) Расстояния между вершинами углов вычисляются по формулам:

Расстояние от начала трассы (также условно рассматриваемое как вершина) до вершины первого угла поворота ВУ № 1 фактически равно пикетажному положению ее.

$S_1 = ВУП - НТ$   $S_1 = 1065 - 0,00 = 1065$

Расстояние между первым ВУ № 1 и второй вершинами ВУ № 2 или между последующими вершинами равно разности между их пикетажным положением плюс домер  $D$  на предыдущей кривой.

$S_2 = КТ - ВУП + D_{п}$   $S_2 = 2280 - 1065 + 12,23 = 1227,23$

10) Длины прямых вставок вычисляются по формулам:

$Pr_1 = НЗ - НТ$   $Pr_1 = 815,84 - 0,00 = 815,84$

$Pr_2 = КТ - КЗ$   $Pr_2 = 2280 - 1301,93 = 978,07$

11) Все вычисленные данные заносим в «Ведомость углов поворота, прямых и кривых».

12) После заполнения ведомости суммируют данные граф 5, 6, 8, 14, 19, 20, 21, 31 и 32 и производят трехкратную проверку.

1. Сумма прямых вставок ( $Pr$  графа 32), а также круговых и переходных кривых ( $\Sigma K_{п}$  графа 19) равна длине трассы  $C$ .

$$\Sigma K_{п} + \Sigma Pr = C$$

2. Разность между суммой расстояний между вершинами ( $\Sigma S$  графа 31) и суммой домеров ( $\Sigma D_{п}$  графа 21) равна длине трассы  $C$ .

$$\Sigma S - \Sigma D_{п} = C$$

3. Разность между удвоенной суммой тангенсов ( $\Sigma(T+1)$  графа 20) и суммой длин закруглений ( $\Sigma K_{п}$  графа 19) равна сумме домеров ( $\Sigma D_{п}$  графа 21):

$$2 * \Sigma(T+1) - \Sigma K_{п} = \Sigma D_{п}$$

**Контрольные вопросы:**

1. Начертите схему угла поворота с круговой кривой. Обозначьте элементы угла поворота.
2. Перечислите виды закруглений плана трассы

### Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Таблица 2 – Ведомость углов поворота трассы, прямых и кривых

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Элементы круговой кривой, м					Элементы переходных кривых, измененной круговой и полного закругления									
	км	К	+	влево ал	вправо о апр	радиус R, м	тангенс T, м	биссектриса Б, м	кривая К, м	домер Д, м	радиус R, м	$2\beta$	дополнительный тангенс t, м	сдвиг а круговых кривых ρ.м	длина переходной кривой L, м	$\gamma = \alpha - 2\beta$	длина сокращенной круговой кривой К <sub>о</sub> , м	полная длина закругления К <sub>п</sub> = К <sub>о</sub> + 2* L, м	тангенс t	домер Д <sub>п</sub> = 2(T + t) - К <sub>п</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
НТ																				
ВУ1																				
КТ																				

Продолжение таблицы 2

Точка	биссектриса  Б п = Б + ρ	Главные точки закругления								Прямые			
		начало закругления НЗ = ВУ – (Т+ т)		начало круговой кривой НКК = НЗ + L		конец круговой кривой ККК = КЗ - L		конец закругления КЗ = НЗ + Кп		расстояние между вершинами углов S , м	длина прямых вставок Пр  П = НЗ2 - КЗ1	румбы линий	
		ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+			измеренный	вычисленный
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
НТ													
ВУ1													
КТ													

## Практическая работа № 2

**Тема:** Поперечный профиль автомобильной дороги. Для заданной категории дороги, высоты насыпи (глубины выемки), крутизны откосов, размеров кюветов (резервов) вычертить конструкцию поперечного профиля дороги с обозначением на чертеже всех элементов и определением отметок характерных точек.

**Цель работы:** Выполнение чертежа поперечного профиля.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, указания по выполнению практической работы, СНиП 2.05.02-85.

Таблица 3- Исходные данные

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Насыпь									
Категория дороги	5	3	4	5	3	4	5	3	4
Высота насыпи	1,5	0,6	3,0	1,6	0,8	2,5	1,3	0,9	2,8
Глубина кювета	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Отметка поверхности земли по оси дороги	105,00	96,54	58,45	39,88	26,15	47,32	16,94	69,18	85,27
Выемка									
Категория дороги	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Глубина выемки	1,3	0,9	2,8	1,5	0,6	3,0	1,6	0,8	2,5
Глубина кювета	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Отметка поверхности земли по оси	69,18	85,27	47,32	16,94	96,54	58,45	39,88	26,15	105,00

**Ход работы:** По СНиП 02.05.02-85 табл.4, 7, 23, 24 определить основные элементы поперечного профиля для заданной категории дороги. Вычертить поперечный профиль. Рассчитать отметки оси проезжей части, кромки проезжей части, бровки земляного полотна. На чертеже указать высотные отметки данных точек.

**Пример оформления поперечного профиля показан в приложении.**

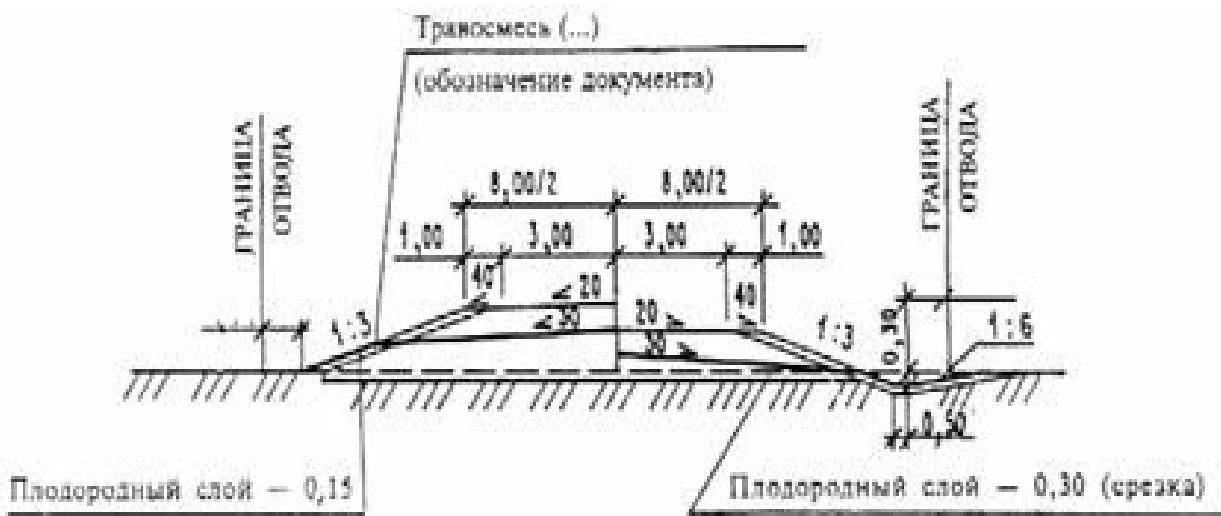
ПРИЛОЖЕНИЕ

(справочное)

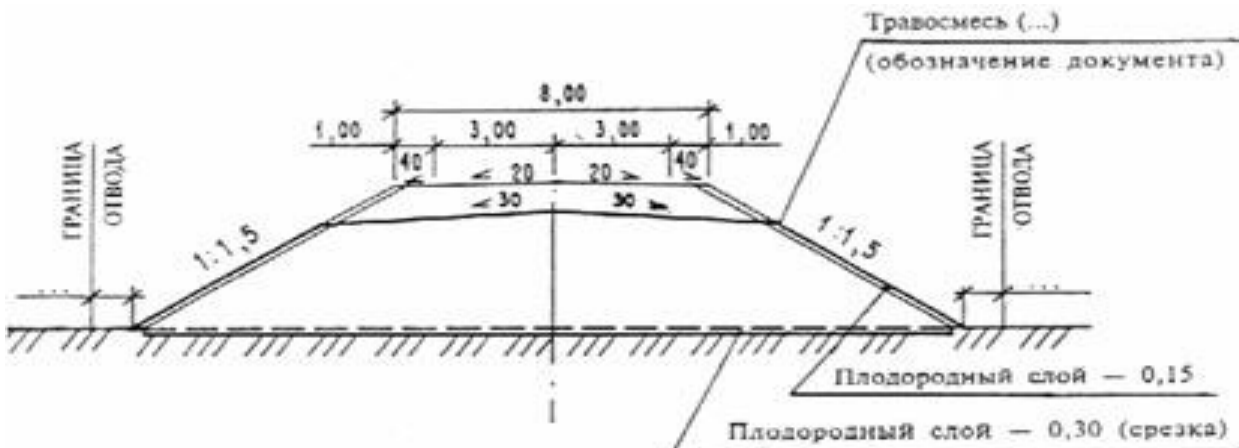
**Примеры оформления поперечного профиля конструкций земляного полотна автомобильной дороги**

Тип 2 (насыпь до 2 м)

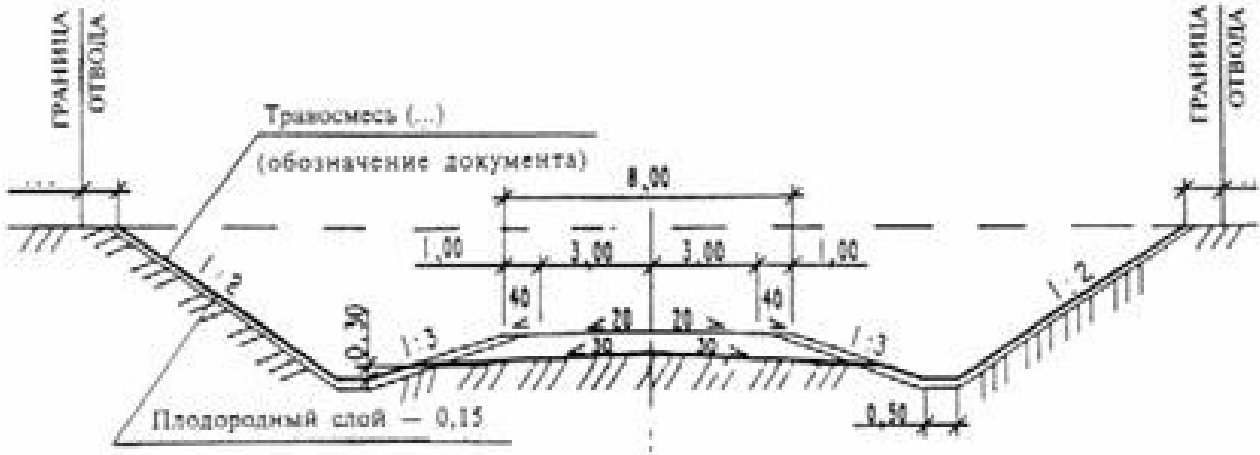
Тип 1 (насыпь до 1 м)



Тип 3 (насыпь до 6 м)



