

УДК 528.48 (075.8)

Составители: Новикова Т.М.

Рецензент

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Ф. Гранкин*

Прикладная геодезия: методические рекомендации по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Новикова Т.М. Курск, 2022, 44 с., ил. 7, Библиогр.: с.44.

Данная методическая разработка предназначена для направления подготовки 21.03.02. «Землеустройство и кадастры» при изучении дисциплины «Прикладная геодезия». Методические указания содержат теоретические сведения и задания к практическим работам, составлены в соответствии с программой дисциплины.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры ЭиУНГД протокол № 8 от «29» апреля 2022 года.

Предназначены для студентов направления подготовки: 21.03.02. «Землеустройство и кадастры»

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ. ¹⁴/₂₅ Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Обработка журнала нивелирования	4
1.1 Вычисление превышений	5
1.2 Постраничный и общий контроль	6
1.3 Вычисление невязки в превышениях. Увязка превышений	6
1.4 Вычисление отметок точек	
2. Построение продольного профиля местности	9
3. Расчет кривых и нанесение их на профиль	10
3.1 Вычисление элементов круговых кривых	14
3.2 Вычисление пикетажных обозначений главных точек	14
3.3 Вычисление румбов прямых отрезков трассы	15
3.4 Оформление прямых и кривых на профиле	15
4. Расчет и нанесение на профиль проектной линии	18
4.1 Построение проектной линии	18
4.2 Пример построения расчета проектной линии	19
4.3 Перенесение результатов вычислений на профиль	19
4.4 Вычисление рабочих отметок	21
4.5 Нахождение точек нулевых работ	21
Приложения	25
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	26
	27
	46

УДК 528.48 (075.8)

Составители: Новикова Т.М.

Рецензент

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В.Ф. Гранкин*

Нивелирование трассы: методические рекомендации по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Новикова Т.М. Курск, 2022, 44 с., ил. 7, Библиогр.: с.44.

Данная методическая разработка предназначена для направления подготовки 21.03.02. «Землеустройство и кадастры», 08.03.01 «Строительство» при изучении дисциплины «Прикладная геодезия», «Современные технологии в геодезии». Методические указания содержат теоретические сведения и задания к практическим работам, составлены в соответствии с программой дисциплины.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры ЭиУНГД протокол № 8 от «29» апреля 2022 года.

Предназначены для студентов направления подготовки: 21.03.02. «Землеустройство и кадастры», 08.03.01 «Строительство»

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ.

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ВВЕДЕНИЕ

Продольный профиль местности по оси линейного инженерного сооружения получают по результатам технического нивелирования, проводимого в процессе полевого трассирования.

Нивелированию трассы предшествуют работы по рекогносцировке трассы, разбивке пикетажа и поперечных профилей, разбивке главных точек кривых и выносу пикетов с касательных на кривые, привязке трассы к пунктам геодезической основы.

В камеральных условиях составляют проект линейного сооружения, в данном случае – автомобильной дороги.

Цель расчётно-графической работы – научить студентов производить камеральную обработку результатов полевых измерений, выполненных при трассировании, и дать навыки проектирования автомобильной дороги.

По результатам выполнения данной расчётно-графической работы необходимо представить: а) журнал нивелирования трассы, б) расчёт пикетажных обозначений главных точек горизонтальных круговых кривых, в) ведомость прямых и кривых, г) продольный профиль дорожной трассы.

1. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА НИВЕЛИРОВАНИЯ

В бланк **журнала нивелирования** (табл.1) из одноимённого журнала (прил.1) выписывают результаты нивелирования трассы автомобильной дороги. Номер варианта **журнала нивелирования** и **пикетажной книжки** соответствует последней цифре порядкового номера студента в *журнале учёта работы студентов по геодезии*. Отметки реперов 1 и 2 и азимут начального направления трассы автомобильной дороги могут быть записаны в графе «Примечание» **журнала нивелирования**. Если в графе «Примечание» не записаны отметки реперов 1 и 2, то их выбирают из прил. 2 по *первой букве фамилии и номеру варианта* и записывают в соответствующие графы **журнала нивелирования**.

В процессе разбивки пикетажа по оси будущей дороги на местности деревянными кольями закрепляют пикеты, расстояние между которыми 100 метров; в местах перелома рельефа устанавливают плюсовые точки (плюсовки).

При нивелировании трассы выбирают *связующие* и *промежуточные* точки. *Связующие* точки являются общими для двух соседних нивелирных станций. Они служат для передачи отметок по нивелируемой трассе. На выбор *связующих* точек оказывает влияние рельеф местности и предельно допустимая длина визирного луча нивелира. *Связующими* точками могут быть как пикеты, так и плюсовки. Если между двумя соседними *связующими* точками перепад высот превышает длину стандартной нивелирной

рейки (в нашем случае 3000 мм), то с одной станции невозможно взять отсчёты по рейкам, установленным в этих точках. В таких случаях используют *дополнительные связующие X-точки*, расстояния до которых не измеряют.

Действия на станции технического нивелирования выполняют в такой последовательности. Нивелир устанавливают посередине между *связующими* точками. На колья, забитые в *связующих* точках, ставят отвесно нивелирные рейки. Визируют на заднюю рейку и берут отсчёт $a_ч$ по чёрной стороне с точностью до 1 мм. Визируют на переднюю рейку и берут отсчёты $b_ч$ и $b_к$ по чёрной и красной сторонам. Снова визируют на заднюю рейку и берут отсчёт $a_к$ по красной стороне. Полученные отсчёты записывают в графы 3 и 4 **журнала нивелирования** (табл.1). В этих графах 3 и 4 верхнее число – отсчёт по *чёрной* стороне, а нижнее число – отсчёт по *красной* стороне нивелирной рейки, установленной на *связующей* точке. Сразу же, не убирая нивелира, вычисляют превышения по чёрной и красной сторонам реек и сравнивают их между собой (смотри пункт 1.1). Если между *связующими* точками есть *промежуточные* точки, то, не изменяя положения нивелира, заднюю рейку поочерёдно ставят на промежуточные точки и берут отсчёты только по чёрной стороне, записывая их в графу 5 **журнала нивелирования**.

Нивелир переносят на следующую станцию, передняя рейка становится задней, а бывшую заднюю рейку переносят на следующую связующую точку, следовательно, она становится передней рейкой.

Отметки (высоты) *связующих* точек вычисляют через *превышения, промежуточных* – через *отметку горизонта прибора*. При обработке **журнала нивелирования** следует помнить, что отсчёты по рейке выражают в миллиметрах, причём отсчёты по *чёрной* стороне рейки всегда меньше 3000 мм. *Отметки горизонта прибора* и *отметки* точек вычисляют в метрах.

1.1. Вычисление превышений

Журнал нивелирования обрабатывают в следующем порядке.

Вычисляют превышения *передних связующих* точек над *задними связующими* точками по формулам:

$$h_ч = a_ч - b_ч, \quad h_к = a_к - b_к,$$

где $h_ч, h_к$ – превышения, вычисленные по отсчётам, взятым по чёрной и красной сторонам реек;

$a_ч, a_к$ – отсчёты по чёрной и красной сторонам задней рейки;

$b_ч, b_к$ – отсчёты по чёрной и красной сторонам передней рейки.

Разность $|h_ч - h_к|$ должна быть меньше 5 мм. Если это условие соблюдается, то вычисляют среднее превышение по формуле

$$h_{ср} = (h_ч + h_к) / 2.$$

Вычисленные превышения $h_ч$, $h_к$, $h_{ср}$ в зависимости от их знаков записывают в графы 6, 7, 8, 9 **журнала нивелирования** в строку, соответствующую задней связующей точке.

В нашем примере превышения точки ПК0 над Pn1 по отсчётам, взятым по *чёрной* и *красной* сторонам реек (табл. 1), получились следующие:

$$h_ч = 2895 - 0605 = + 2290 \text{ мм}; \quad h_к = 7681 - 5389 = + 2292 \text{ мм};$$

$$h_ч - h_к = 1 + 2 \text{ мм} < 5 \text{ мм}; \quad h_{ср} = (+2290 \text{ мм} + 2292 \text{ мм}) / 2 = + 2291 \text{ мм}.$$

$$h_{ср} = + 2291 \text{ мм записывают в графу 8 без знака "+".$$

Если среднее превышение не целое число, то его округляют до целого миллиметра в сторону *чётного* числа. Например, среднее превышение ПК3 над ПК2 $h_{ср} = ((- 987 \text{ мм}) + (- 990 \text{ мм})) / 2 = - 988,5 \text{ мм}$. После округления $h_{ср} = - 988 \text{ мм}$. Это число записывают в графу 9 без знака "-".

1.2. Постраничный и общий контроль

Для проверки выполненных вычислений в конце каждой страницы **журнала нивелирования** (табл. 1) надо подсчитать суммы чисел в графах 3, 4, 6, 7, 8, 9. Если имеет место равенство

$$\frac{\Sigma(3) - \Sigma(4)}{2} = \frac{\Sigma(6) - \Sigma(7)}{2} = \Sigma(8) - \Sigma(9),$$

то вычисление превышений на данной странице **журнала нивелирования** выполнено правильно. Последний результат в этом выражении может отличаться от двух первых на 0,5...3 мм из-за округлений при вычислениях.

В конце нивелирного хода производят общий контроль. Для этого надо сложить итоговые суммы чисел в графах 3, 4, 6, 7, 8, 9, взятые со всех страниц **журнала нивелирования**. Если приведённое выше равенство соблюдается, то вычисление превышений по всему нивелирному ходу выполнено верно.

Число $(\Sigma(8) - \Sigma(9))$, полученное в результате общего контроля, является суммой средних превышений $\Sigma h_{ср}$, т.е. измеренным превышением конечной точки нивелирного хода над начальной точкой (в нашем случае Pn2 над Pn1).

1.3. Вычисление невязки в превышениях. Увязка превышений.

Невязку в превышениях f_h вычисляют по формуле

$$f_h = \Sigma h_{ср} - (H_к - H_n),$$

где $H_к$, H_n — отметки конечной и начальной точек нивелирного хода, выраженные в миллиметрах.

Невязка f_h считается допустимой, если она не превышает предельной величины $f_{h \text{ пред}}$, определяемой по формуле

$$f_{h \text{ пред}} = \pm 50 \sqrt{L},$$

где 50 — средняя квадратическая ошибка определения превышения на 1 км двойного хода, мм;

L — длина нивелирного хода, км.

В нашем примере $H_k = H_{Pn2} = 59,658$ м; $H_k = H_{Pn1} = 54,271$ м; $L = 0,8$ км (см. табл. 1). Вычисляем f_h и $f_{h \text{ пред}}$:

$$f_h = (+ 5369) - (59658 - 54271) = + 5369 - 5387 = - 18 \text{ мм};$$

$$f_{h \text{ пред}} = \pm 50 \sqrt{0,8} = \pm 45 \text{ мм}.$$

Невязка допустима, так как $|f_h| < |f_{h \text{ пред}}|$.