## Тип 4 (выемка до 5 м)

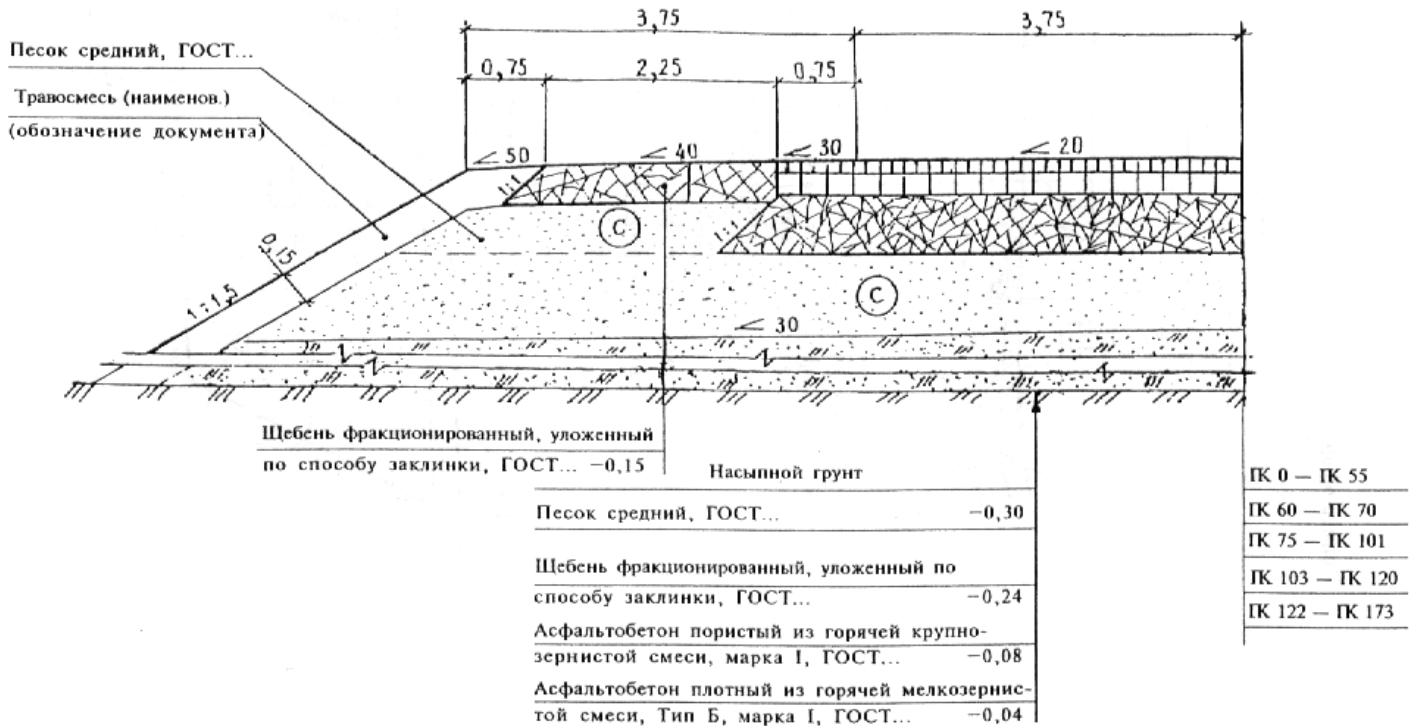


### ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(справочное)

**Пример оформления поперечного профиля конструкции земляного полотна и дорожной одежды автомобильной дороги с нежестким покрытием**

#### Тип А







## Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Таблица 4 – Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Элементы круговой кривой, м					Элементы переходных кривых, измененной круговой и полного закругления									
	км	К	+	влево ал	вправо о апр	радиус R, м	тангенс T, м	биссектриса Б, м	кривая К, м	домер Д, м	радиус R, м	$2\beta$	дополнительный тангенс t, м	сдвиг а круговых кривых ρ, м	длина переходной кривой L, м	$\gamma = \alpha - 2\beta$	длина сокращенной круговой кривой К <sub>о</sub> , м	полная длина закругления К <sub>п</sub> = К <sub>о</sub> + 2* L, м	тангенс Т <sub>п</sub> = Т + t	домер Д <sub>п</sub> = 2(Т + t) - К <sub>п</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
НТ																				
ВУ1																				
КТ																				

Точка	Главные точки закругления									Прямые			
	биссектриса $B_{\Pi} = B + \rho$	начало закругления $HЗ = ВУ - (Т + t)$		начало круговой кривой НКК = $HЗ + L$		конец круговой кривой ККК = $KЗ - L$		конец закругления $KЗ = HЗ + K_{\Pi}$		расстояние между вершинами углов $S$ , м	длина прямых вставок $Pr$ $\Pi = HЗ2 - KЗ1$	румбы линий	
		ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+			измеренный	вычисленный
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
НТ													
ВУ1													
КТ													

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите элементы поперечного профиля дороги, укажите их значение.
2. Что называется поперечным профилем дороги, высотой насыпи, глубиной выемки, бровкой земляного полотна?

### Практическая работа № 3

**Тема:** Элементы продольного профиля автомобильной дороги.

**Цель работы:** Вычисление продольных уклонов проектной линии, проектных и рабочих отметок, пикетажного положения нулевых точек.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог.

**Исходные данные:** Для намеченной трассы автомобильной дороги определены отметки поверхности земли и запроектировано положение ж/б трубы диаметром 1 м.

ПК...+...	ВАРИАНТЫ					
	Отметки земли					
	1	2	3	4	5	6
0+00	158,98	120,08	193,70	108,00	175,00	147,50
1+00	158,37	120,39	190,40	107,3	176,00	147,38
2+00	157,54	124,67	188,6	106,90	177,60	146,54
3+00	159,00	122,26	186,20	107,54	176,30	147,23
4+00	157,15	122,02	185,00	107,98	175,80	147,50
+80					176,12	
5+00	154,29	121,57	186,00	108,42	176,10	147,07
6+00	154,29	121,09	186,90	108,74	176,20	146,64
+50				112,90		145,60
7+00	153,34	119,97	187,10	109,85	178,90	147,50
8+00	152,67	119,18	188,10	108,20	180,15	149,26
+50			190,90			
9+00	151,96	117,48	193,40	107,65	181,00	151,07
+75	149,70					
10+00	151,30	116,71	195,60	108,70	179,70	153,03
11+00	152,24	116,96	194,30	109,08	178,60	153,56
12+00	152,70	116,91	193,10	110,00	175,20	154,11
+30				113,40		

13+00	150,89	114,75	192,05	112,70	174,00	154,63
+70		114,00				
14+00	149,20	116,66	191,00	111,30	172,50	153,30
+65	147,10					
15+00	147,50	116,78	190,10	110,65	175,80	155,43
16+00	148,70	117,91	189,14	109,76	177,25	156,30
17+00	149,20	119,21	187,20	109,40	179,90	157,39
18+00	150,10	118,33	185,40	108,80	180,50	156,07
+50		115,56				156,70
19+00	151,20	118,00	185,80	107,40	179,80	156,46
20+00	152,30	118,30	186,70	106,54	178,00	157,60
Положение ж/б трубы						
ПК...+	9+75	13+70	4+00	9+00	14+00	6+50

Минимальное возвышение бровки насыпи над трубой 1,75 м

**Указания по изменению исходных данных:**

Студенты с номерами вариантов 7-12 уменьшают значения отметок земли на 8 м;

Студенты с номерами вариантов 13-18 уменьшают значения отметок земли на 12 м;

Студенты с номерами вариантов 19-24 уменьшают значения отметок земли на 16 м;

Студенты с номерами вариантов 25-29 уменьшают значения отметок земли на 20 м;

**Ход работы:** Построить продольный профиль поверхности земли по оси дороги, нанести проектную линию (два-три прямых участка), определить продольные уклоны прямых участков проектной линии, проектные и рабочие отметки пикетов, плюсовых точек, нулевых точек.

**Общие указания:** На миллиметровой бумаге начертить сетку продольного профиля (см. Приложение); разбить на пикеты в соответствии с горизонтальным масштабом профиля графу 13; заполнить графу 12 в соответствии с исходными данными; установить значения условного горизонта (УГ) для верхней линии рамки штампа сетки; с учетом УГ и вертикального масштаба профиля построить продольный профиль разреза поверхности земли; нанести проектную линию; определить уклоны линий и проектных отметок; данные записать в таблицу;

определить месторасположения и значение нулевых точек; определить значения рабочих отметок; оформить продольный профиль.

Таблица 5 - Расчет элементов проектной линии

Прямые					
Точка на прямой ПК... + ...	Расстояние между точками, м	Уклон прямой, i, %	Превышение, h, м	Проектные отметки точек Н, м	Длина прямых, м

**Рабочие отметки определяются по формуле**

$$H_P = H_{ПР} - H_{ЗЕМ}$$

Положительные рабочие отметки записываются над проектной линией, отрицательные – под проектной линией.

**Расчёт пикетажного положения нулевых точек производится по формуле:**

$h_{лев}$

$$X_{лев} = h_{лев} + h_{прав} * L$$

где:  $X_{лев}$  [м] – расстояние от ближайшей точки, лежащей на прямом участке красной линии слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$h_{лев}$  [м] – рабочая отметка точки, лежащей на прямом участке красной линии слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$h_{прав}$  [м] – рабочая отметка точки, лежащей на прямом участке красной линии справа от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$L$  [м] – расстояние между точками с известными рабочими отметками, лежащими на прямом участке красной линии справа и слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля.

**Проектные отметки определяются следующим образом (см. рис.2).**

$$H_2 = H_1 + h = H_1 + i l_1,$$

где  $h$  — превышение одной точки над другой, м;  $i$  - проектный уклон (в десятичных долях).

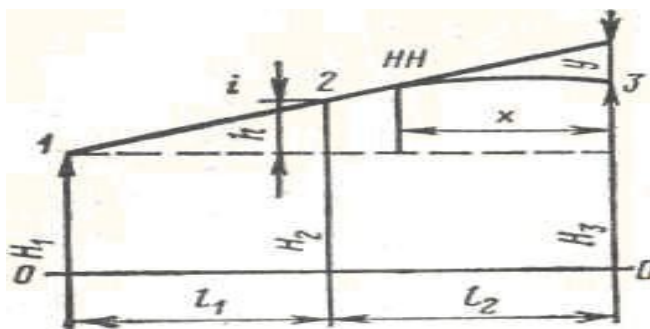


Рисунок 2. Уклон линии

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

Рисунок 3. Таблица-сетка, помещаемая под продольным профилем

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение «продольный профиль», «проектная отметка», «рабочая отметка».
2. Назовите методы проложения проектной линии и условия их применения.

## Практическая работа № 4

**Тема: Требование транспортного потока к автомобильной дороге.**

**Расчет элементов виража.**

**Цель работы:** Выполнение привязки виража с вычерчиванием поперечных профилей проезжей части на участке отгона с подсчетом отметок бровок земляного полотна и кромок проезжей части.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, СНиП 2.05.02-85.

**Исходные данные:**

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ					
	Отметки земли					
	1	2	3	4	5	6
Техническая категория	III	IV	IV	III	IV	I <sup>1</sup> У
Отметка оси дороги за 10 м до начала отгона виража, Но	10 0,17	95 ,63	15 5,60	12 4,38	14 5,73	9 8,65
Поперечный уклон обочин i об, ‰	60	60	60	60	60	6 0
Продольный уклон i прод, ‰	18	23	32	27	12	3 0

**Ход работы:** Выполните расчет отметок оси дороги, кромок проезжей части и бровок земляного полотна, занесите данные в таблицу. Вычертите 4 поперечных профиля дороги.

**Общие указания:**

**а)** На миллиметровой бумаге начертить поперечный профиль № 1-1 (исходный) за 10 м до начала отгона виража. Для этого необходимо вычислить отметки кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги. Ширину земляного полотна, проезжей части, обочин определить по таб.4 СНиП 2.05.02-85. Поперечный уклон проезжей части определить по табл. 7 СНиП 2.05.02-85

**б)** На миллиметровой бумаге начертить поперечный профиль № 2-2 (начало переходной кривой НПК). Для этого необходимо вычислить отметки оси дороги, кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги.

Уклон внешней обочины выравнивают с уклоном проезжей части  $i_{об} = i_{пр}$  ч, обочину как бы вращают около кромок проезжей части. Уклоны проезжей части и внутренней обочины не изменяются.

**в)** На миллиметровой бумаге начертить поперечный профиль № 3-3 (на расстоянии X, когда профиль перешел от двускатного к односкатному). Для этого необходимо вычислить отметки оси дороги, кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги.

Внешняя половина проезжей части вместе с обочиной вращаются вокруг оси проезжей части до тех пор, пока не будет достигнут односкатный профиль. Поперечный уклон в конце участка вращения становится равным уклону при двускатном профиле перед началом отгона виража  $i_x = i_{пр}$  ч.