Невязки f_h и $f_{h \text{ пред}}$ записывают на последней странице журнала нивелирования в графу "Примечание".

Если $|f_h| \leq |f_{h \text{ пред}}|$, то невязку f_h распределяют с обратным знаком поровну в виде поправок δh_i в средние превышения, т.е.

$$\delta h_i = (-f_h)/n.$$

где n – число станций в нивелирном ходе, равное числу средних превышений.

Таблица 1

Журнал нивелирования

Студентка Панова Т.П.

СФ-2-6

МУ 2006 года издания

Учебный пример

Но- мер стан- ции	Но- мер точки	Отсчёт по рейке, мм			Превыше- ние, мм		Среднее превы- шение, мм		Гори- зонт при- бора $H_{ГП}$, м	Отмет- ка точки H , м	
		зад- ний	перед- ний	проме- жуточ- ный	+	-	+	-			
		a	b	c	6	7	8	9			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1-я страница											
1	$Pn 1$	2895	-		2290		+1			54,271	
		7681	-		2292		2291				
2	$PK 0$	0700	0605			1815		+1		56,563	
		5484	5389			1815		1815			
2	+40	0494	2515			1820		+1	55,243	54,749	
		5279	7299			1824		1822			
3	+72	-	-	2632						52,611	
		-	-								
4	$PK 1$	2946	2314		2743		+1			52,928	
		7729	7103		2743		2743				
4	$X 1$	2886	0203		0344		+1		58,558	55,672	
		7668	4986		0342		0343				
5	+65	-	-	0242						58,316	
		-	-								
6	$PK 2$	0976	2542			0987		+1		56,016	
		5760	7326			0990		0988			
7	$PK 3$	1077	1963			0845		+1		55,029	
		5862	6750			0845		0845			
8	$PK 4$	1347	1922			1527		+1		54,185	
		6133	6707			1528		1528			
8	+50	-	2874							52,658	
		-	7661								
Итого		64917	68159	-	10754	13996	5377	6998	-	-	
Постраничный контроль		-1621			-	-1621		-1621		-	-

Журнал нивелирования

Номер станции	Номер точки	Отсчёт по рейке, мм			Превышение, мм		Среднее превышение, мм		Горизонт прибора $H_{п}, м$	Отметка точки $H, м$
		задний a	передний b	промежуточный c	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-я страница										
9	+50	2796	-		1112		+1		55,454	52,658
		7585	-		1115		1114			
	ПК 5	-	-	2052						53,402
		-	-							
	+35	-	-	0274						55,180
10	+60	2801	1684		2269		+1		53,773	
		7586	6470		2270		2270			
	ПК 6	2867	0532		2370		+2			
11	X 2	7654	5316		2372		2371		56,044	
		1870	0497		0867		+2		58,417	
12	ПК 7	6655	5282		0869		0868			
		0612	1003			1668		+2		
13	ПК 8	5399	5786			1666		1667	59,287	
		2591	2280		2036		+2			
14	Pn 2	7374	7065		2033		2034		57,622	
		-	0555							
		-	5341						59,658	
Итого		55790	41811	-	17313	3334	8657	1667	-	-
Всего		120707	109970	-	28067	17330	14034	8665	-	-
Постраничный контроль		+ 6989,5		-	+ 6989,5		+ 6990		-	-
Общий контроль		+5368,5		-	+5368,5		+5369		-	-

Поправки должны быть выражены в целых миллиметрах. В нашем примере $f_h = -18$ мм, $n = 14$. По величине $\delta h_i = +18$ мм / 14 $\approx +1,3$ мм определяют, что значения поправок могут быть +1 мм и +2 мм, причём число поправок +1 мм больше, чем число поправок +2 мм ($\delta h_i \approx 1,3$ мм ближе к 1 мм). Методом подбора определено, что в первые десять превышений надо внести поправки по +1 мм, в остальные четыре — по +2 мм. Сумма поправок обязательно должна равняться невязке с противоположным знаком, т.е.

$$\sum \delta h_i = -f_h.$$

В приведённом примере $10 \cdot (+1) + 4 \cdot (+2) = +18$ мм. Поправки выписывают в графы 8 или 9 над средними превышениями (табл. 1). Исправленное превышение $h_{i \text{ испр}}$ вычисляют по формуле

$$h_{i \text{ испр}} = h_{i \text{ ср}} + \delta h_i.$$

$$\begin{aligned}
 h_{1 \text{ испр}} &= (+2291 \text{ мм}) + (+1 \text{ мм}) = +2292 \text{ мм} = +2,292 \text{ м}; \\
 h_{2 \text{ испр}} &= (-1815 \text{ мм}) + (+1 \text{ мм}) = -1814 \text{ мм} = -1,814 \text{ м}; \\
 h_{3 \text{ испр}} &= (-1822 \text{ мм}) + (+1 \text{ мм}) = -1821 \text{ мм} = -1,821 \text{ м}, \text{ и так далее.}
 \end{aligned}$$

1.4. Вычисление отметок точек

По отметке начальной точки и увязанным превышениям последовательно вычисляют отметки *связующих* точек:

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{испр}},$$

где H_{i+1} — вычисляемая отметка передней связующей точки;

H_i — отметка задней связующей точки;

$h_{\text{испр}}$ — исправленное среднее превышение между этими точками.

В рассматриваемом примере последовательно вычисляем отметки связующих точек ПК0, ПК0+40, ПК1, Х1:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{ПК0}} &= H_{\text{Рп1}} + h_{1 \text{ испр}} = 54,271 \text{ м} + (+2,292 \text{ м}) = 56,563 \text{ м} \\
 H_{\text{ПК0+40}} &= H_{\text{ПК0}} + h_{2 \text{ испр}} = 56,563 \text{ м} + (-1,814 \text{ м}) = 54,749 \text{ м}; \\
 H_{\text{ПК1}} &= H_{\text{ПК0+40}} + h_{3 \text{ испр}} = 54,749 \text{ м} + (-1,821 \text{ м}) = 52,928 \text{ м}; \\
 H_{\text{Х1}} &= H_{\text{ПК1}} + h_{4 \text{ испр}} = 52,928 \text{ м} + (+2,744 \text{ м}) = 55,672 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Полученные значения записывают в графу 11 **журнала нивелирования**.

Для проверки правильности вычисления отметок *связующих* точек на каждой странице **журнала нивелирования** в графе “Примечание” надо выполнить следующий контроль: разность отметок конечной и начальной связующих точек должна равняться алгебраической сумме увязанных превышений. Например, для первой страницы **журнала нивелирования** (табл. 1)

$$H_{\text{ПК4+50}} - H_{\text{Рп1}} = 52,658 \text{ м} - 54,271 \text{ м} = -1,613 \text{ м}; \quad \sum h_{\text{испр}} = -1,613 \text{ м}.$$

Вычисленную отметку *конечной связующей* точки на первой странице **журнала нивелирования** переносят в *первую строку* второй страницы, отметку *конечной связующей* точки на второй странице **журнала нивелирования** переносят в *первую строку* третьей страницы и так далее. На *последней странице журнала нивелирования* должна быть получена *заданная отметка* Рп2, что является *окончательным контролем* правильности вычисления отметок *связующих* точек.

Отметки *промежуточных* точек вычисляют через отметку горизонта прибора ($H_{\text{ГП}}$) на данной станции, который выражают в метрах:

$$H_{\text{ГП}} = H_a + a_c,$$

где H_a — отметка задней связующей точки на данной станции, м;

a_c — отсчёт по чёрной стороне задней рейки, м.

Для вычисления отметок *промежуточных* точек используют формулу

$$H_{\text{пром}} = H_{\text{ГП}} - c,$$

где $H_{\text{пром}}$ — отметка промежуточной точки, м;

c — отсчёт по рейке, установленной на промежуточной точке, м.

На одной станции может быть несколько *промежуточных* точек. В этом случае для вычисления их отметок используют одно и то же значение отметки горизонта прибора. В нашем примере на девятой станции,

расположенной между *связующими* точками ПК4+50 и ПК5+60, имеем следующие исходные данные (см. табл. 1):

$$\begin{aligned} H_{\text{ПК4+50}} &= 52,658 \text{ м}; a_{\text{ПК4+50}} = 2,796 \text{ м}; c_{\text{ПК5}} = 2,052 \text{ м}; c_{\text{ПК5+35}} = 0,274 \text{ м}. \\ \text{Тогда} \quad H_{\text{ГП}} &= 52,658 \text{ м} + 2,796 \text{ м} = 55,454 \text{ м}; \\ H_{\text{ПК5}} &= 55,454 \text{ м} - 2,052 \text{ м} = 53,402 \text{ м}; \\ H_{\text{ПК5+35}} &= 55,454 \text{ м} - 0,274 \text{ м} = 55,180 \text{ м}. \end{aligned}$$

2. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МЕСТНОСТИ

Продольный профиль вычерчивают на миллиметровой бумаге. При построении профиля применяют масштабы: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500. Работы по построению профиля начинают с разграфки сетки профиля согласно ГОСТ 21.511-83 (рис. 1).

В учебных целях для сокращения объёмов чертёжной работы и для уменьшения габаритов профиля по вертикали разрешается делать некоторые отступления от названного ГОСТа, т.е. можно исключить графы «*Тип местности по увлажнению*», «*Тип поперечного профиля*», данные об укреплении, уклонах, длинах и отметках левого и правого кюветов. В данной расчётно-графической работе вертикальные кривые не надо проектировать, поэтому название графы «*Уклон и вертикальная кривая*» следует заменить на «*Уклон/Расстояние*» (рис. 2).

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 сплошной линией толщиной 0,5 мм вычерчивают ось дороги в графе «*Развёрнутый план дороги*», прямые и кривые в плане, проектную линию, линии ординат от точек перелома проектной линии. Остальные линии проводят сплошной тонкой (толщина линии 0,1 мм). Для облегчения восприятия чертежа все проектные данные вычерчивают **красным цветом** (смотри цветной рисунок на с.22,23).

По данным **журнала нивелирования** (табл. 1) заполняют графу «*Расстояние*». Расстояния откладывают в горизонтальном масштабе 1:5000, фиксируя пикеты и плюсовые точки вертикальными отрезками. При нанесении пикетов точку ПК0 помещают на утолщённую вертикальную сантиметровую линию миллиметровой бумаги, тогда и все остальные пикеты попадут на такие же линии. Если между пикетами нет плюсовых точек, то расстояние 100 м не пишут. При наличии плюсовых точек указывают расстояние от предыдущего пикета до плюсовой точки и от плюсовой точки до следующего пикета либо расстояние между соседними плюсовыми точками. Номера пикетов записывают под нижней линией графы «*Расстояние*».