Вначале вычисляем длину участка вращения X.

Длина участка вращения вокруг оси проезжей части



$$X = \frac{(B \text{ х і пр ч})}{i \text{ доп}}$$

где, В – ширина проезжей части

i доп - дополнительный продольный уклон

Дополнительный продольный уклон возникает на внешней кромке проезжей части и определяется по формуле:

$$i \text{ доп} = \frac{0,5 B (i \text{ пр ч} + i \text{ вир})}{L}$$

где, i пр ч - поперечный уклон проезжей части

i вир – поперечный уклон виража, определяется по табл.8 СНиП 2.05.02-85

L – длина переходной кривой

После того, как определено расстояние X, необходимо по СНиП 2.05.02-85 таб.9 определить величину уширения ( $\Delta$ ). После этого вычисляем отметки.

**Отметка оси дороги  $N_{о х}$  будет вычисляться по формуле:**

$$N_{о х} = N_{о \text{ пред.}} + X * i \text{ прод}$$

где,  $N_{о \text{ пред.}}$  - отметка оси дороги на предыдущем профиле.

**Отметки кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги.**

*Внутренняя часть*

$$N_{к х} = N_{о х} - (0,5 B + \Delta x) * i \text{ пр ч}$$

где,  $N_{к х}$  - отметка кромки проезжей части на участке X

$\Delta x$  – уширение проезжей части на участке X. Определяется по формуле  $X * \Delta / L$

$$N_{б х} = N_{о х} - (0,5 B + \Delta x) * i \text{ пр ч} - C * i \text{ об}$$

где,  $N_{б х}$  - отметка бровки земляного полотна на участке X

$\Delta x$  – уширение проезжей части на участке X. Определяется по формуле  $X * \Delta / L$   
C – ширина обочины

*Внешняя часть*

$$N_{к х} = N_{о х} + 0,5 B * i \text{ пр ч}$$

$$N_{б х} = N_{о х} + 0,5 B * i \text{ пр ч} + C * i \text{ пр ч}$$

г) На миллиметровой бумаге начертить поперечный профиль № 4-4 (конец переходной кривой КПК). Для этого необходимо вычислить отметки оси дороги, кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги.

Виращ имеет постоянный односкатный профиль проезжей части с уклоном i вир и постоянное уширение проезжей части  $\Delta$ .

**Отметка оси дороги  $N_{о кпк}$  будет вычисляться по формуле:**

$$N_{о кпк} = N_{о х} + (L-X) * i \text{ прод}$$

где,  $N_{о х}$  - отметка оси дороги на участке X.

**Отметки кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги.**

*Внутренняя часть*

$$N_{к кпк} = N_{о кпк} - (0,5 B + \Delta) * i \text{ вир}$$

где,  $N_{к кпк}$  - отметка кромки проезжей части на участке L - X

$$N_{б кпк} = N_{о кпк} - (0,5 B + \Delta) * i \text{ вир} - C * i \text{ вир}$$

где,  $N_{б кпк}$  - отметка бровки земляного полотна на участке L - X

Внешняя часть

$$H_{кx} = H_{оx} + 0,5 V * i_{вир}$$

$$H_{бx} = H_{оx} + 0,5 V * i_{вир} + C * i_{вир}$$

Расчет отметок кромок проезжей части и бровок земляного полотна относительно оси дороги, расчет отметок оси дороги занести в таблицу:

Таблица 6. Журнал нивелирования

поперечника №	ПК+	Расстояние между поперечниками	Отметки, м				
			внутренняя		ось	внешняя	
			бровка	кромка		бровка	кромка
1							
-1							
2							
-2							
3							
-3							
4							
-4							

поперечника №	ПК+	Расстояние между поперечниками	Отметки, м				
			внутренняя		ось	внешняя	
			бровка	кромка		бровка	кромка

1-1		10 52,5 67,5	99,97	100,1 2	100,17	100,1 2	99,97
2-2			100,1 5	100,3 0	100,35	100,3 0	100,29
3-3			101,0 0	101,1 5	101,20	101,2 6	101,30
4-4			102,0 3	102,1 8	102,42	102,6 3	102,78

Ширину земляного полотна 12  
 проезжей части 7  
 обочин 2,5  
 Поперечный уклон проезжей части 15

Кромка 1-1  $100,17 - 3,5 * 0,015 = 100,17 - 0,05 = 100,12$   
 Бровка 1-1  $100,12 - 2,5 * 0,06 = 99,97$

2-2

Ось  $100,17 + 10 * 0,018 = 100,35$

**Внутренняя**

Кромка 2-2  $100,35 - 3,5 * 0,015 = 100,35 - 0,05 = 100,30$

Бровка 2-2  $100,30 - 2,5 * 0,06 = 100,30 - 0,15 = 100,15$

**Внешняя**

Кромка 2-2  $100,35 - 3,5 * 0,015 = 100,35 - 0,05 = 100,30$

Бровка 2-2  $100,30 - 2,5 * 0,015 = 100,30 - 0,04 = 100,29$

3-3

Ось  $100,35 + 52,5 * 0,018 = 100,35 + 0,95 = 101,20$

**Внутренняя**

$H_{кх} = H_{ох} - (0,5 B + \Delta x) * i_{прч} =$

$\Delta x = X * \Delta / L = 52,2 * 0,47 / 120 = 0,20$

Кромка 3-3  $101,21 - (3,5 + 0,20) * 0,015 = 101,21 - 0,06 = 101,15$

$H_{бх} = H_{ох} - (0,5 B + \Delta x) * i_{прч} - C * i_{об}$

Бровка 3-3  $101,15 - 2,5 * 0,06 = 101,15 - 0,15 = 101,00$

**(В х і пр ч)**

$X = i_{доп}$

$0,5 B (i_{прч} + i_{вир})$

$i_{доп} = L$

$i_{вир}$  – поперечный уклон выража 60 по СНИП

$i_{доп} = 0,5 * 7 (0,015 + 0,06) / 120 = 0,002$

$x = (7 * 0,015) / 0,002 = 52,5$

дельта – 0,47 м по СНИП

**Внешняя**

$H_{кх} = H_{ох} + 0,5 B * i_{прч}$

Кромка 3-3  $101,21 + 3,5 * 0,015 = 101,21 + 0,05 = 101,26$

$H_{бх} = H_{ох} + 0,5 B * i_{прч} + C * i_{прч}$

Бровка 3-3  $101,26 + 2,5 * 0,015 = 101,26 + 0,04 = 101,30$

4-4

$H_{окпк} = H_{ох} + (L - X) * i_{прод}$

$$\text{Ось } 101,20 + (120-52,5)*0,018 = 101,20 + 1,22 = 102,42$$

### **Внутренняя**

$$H_{к\text{ кпк}} = H_{о\text{ кпк}} - (0,5 V + \Delta) * i_{\text{вир}}$$

$$\text{Кромка 4-4 } 102,42 - (3,5+0,47) * 0,06 = 102,42-0,24 = 102,18$$

$$H_{б\text{ кпк}} = H_{о\text{ кпк}} - (0,5 V + \Delta) * i_{\text{вир}} - C * i_{\text{вир}}$$

$$\text{Бровка 4-4 } 102,18 - 2,5*0,06 = 102,18-0,15 = 102,03$$

### **Внешняя**

$$H_{к\text{ х}} = H_{о\text{ х}} + 0,5 V * i_{\text{вир}}$$

$$\text{Кромка 4-4 } 102,42 + 3,5 * 0,06 = 102,42+0,21 = 102,63$$

$$H_{б\text{ х}} = H_{о\text{ х}} + 0,5 V * i_{\text{вир}} + C * i_{\text{вир}}$$

$$\text{Бровка 4-4 } 102,63 + 2,5*0,06 = 102,63 + 0,15 =$$

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется виражом? Его элементы и назначение.
2. Чем вызвана необходимость уширения проезжей части на кривых малых радиусов?

## Практическая работа № 5

**Тема: Требование транспортного потока к автомобильной дороге.**

**Определение графической границы видимости.**

**Цель работы:** Изучение безопасного движения автомобиля на кривой в плане.

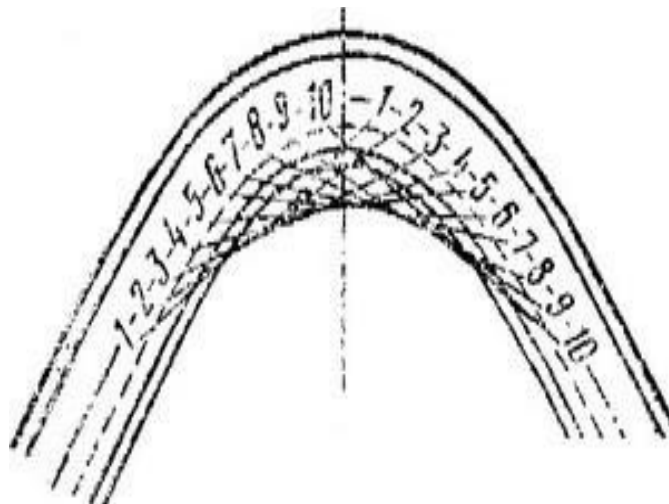
**Оснащение:** Чертежные принадлежности, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, СНиП 2.05.02-85.

**Исходные данные:**

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расчетная скорость	120	100	80	80	60	100	120	80	100
Радиус закругления, м	1100	11000	900	800	700	800	900	1000	1100

**Ход работы:** По исходным данным вычертить схему закругления в масштабе: для радиуса закругления 1 : 20 000, для расстояния видимости 1 : 5 000. Определить графически границу видимости.

**Общие указания:** По исходным данным вычертить схему закругления в масштабе 1: 20 000. По СНиПу 2.05.02-85 табл.10 определить наименьшее расстояние видимости при условии встречного автомобиля. На плане закругления вычертить ряд отрезков (1...1, 2...2...10... 10) так, чтобы их концы располагались по траектории движения автомобиля. Длина каждого отрезка соответствует расстоянию видимости по траектории движения. Предполагается, что водитель автомобиля, находящийся в точке 1 мог увидеть поверхность дороги в точке 1'. Огибающая этих отрезков, проведенная через точки их пересечения, будет границей видимости. Площадь внутри этой кривой называется зоной видимости. Схема графического определения границ видимости показана на рисунке 4.



## Рисунок 4. Границы видимости

### **Контрольные вопросы:**

1. Как обеспечивается видимость в плане дороги?
2. Из каких условий определяются минимальные радиусы на круговых кривых в плане?

## Практическая работа № 6

### Тема: Основы гидродинамики.

**Цель работы:** Гидравлические расчеты водоотводных канав: определение расхода воды, который может пропустить канава, определение уклона, который нужно придать дну канавы.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог.

**Исходные данные:** Для расчета даны следующие показатели.

**1 задание:** Какой расход воды может пропустить трапецеидальный неукрепленный кювет с известными размерами глубины ( $h$ ) и ширины дна ( $b$ ), уклона дна и крутизны откосов.

Показатели	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Размеры кювета					
$h$ , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$b$ , м	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Крутизна откосов 1: m	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Уклон дна $i$ ,‰	5	6	8	10	12
Коэффициент шероховатости $n$	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030

Глубина потока в кювете на 0,2 м меньше глубины кювета

**2 задание:** Какой уклон дна можно придать дну трапецеидальной укрепленной водоотводной канавы с известными размерами глубины ( $h$ ) и ширины дна ( $b$ ), крутизны откосов (1: m) для пропуска известного расчетного расхода воды.

Показатели	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Размеры кювета					
$h$ , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$b$ , м	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Крутизна откосов 1: m	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Коэффициент шероховатости $n$	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Расчетный расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,05	0,17	0,38	0,73	1,25

Глубина потока в канаве на 0,2 м меньше глубины канавы



**Общие указания:** Начертите схему кювета, канавы. Последовательно определите гидравлические элементы потока: площадь живого сечения, смоченный периметр, гидравлический радиус, коэффициент гидравлической шероховатости, скоростную характеристику, скорость потока, расход, который может пропустить кювет и уклон дна канавы.

**Пример выполнения 1 задания:** Даны размеры канавы:

- ✓ глубина воды в канаве  $h = 0,3$  м
- ✓ ширина дна канавы  $b = 0,6$  м
- ✓ крутизна откосов  $1: m = 1:3$
- ✓ уклон дна канавы  $i = 5$  ‰

Необходимо определить какой расход может пропустить неукрепленная канава.

**Площадь живого сечения потока**

$$\omega = (b + m h) h = (0,6 + 3 \times 0,3) \times 0,3 = 0,45 \text{ м}^2$$

**Смоченный периметр**

$$\lambda = b + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 0,6 + 2 \times 0,3 \times \sqrt{1 + 3^2} = 2,5 \text{ м}$$

**Гидравлический радиус**

$$R = \omega / \lambda = 0,45 / 2,5 = 0,18 \text{ м}$$

**Коэффициент гидравлической шероховатости** для неукрепленных канав

По таблице  $n = 0,030$

**Скоростная характеристика**

По таблице  $W = 8,76$  м/сек

**Расход воды в канаве**

	Площадь живого сечения $\omega$	Смоченный периметр $\lambda$	Ширина свободной поверхности потока $B$	Заложение откоса
	$(b + m h) h$	$b + 2 h \sqrt{1 + m^2}$	$b + 2 m h$	$m h$
	$(b + \frac{m_1 + m_2}{2} h) h$	$b + h(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$	$b + (m_1 + m_2) h$	$a_1 = m_1 h$ $a_2 = m_2 h$
	$m h^2$	$2 h \sqrt{1 + m^2}$	$2 m h$	$m h$
	$\frac{h^2}{2} (m_1 + m_2)$	$h \sqrt{1 + m_1^2} + h \sqrt{1 + m_2^2}$	$(m_1 + m_2) h$	$a_1 = m_1 h$ $a_2 = m_2 h$

$$Q = \omega V = \omega W \sqrt{i} = 0,45 \times 8,76 \sqrt{0,005} = 0,28 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

**Скоростная характеристика**  $W = C \sqrt{R}$

Таблица 7. Скоростная характеристика

R	Значение скоростной характеристики при коэффициенте								
	0,012	0,014	0,017	0,020	0,025	0,030	0,033	0,040	0,050
0,10	19,1	15,6	12,0	9,75	7,10	5,54	5,60	4,45	3,36
0,12	21,4	17,6	13,6	11,1	8,14	6,36	6,40	5,10	3,86
0,14	23,6	19,5	15,1	12,4	9,15	7,19	7,15	5,74	4,36
0,16	25,6	21,3	16,6	13,6	10,1-	7,98.	7,90	6,32	4,86
0,18	27,8	23,0	17,9	14,8	11,0	8,76	8,60	6,90	6,80
0,20	29,8	24,8	21,6	16,0	12,0	9,54	9,27	7,50	5,75
0,22	31,8	26,4	20,8	17,1	12,9	10,2	9,95	8,04	6,19
0,24	33,4	27,8	22,0	18,1	13,7	10,9	10,6	8,57	6,62
0,26	35,2	29,4	23,2	19,2	14,5	11,7	11,2	9,12	7,04
0,28	37,0	30,8	24,0	20,3	15,4	12,3	11,9	9,60	7,47
0,30	38,6	32,3	25,2	21,4	16,2	13,1	12,5	10,4	7,88
0,32	40,2	33,6	26,8	22,2	17,0	13,7	13,1	10,7	8,27
0,34	41,8	35,1	27,9	23,2	17,8	14,4	13,7	11,2	8,67
0,36	43,4	36,4	29,0	24,2	18,6.	15,0	14,2	11,7	9,05
0,38	44,8	37,6	30,1	25,2	19,3	15,7	14,8	12,1	9,46
0,40	46,4	39,2	31,2	26,2	20,2	16,3	15,4	12,6	9,85
0,45	49,9	42,1	33,8	28,4	21,9	17,9	16,9	13,8	10,8
0,50	53,5	44,6	36,4	30,6	23,8	19,4	18,1	14,9	11,7
0,55	56,8	48,0	39,0	32,6	25,6	20,8	19,4	16,0	12,6
0,60'	'60,2	51,0	41,4	34,8	27,3	22,4	20,6	17,0	13,5
0,65	63,1	57,3	43,6	36,8	29,0	23,8	22,0	18,1	14,3
0,70	66,1	56,4	45,8	38,7	30,6	25,1	23,2	19,2	15,2
0,75	69,3	59,0	48,1	40,6	32,2	26,6	24,3	20,2	16,0
0,80	72,4	61,6	50,4	42,7	33,9	28,8	25,4	21,2	16,8
0,85	75,1	64,3	52,6	44,5	35,4	29,4	26,7	22,2	17,7
0,90	78,1	66,7	54,8	46,5	37,0	30,8	27,8	23,1	18,4

0,95	'80,5	69,0	56,8	48,1	38,5	32,1	28,9	24,1	19,2
1,00	83,3	71,4	58,8	50,0	40,0	33,3	30,0	25,0	20,0

### **Контрольные вопросы:**

1. Что изучает гидродинамика?
2. Дайте классификацию потоков жидкости.

### **Практическая работа № 7**

**Тема: Основы гидродинамики.**

**Цель работы:** Определение размеров и средней скорости течения в водоотводной канаве.

**Оснащение:** Форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог.

**Исходные данные:** Для расчета даны следующие показатели.

Показатели	ВАРИАНТЫ	
	1	2
n	0,025	0,025
m	1,5	1,5
Уклон дна i,‰	20	3
Расчетный расход Q, м <sup>3</sup> /с	2,9	4,12

**Общие указания:** Начертите схему канавы. Задайтесь значением глубины потока в канаве. Последовательно определите гидравлические элементы потока: площадь живого сечения, смоченный периметр, гидравлический радиус, скоростную характеристику, скорость потока, расход, который может пропустить канава.

Данную задачу решают методом подбора искомых величин  $b$  и  $h$ . Применяют при расчете канав трапецеидальной формы.

1. Задайтесь  $h$ , глубиной потока в канаве.
2. Определите значение  $b$
3. Определите значение  $\omega = (b + mh)h$
4. Определите значение  $\lambda = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$
5. Определите значение  $R = \omega/\lambda$
6. Определите значение  $W = C\sqrt{R}$ , где  $W$  определяется по таблицам
7. Определите значение  $v = C\sqrt{Ri}$
8. Определите значение  $Q = \omega v$
9. Составьте таблицу

№ строк и	Параметры и расчетная формула	Задаваемые и находимые численные значения			Принятые расчетные данные
		h1	h2	h3	
1	$h$				
2	$b = \beta h$				
3	$mh$				
4	$b + 2mh$				
5	$\omega = (b + mh)h$				
6	$\lambda = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$				
7	$R = \omega/\lambda$				
8	$W = C\sqrt{R}$				
9	$\sqrt{i}$				
10	$v = C\sqrt{Ri}$				

11	$Q = \omega v$				
12	$K = \omega C \sqrt{R}$				

Соотношение ширины и глубины канавы  $\beta = b/h$  в зависимости от заложения откосов  $m$

$m$	0	0,5	1,0	1,5	2	3
$\beta = b/h$	2,0	1,24	0,83	0,61	0,47	0,325

Полученный расход  $Q_1$  (строка 11) сравнивают с расчетным расходом  $Q$ : если расхождение не более 5%, расчет на этом заканчивают, значит  $b_1, h_1, v_1$  являются действительными параметрами канавы. Если расхождение более 5%, задаются вновь значением  $h_2$  и расчет повторяют. При повторном расхождении более 5 % строят график зависимости модуля расхода  $K$  (строка 12) и  $h$  (строка 1). По этому графику, зная  $K$  заданный, находят искомую глубину  $h_i$ . Зная  $h_i$  определяют  $b_i = \beta h_i$ .

10. Определите значение глубины канавы  $H = h + 0,2$  м

### Контрольные вопросы:

1. Приведите понятия основных гидравлических элементов живого сечения
2. Приведите уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.

## Практическая работа № 8

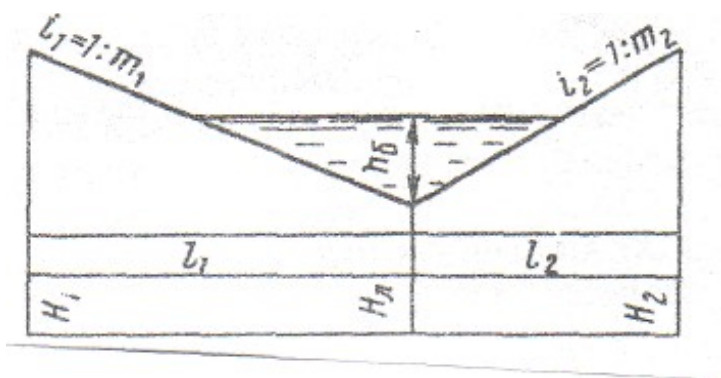
**Тема: Основы гидродинамики.**

**Цель работы:** Определение бытовой глубины и бытовой скорости в естественном водотоке.

**Оснащение:** Форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог.

**Исходные данные:**

- ✓ живое сечение водотока



Показатели	Значения
n	0,040
H1, м	30
H2, м	25
H1= H2, м	140,00
Hл, м	138,38
Уклон лога i,‰	4
Расчетный расход Q, м <sup>3</sup> /с	31,0
Допустимая скорость vдоп, м/с	3,0

### Общие указания:

Данную задачу решают методом подбора бытовой глубины потока треугольного сечения.

1. Определите бытовую глубину в порядке **первой прикидки** по формуле:

$$h_{б1} = m \sqrt[3]{K / I},$$

где K –модуль расхода  $K = Q / \sqrt{i}$

m – параметр, учитывающий значение коэффициента шероховатости русла, в земляных руслах, в хороших условиях, частично заросших, слабо извилистых  $m = 0,55$ , при засоренных и заросших водотоках  $m = 0,61$ . Применяем  $m = 0,55$ .

I - сумма обратных уклонов склонов лога,  $I = l_1 / (H_1 - H_{л}) + l_2 / (H_2 - H_{л})$

2. Сделайте проверку: при значении  $h_{б1}$  определите площадь живого сечения  $\omega_1 = 2 I h_{б1}^2$ , гидравлический радиус  $R_1 = 1/2 h_{б1}$ , бытовую скорость  $v_{б1} = C \sqrt{R_1}$  (C определить по таблице), расход  $Q_1 = \omega_1 v_{б1}$ .

3. Полученный расход  $Q_1$  сравнивают с расчетным расходом Q: если расхождение не более 5%, расчет на этом заканчивают. Если расхождение более 5%, задаются вновь значением  $h_{б}$  и расчет повторяют.

4. При новом значении  $h_{б2}$  определить  $\omega_2, R_2, v_{б2}, Q_2$ .

5. По двум полученным расходом постройте график зависимости расхода от глубины потока. Ось абсцисс –значения расхода Q, ось ординат – значения бытовой глубины  $h_{б}$

6. По величине расчетного расхода, отложенного на оси абсцисс, пунктирной сноской через линию графика зависимости на оси ординат находим значение бытовой глубины  $h_{б3}$ , соответствующей данному расчетному расходу.

7. По найденному значению  $h_{б3}$  определить  $\omega_3, R_3, v_{б3}, Q_3$ .

8. Полученный расход  $Q_3$  сравнивают с расчетным расходом  $Q$ , расхождение должно быть не более 5%.

9. Установите схему водослива, определив критическую глубину по формуле  $h_{кр} = v^2_{доп} / g$ , сравните значения бытовой  $h_b$  и критической  $h_{кр}$  глубины.