Точность построений на миллиметровой бумаге составляет 0,5 мм, что в горизонтальном масштабе 1:5000 соответствует 2,5 м на местности.

Например, между ПК0 и ПК1 находятся точки +40 и +72. От ПК0 откладывают 8,0 мм и 14,5 мм, проводят ординаты (вертикальные линии) и записывают три расстояния: 40 м – от ПК0 до точки +40; 32 м – от точки +40 до точки +72; 28 м – от точки +72 до ПК1 (рис. 2).

Контроль проводят суммированием расстояний: $40+32+28 = 100$ м.

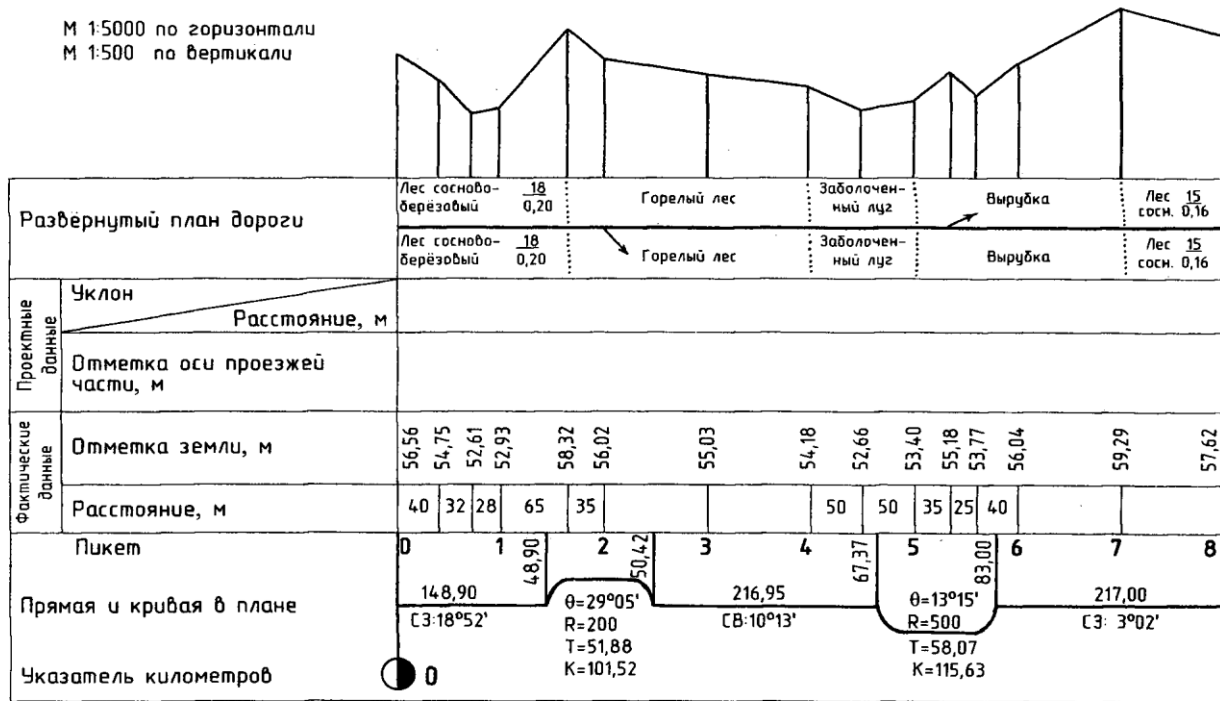
Развернутый план дороги			20	
Тип местности по увлажнению			5	
Проектные данные	Тип поперечного профиля		5	
	Левый кювет	Укрепление	5	
		Длина, м	Уклон, ‰	10
		Отметка дна, м		15
	Правый кювет	Укрепление	5	
		Длина, м	Уклон, ‰	10
		Отметка дна, м		15
	Уклон и вертикальная кривая			10
	Отметка оси проезжей части, м			15
	Фактические данные	Отметка земли, м		15
Расстояние, м		10		
Пикет			5	
Прямая и кривая в плане			5	
Указатель километров			5	
10	25	40		
75				

175

Рис. 1

ПРОФИЛЬ ДОРОЖНОЙ ТРАССЫ

М 1:5000 по горизонтали
М 1:500 по вертикали



Выполнила Панова Т.П. СФ-И-6

Рис. 2

ПИКЕТАЖНАЯ КНИЖКА

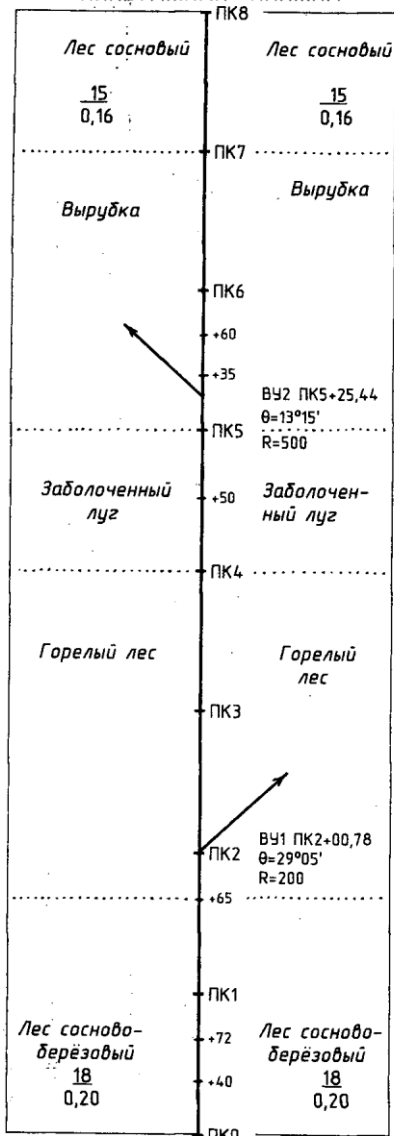


Рис. 3

Над пикетами и плюсовыми точками в графе «Отметка земли» выписывают из журнала нивелирования значения их отметок, округлённые до 0,01 м.