Тип укрепления	Размер камня, см	Допускаемые скорости течения, м/с, при средней глубине потока, м			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Одерновка «плашмя»	-	0,9	1,1	1,3	1,4
Одерновка «в стенку»	-	1,5	1,8	2,0	2,2
Каменная наброска из булыжника с галькой	7,5	2,0	2,4	2,8	3,1
Грунты, укрепленные битумом	-	2,3	2,7	3,0	3,3
Одиночное мощение на щебне	15	2,5	3,0	3,5	4,0
То же	20	3,0	3,5	4,0	4,5
- « -	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночное мощение с подбором лица грубым приколом на щебне	20	3,5	4,5	5,0	5,5
То же	25	4,0	4,5	5,5	5,5
- « -	30	4,5	5,0	6,0	6,0
Двойное мощение из «рваного» камня на щебне	15-20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутовая кладка из известняка	-	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон марки 150	-	6,0	7,0	8,0	9,0
Бутовая кладка из камня крепких пород	-	6,5	8,0	10,0	12,0
Бетонные лотки	-	12,0	14,0	16,0	18,0

### Контрольные вопросы:

1. Изложите основные правила выбора направления трассы.
2. В чем особенности трассирования в равнинной, пересеченной и горной местности?

## Практическая работа № 9

**Тема: Общие принципы проложения трассы автомобильных дорог.**

**Расчет закруглений и определение длины намеченного варианта трассы.**

**Цель работы:** Выполнение порядка расчета закруглений, разбивки пикетажа, определение длины трассы.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, СНиП 2.05.02-85, таблицы элементов круговых и переходных кривых.

**Исходные данные:**

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ		
	1	2	3
Карты М 1 : 2 500			
Радиус круговой кривой для:			
ВУ №1	1000	720	1200
ВУ № 2	1500	1300	600
ВУ № 3	1300	700	700

**Ход работы:** При заданных радиусах закруглений рассчитать пикетажное положение основных точек закруглений на трассе, определить румбы направления прямых участков трассы, составить ведомость углов поворота, прямых, круговых и переходных кривых. Определить пикетаж трассы с нанесением его на карту.

**Общие указания:**

При проектировании плана трассы для намеченного на карте варианта определяют величины всех элементов, которые заносят в ведомость углов поворота, прямых и кривых. Чтобы заполнить графы ведомости необходимо:

1. Определить пикетажное положение вершин углов поворота;
2. Рассчитать закругления, т.е. определить элементы круговых и переходных кривых и установить пикетажное положение главных точек закруглений;
3. Определить расстояние между вершинами углов;
4. Определить длину прямых участков и их направление;

### **1. Определение пикетажного положения вершин углов поворота**

а. Начало и конец трассы принимают за углы поворотов с величиной угла, равной нулю. Пикетажное положение вершины первого угла ВУ №1 определяют,



разбивая пикетаж от начала трассы ПК 0 до ВУ №1. Для этого измеряем расстояние от ПК 0 по касательной (прямой) до ВУ №1.

б. На карте от ВУ № 1 откладывают в масштабе карты Тп1, находят точки НЗ1 и КЗ1 и от КЗ разбивают пикетаж до ВУ № 2. Разбивают пикетаж циркулем измерителем отрезками не более 50 м в масштабе карты.

с. После расчета закруглений на ВУ № 2 на карте от ВУ № 2 откладывают полный тангенс второго закругления и разбивают пикетаж дальше. И так до конца трассы.

## **2. Расчет закругления, т.е. определение элементов круговых и переходных кривых и установление пикетажного положения главных точек закруглений**

а. Определив транспортиром величину угла поворота ВУ №1, устанавливаем по таблицам величины тангенса  $T$ , домера  $D$  и биссектрисы  $B$  для принятого радиуса.

д. Переходные кривые следует предусматривать на автомобильных дорогах при радиусах кривых в плане менее 2000 м. Переходные кривые проектируются в следующей последовательности:

– по радиусу кривой  $R$  определяются элементы переходной кривой  $2\beta, t, \rho, L$  по таблицам;

– проверка 1 - определяется возможность разбивки переходных кривых, т.е. должно соблюдаться условие  $\alpha \geq 2\beta$ , если  $\alpha < 2\beta$ , то необходимо увеличить радиус  $R$  или уменьшить длину переходной кривой  $L$

- проверка 2 - если величина сдвигки круговой кривой  $\rho \geq 0,01 R$ , следует принять новый радиус круговой кривой  $R1 = R + \rho$  и определить новые элементы круговой кривой  $T$  и  $B$ .

е. Вычисляется угол  $\gamma = \alpha - 2\beta$ . Определяется длина сокращенной кривой по таблицам с учетом коэффициента пересчета радиусов;

ф. Пикетажное значение начала НЗ1 и конца КЗ1 первого закругления определяется по формулам, указанным в таблице 1 графы 23-30. Геометрическое положение точки начала кривой НЗ на трассе можно определить, если отложить от вершины угла поворота ВУ величину тангенса Тп назад по ходу пикетажа, а положение точки конца кривой КЗ – вперед по ходу трассы. Пропущенные пикеты в пределах закругления расставляются по кривой с учетом масштаба карты.

г. Аналогично определяются пикетажные значения остальных закруглений.

## **3,4. Определение расстояния между вершинами углов. Определение длины прямых участков и их направления.**

а. Все исходные и полученные в результате расчетов данные о проектируемых закруглениях заносим в графы (1—30) ведомости (см. табл. 1). Затем определяем данные о прямых участках трассы, которые необходимо внести в соответствующие графы (31—34) той же ведомости.

б. Расстояния между вершинами углов поворота  $S$  определяют следующим образом.

Расстояние от начала трассы (также условно рассматриваемое как вершина) до вершины первого угла поворота ВУ № 1 фактически равно пикетажному положению ее. Эту величину заносим в 31-ю графу ведомости выше данных о первой кривой. Расстояние между первым ВУ № 1 и второй вершинами ВУ № 2 или между последующими вершинами равно разности между их пикетажным положением плюс домер  $D$  на предыдущей кривой.

с. Длины прямых вставок Пр (см. графу 32 табл. 1) определяем следующим образом: длина первого прямого участка от начала трассы НТ до начала первого

закругления НЗ1 равна пикетажному положению. Длину прямых вставок между закруглениями определяем разностью пикетажного положения начала последующего закругления и конца предыдущего.

d. Длина последней прямой вставки Пр4 равна разности между пикетажным положением конца трассы КТ и положением конца последней кривой КЗ.

e. Румб начальной прямой определяем по карте, считая вертикальный край карты направлением магнитной стрелки север—юг. Измеренный транспортиром угол между линией, проведенной параллельно указанному направлению (север—юг) и направлением первого прямого участка трассы записываем в графу 33 (см. табл. 1).

Румбы последующих прямых определяем по румбу предыдущей прямой и углу поворота и вписываем в графу «вычисленный румб».

### **5. Проверка правильности составления ведомости**

После заполнения ведомости суммируют данные граф 5, 6, 8, 14, 19, 20, 21, 31 и 32 и производят четырехкратную проверку.

4. Сумма прямых вставок (Пр графа 32), а также круговых и переходных кривых (ΣКп графа 19) равна длине трассы С.

$$\Sigma \text{Кп} + \Sigma \text{Пр} = \text{С}$$

5. Разность между суммой расстояний между вершинами (ΣS графа 31) и суммой домеров (ΣДп графа 21) равна длине трассы С.

$$\Sigma \text{S} - \Sigma \text{Дп} = \text{С}$$

6. Разность между удвоенной суммой тангенсов (Σ(T+1) графа 20) и суммой длин закруглений (ΣКп графа 19) равна сумме домеров (ΣДп колонка 21):

$$2 * \Sigma(T+1) - \Sigma \text{Кп} = \Sigma \text{Дп}$$

### **Контрольные вопросы:**

1. Изложите проложение трассы в районе населенных пунктов.
2. Какие правила пересечения железных и автомобильных дорог?

## Ведомость углов поворота, прямых и кривых

**Таблица 1**

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Элементы круговой кривой, м					Элементы переходных кривых, измененной круговой и полного закругления									
						радиус R, м	тангенс Т, м	биссектриса Б, м	кривая К, м	домер Д, м	радиус R, м	2 β	дополнительный тангенс t, м	сдвиг а круговых кривых ρ, м	длина переходной кривой L, м	γ = α - 2 β	длина сокращенной круговой кривой К <sub>о</sub> , м	полная длина закругления К <sub>п</sub> = К <sub>о</sub> + 2* L, м	тангенс Т <sub>п</sub> = Т + t	домер Д <sub>п</sub> = 2(Т + t) - К <sub>п</sub>
	км	ПК	+	влево ал	вправо апр				Д=2Т-К											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
НТ																				
ВУ1																				
КТ																				

Точка	биссектриса Б <sub>п</sub> = Б + ρ	Главные точки закругления								Прямые			
		начало закругления НЗ = ВУ - (Т + t)		начало круговой кривой НКК = НЗ + L		конец круговой кривой ККК = КЗ - L		конец закругления КЗ = НЗ + К <sub>п</sub>		расстояние между вершинами углов S, м	длина прямых вставок Пр П = НЗ2 - КЗ1	румбы линий	
		ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+			измеренный	вычисленный
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
НТ													
ВУ1													
КТ													

## Практическая работа № 10

**Тема: Проектирование дорожных одежд.**

**Цель работы** Определение конструкции дорожной одежды, назначение толщины слоя, расчет конструкции дорожной одежды по упругому прогибу.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, ОДН 218.046-01, СНиП 2.05.02-85.

**Исходные данные:** Тип покрытия - капитальный

Наименование показателей	ВАРИАНТЫ				
	Отметки земли				
	1	2	3	4	5
Техническая категория автодороги	III	II	I	II	I
Дорожно-климатическая зона	1	1	1	1	1
Заданный срок службы дорожной одежды $T_{сл}$	15	15	20	15	20
Заданная надежность	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Приведенная к нагрузке типа А интенсивность движения на конец срока службы $N_p$	1100	1800	3500	2000	2500
Приращение интенсивности $q$	1,04	1,08	1,02	1,00	1,00
Грунт рабочего слоя земляного полотна	Супесь пылеватая с расчетной влажностью $0,60W_T$	Суглинок легкий с расчетной влажностью $0,65W_T$	Супесь легкая с расчетной влажностью $0,55W_T$	Песок пылеватый с расчетной влажностью $0,60W_T$	Суглинок легкий с расчетной влажностью $0,55W_T$
Материал для основания	Щебеночная смесь при максимальном размере зерен 80 мм	Щебенка с заклиночкой трудноуплотняемым мелким активным шлаком	Щебеночно-гравийно-песчаная смесь, обработанная жидкими органическими вяжущими	Щебеночно-гравийно-песчаная смесь, обработанная шлаковым вяжущим марки 20	Щебенка с заклиночкой трудноуплотняемой асфальтобетонной смесью
Предельный коэффициент разрушения	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05

### Общие указания:

При расчете дорожной одежды на прочность конструкция должна удовлетворять требованиям прочности и надёжности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{об} \geq E_{min} K_{пр}^{тр}$$

$E_{об}$  [МПа] (мегапаскаль  $10^6$  Па) – общий расчётный модуль упругости зависящий от числа и толщины конструктивных слоев (включая земляное полотно), прочностных свойств материалов слоев, а также от параметров  $p$  и  $D$ , характеризующих нагрузку от колеса расчетного автомобиля, МПа.

$E_{min}$  [МПа] – минимальный требуемый общий модуль упругости;

$K_{пр}^{тр}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надёжности (табл. 3.1 ОДН 218.046-01). В зависимости от категории автомобильной дороги [1,50 – 0,90].

1. Величину минимального общего требуемого модуля упругости конструкции вычисляем по эмпирической формуле:

$$E_{min} = 98,65[\lg(\sum N_p) - c]$$

$\sum N_p$  - суммарное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды;

$c$  – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчётных нагрузок на ось. 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05;

Независимо от результата, полученного по формуле, требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в табл. 8.

Таблица 8. Модуль упругости

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Требуемый модуль упругости одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
I	750000	230	-	-
II	500000	220	210	-
III	375000	200	200	-
IV	110000	-	150	100
V	40000	-	100	50

2. Вычисляем суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 * N_p \frac{T_{рлг} * K_n * K_c}{q^{(T_{сл} - 1)}}$$

где:  $K_c$  – коэффициент суммирования (табл. 6.3 ОДН 218.046-01)

$q$  – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам (табл. 6.3 ОДН 218.046-01)

$T_{сл}$  [лет] – расчётный срок службы (табл. 6.2 ОДН 218.046-01);

$T_{рдг}$  – расчётное число расчётных дней в году, соответствующее определённому состоянию деформируемости конструкции (таблица П.6.1. ОДН 218.046-01);

$K_n$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонений суммарного движения от среднего ожидаемого (табл. 3.3 ОДН 218.046-01);

3. Предварительно назначается конструкция дорожной одежды по Приложению 2 Указаний и расчётные значения модулей упругости для каждого из материалов слоя (для грунтов Приложение 2 по табл. 2.4 – 2.6 ОДН 218.046-01; для материалов основания и покрытия Приложение 3 по табл. 3.1 – 3.10 ОДН 218.046-01). Данные заносятся в таблицу.

№ слоя	Материал слоя	Н слоя, см	Модуль упругости, МПа	Модуль упругости, МПа. общ
1.	Верхний слой покрытия	h1		
2.	Нижний слой покрытия	h2		
3.	Верхний слой основания	h3		
4.	Нижний слой основания	h4		
5.	Грунт рабочего слоя земляного полотна	h5		

4. Расчет выполняют в два этапа (для двухслойной дорожной одежды), на каждом из которых определяют модуль упругости двухслойной системы, состоящей из разнородных материалов. Последовательность выполнения этапов - от нижних слоев дорожной одежды к верхним.

✓ **На первом этапе** определяют модуль упругости двухслойной системы, состоящей из грунта земляного полотна (нижний слой системы) и основания дорожной одежды (верхний слой). Определяют отношения  $E_5/E_4$  и  $h_4/D$ .

Величина  $D$  зависит от расчетной (эквивалентной) нагрузки на ось, к которой приводятся все типы транспортных средств, движущихся по дороге, а также от вида нагрузки, прикладываемой к дорожной одежде (движущейся или неподвижной). Вид нагрузки зависит от места устройства дорожной одежды. Для полос движения принимается движущаяся нагрузка, для стоянок, участков перед железнодорожными переездами, остановочных площадок маршрутных транспортных средств – неподвижная. Определяется по Приложению 3 табл. П.1.1 ОДН 218.046-01. При динамической нагрузке  $D = 37$  см, при статической -  $D = 33$  см

$$\xrightarrow{\text{по } \leftrightarrow \text{ номограмме}} \frac{E_4 \text{ общ}}{E_4} = x_1 \quad E_4 \text{ общ} = E_4 * x_1 \text{ МПа}$$

✓ **На втором этапе** повторяют расчет, только нижний слой теперь - нижний слой основания 4, а верхний - верхний слой основания 3. Определяем снова:

$$\frac{E_4 \text{ общ}}{E_3} \quad \frac{h_3}{D} \xrightarrow{\text{по } \leftrightarrow \text{ номограмме}} \frac{E_3 \text{ общ}}{E_3} = x_2 \quad E_3 \text{ общ} = E_3 * x_2 \text{ МПа}$$

✓ **На третьем этапе** повторяют расчет, только нижний слой теперь - верхний слой основания 3, а верхний - нижний слой покрытия 2. Определяем снова:

$$\frac{E_3 \text{ общ}}{E_2} \cdot \frac{h_2}{D} \xrightarrow{\text{по } \leftrightarrow \text{ номограмме}} \frac{E_2 \text{ общ}}{E_2} = x_3 \quad E_2 \text{ общ} = E_2 * x_3$$

МПа

✓ **На четвертом этапе** повторяют расчет, только нижний слой теперь - нижний слой покрытия 2, а верхний - верхний слой покрытия 1 Определяем снова:

$$\frac{E_2 \text{ общ}}{E_1} \cdot \frac{h_1}{D} \xrightarrow{\text{по } \leftrightarrow \text{ номограмме}} \frac{E_1 \text{ общ}}{E_1} = x_4 \quad E_1 \text{ общ} = E_1 * x_4$$

МПа

5. Определяем коэффициент прочности по упругому прогибу по формуле

$$K_{пр} = \frac{E_1 \text{ общ}}{E_{\min}}$$

6. По таблице 3.1 ОДН 218.046-01 находим  $K_{пр}^{тр}$ , сравниваем с полученным результатом, делаем вывод.

Приложение 1  
ОДН 218.046-01 Таблица П.1.1

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч.}$ , кН	Расчетные параметры нагрузки	
			$P$ , МПа	$D$ , см
A1	100	50	0,60	37/33
A2	110	55	0,60	39/34
A3	130	65	0,60	42/37

Приложение 2

Независимо от результатов расчетов на прочность **минимальную** толщину конструктивных слоев принимают (большие значения для дорог 1-2 категории, меньшие для низших):

- ✓ Асфальтобетон или дегтебетон крупнозернистый 6-7 см
- ✓ То же мелкозернистый 3-5 см
- ✓ То же песчаные 3-4 см
- ✓ Щебеночные (гравийные) материалы и грунты обработанные органическими вяжущими 8
- ✓ Щебень, обработанный по способу пропитки 8
- ✓ Щебеночные (гравийные) материалы, не обработанные вяжущими :
  - на песчаном основании 15
  - на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта) 8
  - грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими или неорганическими вяжущими 10

**Требуемые минимальные коэффициенты прочности при заданных уровнях надежности для расчета дорожных одежд по различным критериям прочности**

Тип дорожной одежды		Капитальный										
Категория дороги		I		II		III			IV			
Предельный коэффициент разрушения $K_P^M$		0,05					0,10					
Заданная надежность $K_n$		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80
Требуемый коэффициент прочности $K_P^P$ по критерию:	упругого прогиба	1,50	1,30	1,38	1,20	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента $k_n$ при различных категориях дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный	-	-	1,19	1,16	1,04

Рекомендуемый расчетный срок службы конструкции

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы в дорожно-климатических зонах $T_{cl}$ , лет		
		I, II	III	IV, V
I	Капитальные	14-15-18	15-19	16-20
II	Капитальные	11-15	12-16	13-16
III	Капитальные	11-15	12-16	13-16
	Облегченные	10-13	11-14	12-15
IV	Капитальные	11-15	12-16	13-16



Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы в дорожно-климатических зонах $T_{cl}$ , лет		
		I, II	III	IV, V
	Облегченные	8-10	9-11	10-12
V	Облегченные	8-10	9-11	10-12
	переходные	3-8	3-9	3-9

Приложение 6  
ОДН 218.046-01 Таблица П.6.3

Показатель изменения интенсивности движения по годам, $q$	Значение $K_c$ при сроке службы дорожной одежды $T_{cl}$ в годах			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

Приложение 7  
ОДН 218.046-01 Таблица П.6.1

Рекомендуемые значения  $T_{pdg}$  в зависимости от местоположения дороги

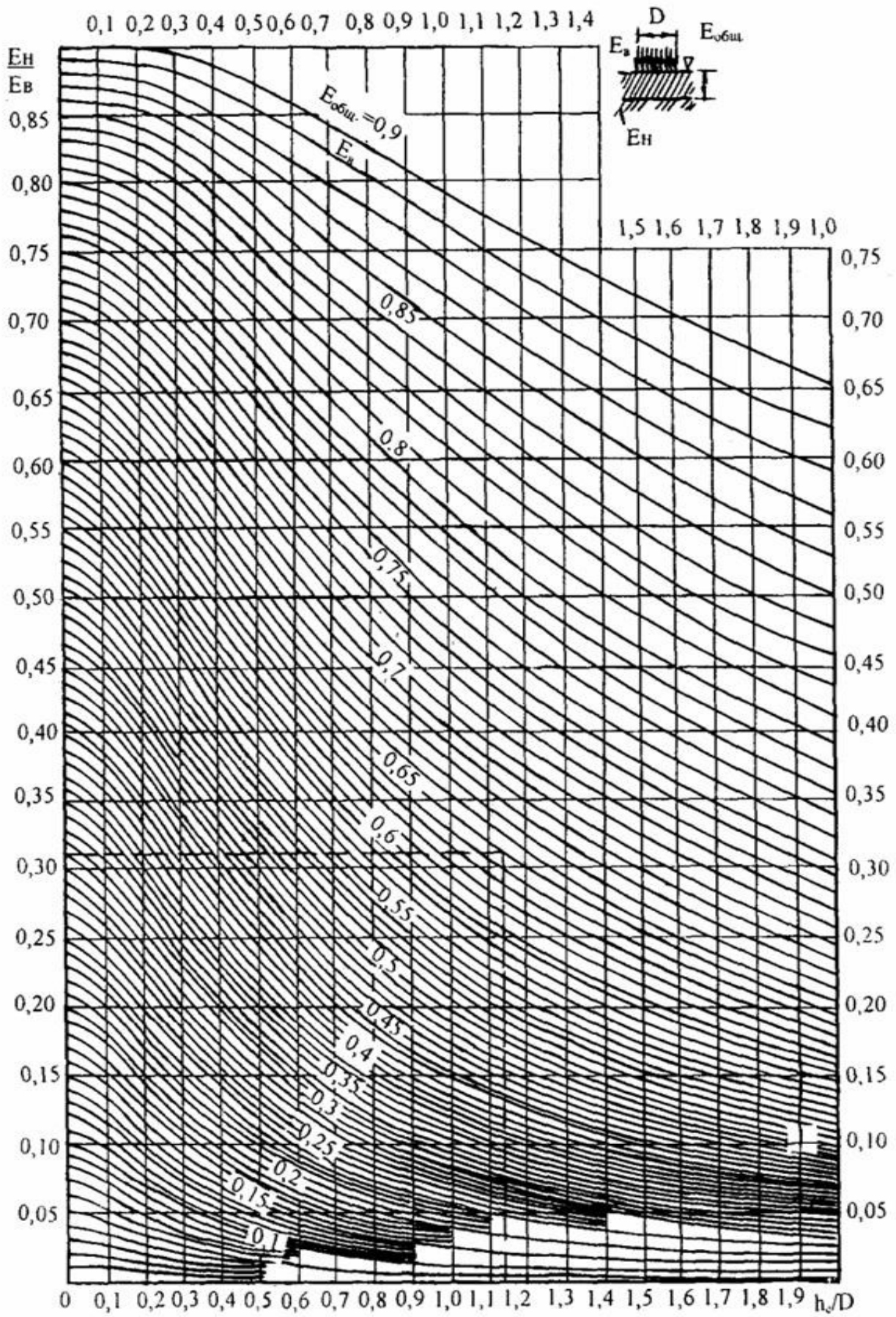
Номера районов на карте	Примерные географические границы районов	Рекомендуемое количество расчётных дней в году ( $T_{pdg}$ )
1	2	3
1	Зона распространения вечномёрзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу - Архангельск - Мезень - Нарьян-Мар - шестидесятый меридиан - до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Минск - Смоленск - Калугу - Рязань - Саранск - сорок восьмой меридиан - до линии, соединяющей Онегу - Архангельск - Мезень - Нарьян-Мар	125

Номера районов на карте	Примерные географические границы районов	Рекомендуемое количество расчётных дней в году ( $T_{роз}$ )
1	2	3
4	Севернее линии, соединяющей Львов - Киев - Белгород - Воронеж - Саратов - Самару - Оренбург - шестидесятый меридиан до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону - Элисту - Астрахань до линии Львов - Киев - Белгород - Воронеж - Саратов - Самара	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону - Элиста - Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга сорок шестой параллелью	130-150 (меньшие значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края. Камчатская область	140

**Примечания:** Значения величины  $T_{роз}$  на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие нагрузки принимаются за расчетные при конструировании дорожных одежд?
2. Что показывают модули упругости?