От верхней линии графы «Развёрнутый план дороги» отступают вверх 4...5 см и проводят карандашом горизонтальную линию, совпадающую с сантиметровой линией миллиметровой бумаги. За отметку этой линии принимают ближайшее меньшее минимальной отметки земли число, кратное 5 метрам. В нашем примере минимальная отметка земли в точке ПК0+72 составляет 52,61 м. Число, кратное 5 м, меньшее 52,61 м и одновременно наиболее близкое к названной минимальной отметке, равняется 50 м. Линия, расположенная на 1 см выше, будет иметь отметку 55 м, на 2 см выше – 60 м, и т. д.

Против каждого пикета и плюсовой точки вверх от верхней линии графы «Развёрнутый план дороги» проводят карандашом перпендикуляры, являющиеся продолжением вертикальных линий, нанесённых в графе «Расстояние». На этих перпендикулярах откладывают отрезки, равные разности отметок соответствующих точек и ближайших снизу линий, отметки которых кратны 5 м. В вертикальном масштабе 1:500 отметки можно отложить с точностью до 0,25 м.

В рассматриваемом примере при нанесении точки ПК0 надо отложить вверх от линии с отметкой 55 м отрезок, равный $56,56 - 55,00 = 1,56$ м, что в масштабе 1:500 составит отрезок 3,12 мм (эту величину 3,12 мм округляем при наколке до 3,0 мм). При нанесении плюсовой точки ПК0+40 надо отложить вверх от линии с отметкой 50 м отрезок, равный $54,75 - 55,00 = -4,75$ м, что в масштабе составит 9,5 мм, и так далее (рис. 2).

Полученные точки соединяют сплошными тонкими прямыми линиями чёрного цвета. В совокупности эти прямые составляют ломаную линию, являющуюся линией фактической поверхности земли по оси трассы автомобильной дороги (линия продольного профиля). От точек профиля до верхней линии графы «Развёрнутый план дороги» проводят ординаты чёрным цветом сплошными тонкими линиями.

По данным своего варианта пикетажной книжки (прил. 3) заполняют графу «Развёрнутый план дороги». В эту графу «Развёрнутый план дороги» наносят положение вершин углов (прил. 4), указывая стрелками вправо и влево от оси направление поворотов трассы. Наш пример (рис. 2 и цветной рисунок на с. 22, 23) заполнен по данным нашей пикетажной книжки (рис. 3).

3. РАСЧЁТ КРИВЫХ И НАНЕСЕНИЕ ИХ НА ПРОФИЛЬ

Сопряжение прямолинейных участков трассы автомобильной дороги в местах её поворотов производят по круговым кривым. Углом поворота трассы является угол отклонения трассы от предыдущего направления (рис. 4). Из прил. 4 выбирают пикетажные обозначения вершин углов поворота трассы (ВУ), углов поворота (θ), радиусов круговых кривых (R) и записывают их в графы 1–5 ведомости прямых и кривых (табл. 2).

3.1. Вычисление элементов круговых кривых

Элементы круговых кривых (рис. 4) вычисляют в метрах по табл. I.1, приведённой в справочнике В.Н. Ганьшина и Л.С. Хренова (1985), или по следующим формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}; \quad K = \frac{\pi R \theta}{180^\circ};$$

$$D = 2T - K; \quad B = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R,$$

где T – тангенс кривой, м;
 K – длина кривой, м;
 D – домер кривой, м;
 B – биссектриса кривой, м.

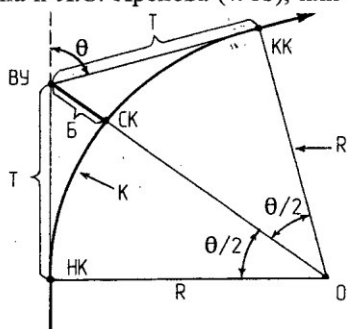


Рис. 4

При пользовании таблицами следует учесть, что в них все данные приведены для $R = 1000$ м, поэтому для перехода к заданному радиусу R табличные данные умножают на коэффициент $R/1000$.

* Вычисления, сделанные с использованием таблиц, надёжнее, так как можно выполнить контроль: $D = 2T - K$. Расхождение не должно превышать $\pm 0,01$ м. Полученные данные заносят в табл. 2 в графы 6-9.

3.2. Вычисление пикетажных обозначений главных точек круговых кривых

Пикетажные обозначения *главных точек круговых кривых* находят из выражений:

$$ПК НК = ПК ВУ - T,$$

$$ПК КК = ПК НК + K,$$

$$ПК СК = ПК НК + K/2,$$

где $ПК ВУ$, $ПК НК$, $ПК КК$, $ПК СК$ – пикетажные обозначения вершины угла, начала кривой, конца кривой, середины кривой соответственно.