Практическая работа № 11

**Тема: Элементы продольного профиля автомобильной дороги.**

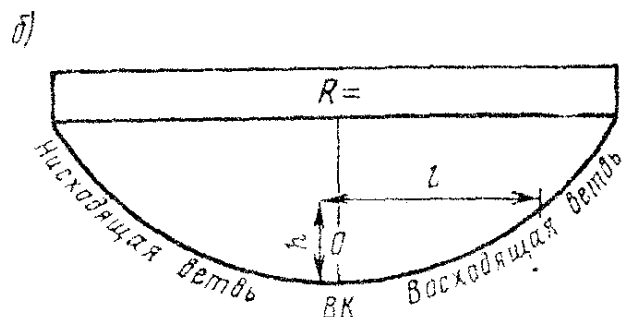
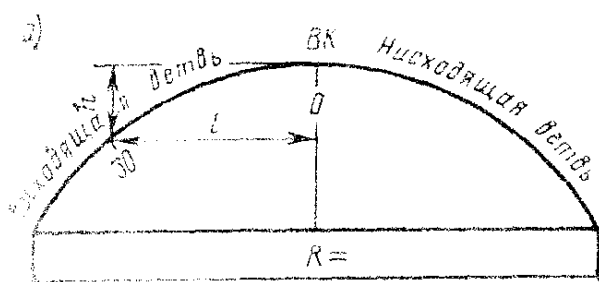
**Цель работы:** Вычисление проектных отметок пикетов, расположенных на кривой.

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог, Антонов Н.М. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах.

**Исходные данные:** На продольном профиле участка автомобильной дороги графически, с использованием шаблонов вертикальных кривых подобрано оптимальное положение проектной линии. Установлены пикетажное положение и значение проектной отметки точки начала кривой, радиус вертикальной кривой, значения уклонов точек начала и конца кривой.

Показатели	ВАРИАНТЫ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Пикетажное положение точки начала кривой, ПК +	24+2 0	18+0 5	6+40	23+6 5	12+2 5	5+90	14+8 0	32+2 0
Радиус вертикальной кривой, м	10 000	15 000	20 000	15 000	25 000	30 000	25 000	10 000
Уклон в точке начала кривой, промилле	+20	+13	+15	-21	+9	+7	-15	-18
Уклон в точке конца кривой, промилле	-30	-20	-10	+12	-12	-10	+20	+32
Значение проектной отметки точки начала кривой, м	164,4 0	147,1 0	182,7 5	138,8 0	174,6 0	155,2 6	157,3 0	187,7 5

**Ход работы:** Начертить схему вертикальной кривой. Расчет определения проектных отметок точек на кривой необходимо выполнять в табличной форме (таблица 1) с использованием таблиц координат вертикальных кривых.



Координаты точек  $l$  и  $h$  на шаблонах:  
 а) на выпуклой кривой    б) на вогнутой кривой

**Таблица расчета элементов вертикальной кривой**

Таблица 9

№ п/ п	Вертикальные кривые							
	Рвып, Rвог, м	Точки на кривой	Пикетное положение точек ПК	Расстояние от ВК ± l, м	Превышение ВК ± h, м	Проектные отметки точек, м	Уклоны в точках НК, КК, перехода насыпи в выемку, промилле	
1	Rвып =15 000	ВК	13+1 5	-	-	120,6 9		
		НК	12+4 0	75	0,19	120,5 0	5	
		1	13+0 0	15	0,01	120,6 8		
		2	14+0 0	85	0,24	120,4 5		
		КК	14+3 5	120	0,48	120,2 1	8	

**Общие указания:** Определить по таблице для значений уклонов точек начала и конца кривой их координаты относительно вершины кривой. Определить пикетажное положение и проектную отметку вершины кривой. Определить пикетажное положение и проектную отметку конца кривой. Заполнить графу в таблице 1 «Точки на кривой». Определить расстояние от вершины кривой до точек пикетов, расположенных между точками начала и конца кривой. По таблице координат для значений полученных расстояний определить превышения между вершиной кривой и точками пикетов. Определить значения проектных отметок промежуточных пикетов.

**Пример:** Пикетажное положение точки начала выпуклой кривой ПК 12+ 40

Радиус кривой R = 15 000 м

Уклон в точке начала кривой  $i_1 = 5\text{‰}$

Уклон в точке конца кривой  $i_2 = - 8\text{‰}$

Значение проектной отметки точки начала кривой  $H_{пк} = 120,5$  м

**Последовательность расчета**

1. По значениям радиуса и уклонов определяют координаты точек НК и КК.

$$l_{нк} = 75 \text{ м} \qquad h_{нк} = 0,19 \text{ м}$$

$$l_{кк} = 120 \text{ м} \qquad h_{кк} = 0,48 \text{ м}$$

2. Определяют пикетажное положение и отметку ВК:

$$\begin{array}{r} + \text{НК} \quad \text{ПК} \quad 12+40 \\ \hline \text{I}_{\text{нк}} \quad \quad \quad 75 \text{ м} \end{array}$$

$$\text{ВК} \quad \text{ПК} \quad 13+15$$

$$H_{\text{вк}} = H_{\text{нк}} \pm h_{\text{нк}} = 120,50 + 0,19 = 120,69 \text{ м}$$

знак «+» для выпуклых  
знак «-» для вогнутых

вертикальных кривых

3. Определяют пикетажное положение и отметку КК:

$$+ \text{ВК} \quad \text{ПК} \quad 13+15$$

$$\hline \text{I}_{\text{кк}} \quad \quad \quad 120 \text{ м}$$

$$\text{КК} \quad \text{ПК} \quad 14+35$$

$$H_{\text{кк}} = H_{\text{вк}} \pm h_{\text{кк}} = 120,69 - 0,48 = 120,21 \text{ м}$$

знак «+» для вогнутых  
знак «-» для выпуклых

вертикальных кривых

4. Определяют расстояние от ВК промежуточных пикетных точек, расположенных между НК и КК:

$$- \text{ВК} \quad \text{ПК} \quad 13+15$$

$$\hline \quad \quad \text{ПК} \quad 13+00$$

$$11 = 15 \text{ м}$$

$$- \text{ПК} \quad 14+00$$

$$\hline \text{ВК} \quad \text{ПК} \quad 13+15$$

$$12 = 85 \text{ м}$$

5. По значениям расстояний от ВК и радиуса определяют превышение точек относительно ВК:

$$h_1 = 0,01 \text{ м}$$

$$h_2 = 0,24 \text{ м}$$

6. Определяют отметки промежуточных точек

$$H = H_{\text{вк}} \pm h$$

знак «+» для вогнутых, знак «-» для выпуклых

вертикальных кривых

$$H_{13} = 120,69 - 0,01 = 120,68 \text{ м}$$

$$H_{14} = 120,69 - 0,24 = 120,45 \text{ м}$$

7. Длина вертикальной кривой

$$+ \text{КК} \quad \text{ПК} \quad 14+35$$

$$\hline \text{НК} \quad \text{ПК} \quad 12+40$$

$$K = 195 \text{ м}$$

### Контрольные вопросы:

1. Каким требованиям должны отвечать конструктивные слои дорожной одежды?
2. По каким критериям производится расчет дорожных одежд на прочность?

## Практическая работа № 12

**Тема:** Элементы продольного профиля автомобильной дороги.

**Цель работы:** Вычисление продольных уклонов проектной линии, проектных и рабочих отметок, пикетажного положения нулевых точек, вычисление проектных отметок пикетов, расположенных на кривой

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, миллиметровая бумага, форматы А-4, указания по выполнению практической работы, Красильщиков И.М. Проектирование автодорог, Антонов Н.М. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах.

**Исходные данные:** Для намеченной трассы автомобильной дороги определены отметки поверхности земли и запроектировано положение ж/б трубы диаметром 1 м.

ПК...+...	ВАРИАНТЫ								
	Отметки земли								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0+00	175,0 0	147,5 0	120,0 8	158,9 8	193,7 0	108,00	167,0 0	135,5 0	100,0 8
1+00	176,0 0	147,3 8	120,3 9	158,3 7	190,4 0	107,3	168,0 0	135,3 8	100,3 9
2+00	177,6 0	146,5 4	124,6 7	157,5 4	188,6	106,90	169,6 0	134,5 4	104,6 7
3+00	176,3 0	147,2 3	122,2 6	159,0 0	186,2 0	107,54	168,3 0	135,2 3	102,2 6
4+00	175,8 0	147,5 0	122,0 2	157,1 5	185,0 0	107,98	167,8 0	135,5 0	102,0 2
+80	176,1 2								
5+00	176,1 0	147,0 7	121,5 7	154,2 9	186,0 0	108,42	168,1 0	135,0 7	101,5 7
+70							167,8 0		
6+00	176,2 0	146,6 4	121,0 9	154,2 9	186,9 0	108,74	168,2 0	134,6 4	101,0 9
+50		145,6 0				112,90			
+80								133,6 0	
7+00	178,9 0	147,5 0	119,9 7	153,3 4	187,1 0	109,85	170,9 0	135,5 0	99,97

8+00	180,1 5	149,2 6	119,1 8	152,6 7	188,1 0	108,20	172,1 5	137,2 6	99,18
+50					190,9 0				
9+00	181,0 0	151,0 7	117,4 8	151,9 6	193,4 0	107,65	173,0 0	139,0 7	97,48
+75				149,7 0					
10+00	179,7 0	153,0 3	116,7 1	151,3 0	195,6 0	108,70	171,7 0	141,0 3	96,71
11+00	178,6 0	153,5 6	116,9 6	152,2 4	194,3 0	109,08	170,6 0	141,5 6	96,96
12+00	175,2 0	154,1 1	116,9 1	152,7 0	193,1 0	110,00	167,2 0	142,1 1	96,91
+30						113,40			
13+00	174,0 0	154,6 3	114,7 5	150,8 9	192,0 5	112,70	166,0 0	142,6 3	94,75
+10									94,00
+70			114,0 0						
14+00	172,5 0	153,3 0	116,6 6	149,2 0	191,0 0	111,30	164,5 0	141,3 0	96,66
+65				147,1 0					
15+00	175,8 0	155,4 3	116,7 8	147,5 0	190,1 0	110,65	167,8 0	143,4 3	96,78
16+00	177,2 5	156,3 0	117,9 1	148,7 0	189,1 4	109,76	169,2 5	144,3 0	97,91
17+00	179,9 0	157,3 9	119,2 1	149,2 0	187,2 0	109,40	171,9 0	145,3 9	99,21
18+00	180,5 0	156,0 7	118,3 3	150,1 0	185,4 0	108,80	172,5 0	144,0 7	98,33
+50		156,7 0							
19+00	179,8 0	156,4 6	118,0 0	151,2 0	185,8 0	107,40	171,8 0	144,4 6	98,00
20+00	178,0 0	157,6 0	118,3 0	152,3 0	186,7 0	106,54	170,0 0	145,6 0	98,30
Положение ж/б трубы									
ПК...+	14+0 0	6+50	13+7 0	9+75	4+00	9+00	14+0 0	6+80	13+1 0
Минимально е возвышение бровки	1,75	2,00	2,15	2,20	1,50	1,35	2,10	1,80	1,90



насыпи над трубой, диаметром 1 м									
Расчетная высота снегового покрова	0,80	1,35	1,15	0,60	0,45	0,85	0,75	0,65	0,90

Построить продольный профиль поверхности земли по оси дороги, нанести проектную линию (два-три прямых участка, вписать одну вертикальную кривую), определить продольные уклоны прямых участков проектной линии, проектные и рабочие отметки пикетов, плюсовых точек, нулевых точек, вычислить проектные отметки пикетов, расположенных на кривой.

**Ход работы:** На миллиметровой бумаге начертить сетку продольного профиля; разбить на пикеты в соответствии с горизонтальным масштабом профиля графу 13; заполнить графу 12 в соответствии с исходными данными; установить значения условного горизонта (УГ) для верхней линии рамки штампа сетки; с учетом УГ и вертикального масштаба профиля построить продольный профиль разреза поверхности земли; нанести проектную линию; в точки перелома вписать вертикальную кривую определить уклоны линий и проектных отметок; данные записать в таблицу; вычислить проектные отметки пикетов, расположенных на кривой; данные вписать в таблицу; определить месторасположения и значение нулевых точек; определить значения рабочих отметок.

**Общие указания:** При нанесении проектной линии следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- переломы проектной линии следует сопрягать вертикальными кривыми (вертикальные кривые устраивают при алгебраической разности смежных участков более 5 ‰ для дорог I и II категорий; 10 ‰ – для дорог III категории; 20 ‰ – для дорог остальных категорий), радиус кривых следует принимать возможно большим;
- с целью исключения «пилообразности» продольного профиля не следует чередовать участки спусков с последующими подъемами;
- на одной кривой в плане не следует допускать нескольких вертикальных кривых;
- при длительных подъемах с уклоном, близким к максимальному, рекомендуется в начальной и конечной части подъема сделать уклоны меньшие, а в средней – равный максимальному, что будет больше соответствовать динамике движения автомобиля и рельефу местности;
- следует избегать мелких выемок большой протяженности, так как такие выемки будут сырыми и снегозаносимыми;
- в выемках расположение проектной линии на горизонтальной площадке не допускается;
- в равнинной местности и на болотах проектную линию можно располагать на горизонтальной площадке, предусматривая мероприятия по отводу воды от земляного полотна;
- искусственные сооружения возможно размещать на любых элементах плана и продольного профиля трассы при условии, что они не должны нарушать ее зрительной плавности.

Проектирование дороги в продольном профиле осуществляется в следующей последовательности:

- вычерчивается продольный профиль поверхности земли по оси дороги;
- указывается положение «контрольных точек», через которые пройдет проектная линия, т.е. отметка проектной линии у водопропускных труб.
- наносятся руководящие отметки;
- вычерчивается проектная линия, с учетом максимального и минимального уклона, в точках ее перелома вписываются вертикальные кривые;
- вычисляются и записываются на продольном профиле: отметки поверхности земли («черные отметки»), проектные «красные» отметки, пикетажное положение точек перехода из насыпи в выемку;

Минимальное возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли (руководящая отметка) определяется, исходя из следующих условий:

- обеспечение устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышением поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод. Значение руководящей отметки  $H_p$  должно быть не менее значений, указанных в СНиП табл. 21;

- обеспечение условий снегонезаносимости дороги. В этом случае руководящая отметка определяется по формуле  $H_p = h_s + \Delta h$ , м,

где  $h_s$  – расчетная высота снегового покрова (принимается по заданию), м;

$\Delta h$  – возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для ее незаносимости (1,2 м – для дорог I категории; 0,7 м – II категории; 0,6 м – III категории; 0,5 – IV категории; 0,4 м – V категории).

За руководящую рабочую отметку принимается максимальное значение  $H_p$  из двух условий.

После определения руководящей рабочей отметки и установления высотного положения контрольных точек вычисляются рабочие отметки (разность между проектной «красной» отметкой по оси земляного полотна и отметкой земли по оси проектируемой дороги). Положительные отметки, соответствующие насыпи, записываются над проектной линией продольного профиля, отрицательные отметки, соответствующие выемке, – под проектной линией.

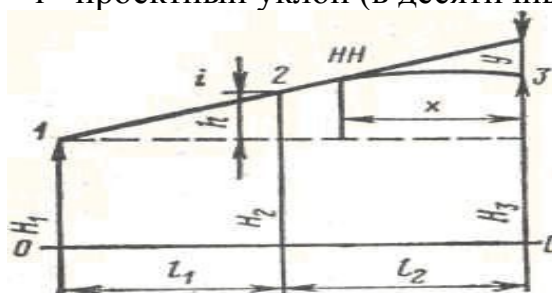
Методы проложения проектной линии:

- *по обертывающей проектировке.* Проектная линия по возможности наносится параллельно поверхности земли, отступая на пересечениях пониженных мест рельефа. Метод применяется в условиях равнинного и слабохолмистого рельефов местности, когда уклоны местности меньше предельно допустимых для данной категории дороги. Высота насыпи определяется в зависимости от уровня грунтовых и поверхностных вод, типа грунтов;

- *по секущей проектировке.* При такой проектировке необходимо по возможности соблюдать баланс земляных работ в смежных насыпях и выемках. Метод применяется при холмистом и сильно пересеченном рельефах местности и благоприятных грунтово-геологических условиях. Таким методом в основном проектируются дороги высоких категорий с большой интенсивностью движения.

Уклоны прямых участков определяются как отношение разности превышений начала и конца участка к длине участка. Проектные отметки на прямых определяются следующим образом (см. рис.).

$H_2 = H_1 + h = H_1 + il_1$ , где  $h$  — превышение одной точки над другой, м;  
 $i$  - проектный уклон (в десятичных долях).



Вычисление проектных отметок, расположенных на кривой. Радиус подбирается в каждом конкретном случае по шаблону. Уклоны в точке начала и конца кривой определены как уклоны прямых участков. Пикетажное положение точки начала кривой определяется по профилю. Значение проектной отметки точки начала кривой определяется как проектная отметка на прямой.

Пример расчета проектных отметок, расположенных на кривой:

Пикетажное положение точки начала выпуклой кривой ПК 12+ 40

Радиус кривой  $R = 15\ 000$  м

Уклон в точке начала кривой  $i_1 = 5\text{‰}$

Уклон в точке конца кривой  $i_2 = - 8\text{‰}$

Значение проектной отметки точки начала кривой  $H_{пк} = 120,5$  м

#### Последовательность расчета

1. По значениям радиуса и уклонов определяют координаты точек НК и КК.

$l_{нк} = 75$  м                       $h_{нк} = 0,19$  м

$l_{кк} = 120$  м                       $h_{кк} = 0,48$  м

2. Определяют пикетажное положение и отметку ВК:

+ НК      ПК      12+40

l<sub>нк</sub>                      75

ВК      ПК      13+15

$H_{вк} = H_{нк} \pm h_{нк} = 120,50 + 0,19 = 120,69$  м

знак «+» для выпуклых

знак «-» для вогнутых

вертикальных кривых

3. Определяют пикетажное положение и отметку КК:

+ ВК      ПК      13+15

l<sub>кк</sub>                      120

КК      ПК      14+35

$H_{кк} = H_{вк} \pm h_{кк} = 120,69 - 0,48 = 120,21$  м

знак «+» для вогнутых

знак «-» для выпуклых

вертикальных кривых

4. Определяют расстояние от ВК промежуточных пикетных точек, расположенных между НК И КК:

- ВК      ПК      13+15

ПК      13+00

11 =                      15 м

- ПК      14+00

ВК      ПК      13+15

12 =                      85 м

5. По значениям расстояний от ВК и радиуса определяют превышение точек относительно ВК:

$$h_1 = 0,01 \text{ м} \qquad h_2 = 0,24 \text{ м}$$

6. Определяют отметки промежуточных точек

$H = H_{вк} \pm h$                       знак «+» для вогнутых, знак «-» для выпуклых вертикальных кривых

$$H_{13} = 120,69 - 0,01 = 120,68 \text{ м}$$

$$H_{14} = 120,69 - 0,24 = 120,45 \text{ м}$$

7. Длина вертикальной кривой

-КК	ПК	14+35
НК	ПК	12+40
К	=	195 м

Рабочие отметки определяются по формуле

$$H_p = H_{ГП} - H_{ЗЕМ}$$

Положительные рабочие отметки записываются над проектной линией, отрицательные – под проектной линией.

Расчёт пикетажного положения нулевых точек производится по формуле:

$$X_{лев} = \frac{h_{лев}}{h_{лев} + h_{прав}} * L$$

где:  $x_{лев}$  [м] – расстояние от ближайшей точки, лежащей на прямом участке красной линии слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$h_{лев}$  [м] – рабочая отметка точки, лежащей на прямом участке красной линии слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$h_{прав}$  [м] – рабочая отметка точки, лежащей на прямом участке красной линии справа от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля;

$L$  [м] – расстояние между точками с известными рабочими отметками, лежащими на прямом участке красной линии справа и слева от точки пересечения красной и чёрной линий продольного профиля.

Все данные расчетов проектных отметок заносятся в таблицу 10.

**Таблица расчета элементов проектной линии**

Таблица 10

	Вертикальные кривые	Прямые
--	---------------------	--------

№	П / П
	Рвып, Rвог, м
	Точки на кривой
	Пикетное положение точек ПК +
	Расстояние от ВК $\pm l$ , м
	Превышение ВК $\pm h$ , м
	Проектные отметки точек, м
	Уклоны в точках НК, КК, перехода насыпи в выемку, промилле
	Точка на прямой ПК... +...
	Расстояние между точками l, м
	Уклон прямой, i, ‰
	Превышение, h, м
	Проектные отметки точек Н, м
	Длина прямых, м

### Контрольные вопросы:

1. Каковы правила нанесения проектной линии по шаблонам?
2. Оформление продольного профиля.

## ЛИТЕРАТУРА И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

### *Основная:*

1. Лавриненко Л.Л. Изыскания и проектирование автомобильных дорог - М.: Транспорт, 1991.
2. Бабков В.Ф. ..Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог - М.: Транспорт, 1986.
3. Красильщиков И.М. Проектирование автомобильных дорог - М.: Транспорт 1994
4. СНиП 2.05.02-85.
5. Типовые проекты земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений и др.
6. Инструкции и указания по проектированию конструктивных элементов дорог.
7. Глушкое А.П. и др. Изыскания и проектирование аэродромов.2-е изд. - М.Транспорт, 1992.

### *Дополнительная литература по дисциплине:*

1. Бабков В.Ф. Развитие техники дорожного строительства - М.: Транспорт, 1981

2. Федотов Г.А. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника - М.: Транспорт, 1989.
3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1-5000 1-2000, 1:1000, 1:500, М.: Недра, 1989.
4. Митин Н.А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах - М • Недра, 1978
5. Автомобильные дороги. Примеры проектирования. Под редакцией Порожнякова В.С. - М.: Транспорт, 1983.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения - М.; Транспорт, 1982,
7. Орнатский Н.П, Автомобильные дороги и охрана природы - М.: Транспорт, 1982.
8. Техничко-экономические обоснования при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Под редакцией Болдакова Е.В. - М.: Транспорт, 1981.
9. СНиП 1.02.07-87.
10. Глушков.Г.И. и др. Изыскания и проектирование аэродромов. Справочник. М .Транспорт, 1990.
11. Конопянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения - М..Транспорт,1991.
12. Аксенов И.Я.. Единая транспортная система - М.: Высшая школа, 1991.

## Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное образование  
Среднего профессионального образования  
«Бурятский лесопромышленный колледж»

Специальность 270831  
Строительство и эксплуатация  
автомобильных дорог и аэродромов  
Дисциплина: «Изыскание  
и проектирование автомобильных  
дорог и аэродромов»

# **ОТЧЕТ**

## **ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

Выполнил:

А.С.Попов  
гр. СД-31

Проверил:

Е.Е.Сокуева

2011г.

**Сокуева Елена Евгеньевна**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Методические рекомендации**



Сдано в производство:  
Формат 60\*84 1/16  
Усл. печ. л. \_\_\_\_\_ уч. изд. л. 3,94  
Бумага ксероксная. Ризография.  
Тираж 15 экз. Заказ № \_\_\_\_\_  
Отпечатано: ФГОУ СПО «Бурятский  
Лесопромышленный колледж»,  
Пр. Победы, 20