Контрольными являются формулы:

$$ПК КК = ПК ВУ + T - D,$$

$$ПК СК = ПК КК - K/2.$$

Расчёт выполняют в виде схемы. В рассматриваемом примере для первой кривой запишем:

Расчёт:	
- ВУ	ПК 2 + 00,78
- Т	51,88
+ НК	ПК 1 + 48,90
+ К	1 01,52
КК	ПК 2 + 50,42
+ НК	ПК 1 + 48,90
+ К/2	50,76
СК	ПК 1 + 99,66

Контроль:	
+ ВУ	ПК 2 + 00,78
+ Т	51,88
- Д	ПК 2 + 52,66
- КК	ПК 2 + 50,41
- К/2	50,76
СК	ПК 1 + 99,65

Для второй кривой вычисления аналогичны. Пикетажные обозначения точек $НК$ и $КК$ заносят в графы 10 и 11 **ведомости прямых и кривых**.

Расстояния S между вершинами углов поворота трассы (графа 12 ведомости) вычисляют по формуле

$$S_{i,i+1} = ПК ВУ_{i+1} - ПК ВУ_i + D_i$$

где $ПК ВУ_{i+1}$ – пикетажное обозначение данной вершины угла;

$ПК ВУ_i$ – пикетажное обозначение предыдущей вершины угла;

D_i – домер, относящийся к предыдущей вершине угла.

Из данной формулы следует, что длина отрезка от начала трассы ($НТ$) до $ВУ_1$ равна *пикетажному обозначению* первой вершины угла. В нашем примере:

Таблица 2

Ведомость прямых и кривых

Вершина трассы	Пикетажное обозначение вершины	Величина угла поворота		Кривая							Прямая			
				Элемент кривой, м					Начало кривой НК	Конец кривой КК	Расстояние между вершинами S, м	Прямая вставка P, м	Азимут A	Румб r
		вправо $\theta_{пр}$	влево $\theta_{лев}$	R	T	K	D	B						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Начало трассы	ПК0	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
ВУ1	ПК2+ 00,78	29°05'	-	200	51,88	101,52	2,25	6,62	ПК1+48,90	ПК2+50,42	200,78	148,90	34°08'	СЗ: 18°52'
ВУ2	ПК5+ 25,44		13°15'	500	58,07	115,63	0,52	3,36	ПК4+67,37	ПК5+83,00	326,91	216,95	10°13'	СВ: 10°13'
Конец трассы	ПК8+ 00,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275,08	217,00	356°58'	СЗ: 3°02'
Итого		29°05'	13°15'	-	109,95	217,15	2,77	-	-	-	802,77	582,85	-	-
Контроль:														
$2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D; \quad 2 \cdot 109,95\text{м} - 217,15\text{м} = 2,75\text{м} \approx 2,77\text{м};$ $L = \Sigma S - \Sigma D = \Sigma P + \Sigma K; \quad 800,00\text{м} = 802,77\text{м} - 2,77\text{м} = 582,85\text{м} + 217,15\text{м};$ $800,00\text{м} = 800,00\text{м} = 800,00\text{м}$ $A_{кон} - A_{нач} = \Sigma \theta_{пр} - \Sigma \theta_{лев}; \quad 356^{\circ}58' - 34^{\circ}08' = 29^{\circ}05' - 13^{\circ}15'$ $15^{\circ}50' = 15^{\circ}50'$														

$$S_{\text{нт,вст}} = 200,78 \text{ м};$$

$$S_{\text{вст,вст}} = (\text{ПК}5+25,44) - (\text{ПК}2+00,78) + 2,25 = 525,44 - 200,78 + 2,25 = 326,91 \text{ м};$$

$$S_{\text{вст,кт}} = \text{ПК}8 - (\text{ПК}5+25,44) + 0,52 = 800,00 - 525,44 + 0,52 = 275,08 \text{ м}.$$

В графу 13 записывают длину *прямой вставки* P_1 — расстояние между концом предыдущей кривой и началом последующей кривой, вычисляемую по формуле

$$P_1 = \text{ПК НК}_{i+1} - \text{ПК КК}_i.$$

Из формулы следует, что длина первой *прямой вставки* равна пикетажному обозначению начала первой кривой, а длина последней *прямой вставки* равна разности пикетажного обозначения конца трассы и конца последней кривой. В рассматриваемом примере:

$$P_1 = 148,90 \text{ м};$$

$$P_2 = (\text{ПК}4+67,37) - (\text{ПК}2+50,42) = 467,37 - 250,42 = 216,95 \text{ м};$$

$$P_3 = \text{ПК}8 - (\text{ПК}5+83,00) = 800,00 - 583,00 = 217,00 \text{ м}.$$

3.3. Вычисление румбов прямых отрезков трассы

Из прил 5 выписывают азимут A_1 *начального направления* трассы и вычисляют азимуты последующих направлений:

$$A_{i+1} = A_i + \theta_{\text{пр}} \quad \text{или} \quad A_{i+1} = A_i - \theta_{\text{лев}}$$

где A_i — азимут предыдущего прямого отрезка трассы;

A_{i+1} — азимут последующего прямого отрезка трассы,

$\theta_{\text{пр}}$ — угол поворота трассы вправо,

$\theta_{\text{лев}}$ — угол поворота трассы влево.

В нашем примере: $A_1 = 34^\circ 08'$.

$$\text{Тогда} \quad A_2 = A_1 + \theta_1 = 34^\circ 08' + 29^\circ 05' = 370^\circ 13' - 360^\circ = 10^\circ 13';$$

$$A_3 = A_2 - \theta_2 = (10^\circ 13' + 360^\circ) - 13^\circ 15' = 356^\circ 58'.$$

Затем азимуты по известным формулам переводят в румбы:

$$r_1 = \text{СЗ } 18^\circ 52', \quad r_2 = \text{СВ } 10^\circ 13', \quad r_3 = \text{СЗ } 3^\circ 02'.$$

Азимуты и румбы прямых участков трассы заносят в графы 14 и 15 **ведомости прямых и кривых** (табл.2).

Для контроля правильности составления **ведомости прямых и кривых** подсчитывают суммы чисел в графах 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13. Надо проверить выполнение следующих положений:

а) разность удвоенной суммы *тангенсов* и суммы *кривых* должна равняться сумме *домеров*, т.е.

$$2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D.$$

Допускается расхождение из-за округления до 0,04 м (для двух кривых).

б) сумма *прямых вставок* ΣP плюс сумма *кривых* ΣK должна равняться длине трассы L . Этой же длине должна равняться разность между суммой расстояний S между вершинами углов поворота и суммой домеров D :

$$\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma D = L.$$

в) разность между суммой *правых* и суммой *левых* углов поворота трассы должна равняться разности азимутов конечного $A_{\text{кон}}$ и начального A_1 прямых участков трассы:

$$\sum \theta_{\text{пр}} - \sum \theta_{\text{лев}} = A_{\text{кон}} - A_1$$

Результаты контрольных вычислений также заносят в **ведомость прямых и кривых** (табл.2).

3.4. Оформление прямых и кривых на профиле

В графе «*Прямая и кривая в плане*» (см. рис. 2 и цветной рисунок на с.22,23) отмечают точки *начала* и *конца* кривых. От этих точек проводят сплошными основными линиями ординаты вверх до линии пикетов. Слева от ординаты записывают расстояние до предыдущего пикета. От *начала* до *конца* кривых проводят условные дуги. Дуга, обращённая выпуклостью вверх, означает поворот трассы вправо; при левом повороте дуга обращена выпуклостью вниз. Под дугами выписывают элементы кривых – θ , R , T , K .

Отрезки прямых линий между *концами* предшествующих кривых и *началами* последующих кривых называются *прямыми вставками*. Над серединой каждой *прямой вставки* записывают её длину, а под прямой вставкой – румб.

4. РАСЧЁТ И НАНЕСЕНИЕ НА ПРОФИЛЬ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ

4.1. Построение проектной линии

Линию проектного профиля автомобильной дороги строят на продольном профиле местности, руководствуясь техническими условиями на проектирование и строительство соответствующих дорог, в которых указаны предельный уклон дороги и другие обязательные условия проектирования. В данных методических указаниях рассматривается лишь геометрическая сторона вопроса, то есть все расчёты относятся к оси дороги.

В учебных целях студенты должны построить проектную линию автомобильной дороги, руководствуясь следующими требованиями:

- 1) объёмы насыпей и выемок должны быть минимальными и примерно равными;
- 2) руководящий (предельный) уклон равен $i_p = \pm 0,025$;
- 3) шаг проектирования (минимальное допустимое расстояние между точками перелома проектной линии) составляет 100 м;
- 4) значения проектных уклонов должны быть округлены до 0,001;
- 5) рабочая отметка h_p не должна превышать $\pm 3,00$ м.
- 6) обязательно запроектировать не менее одного горизонтального участка.

При проектировании следует помнить, что, как правило, оно выполняется с нескольких попыток и, естественно, будут неизбежны частичные или полные переделки уже, казалось бы, готовых участков профиля дороги. Поэтому проектирование следует вести карандашом. К окончательному оформлению тушью или гелевой ручкой переходят только после полного завершения процесса проектирования, когда есть уверенность, что все поставленные выше требования соблюдены.

Построение проектной линии начинают с наиболее удобных и, как правило, протяженных участков будущей дороги – таких, где проектная карандашная линия фактически будет совпадать с линией земли. Затем карандашом намечают остальные участки будущей дороги, не забывая о соблюдении пунктов 1, 2 и 5 требований к проектированию. В связи с этим для предварительного нанесения проектной линии можно рекомендовать:

а) при руководящем уклоне $i_p = \pm 0,025$ превышение h между двумя соседними пикетами составляет

$$h = i_p d = \pm 0,025 \cdot 100 = \pm 2,50 \text{ м.}$$

В вертикальном масштабе 1:500 эта величина на профиле составит $\pm 2,50 : 500 = \pm 0,005 \text{ м} = \pm 5 \text{ мм}$. Следовательно, крутизна проектной линии должна быть такой, чтобы на расстоянии 100 м (2 см на профиле в горизонтальном масштабе 1:5000) разность отметок графически не превышала 5 мм. Если уклон участка превышает руководящий, то необходимо изменить положение точки перегиба трассы, сделав проектную линию более полой;

б) рабочая отметка (высота насыпи или глубина выемки) не должна быть больше $\pm 3,00 \text{ м}$, что в вертикальном масштабе профиля составляет $\pm 6 \text{ мм}$. Поэтому проектную линию следует наносить так, чтобы в любой точке трассы вертикальное расстояние между проектной линией и поверхностью земли было меньше 6 мм. С учётом же графических погрешностей при проведении линии земли и проектной линии – меньше 5 мм.

Расчёт проектной линии выполняют последовательно, переходя от участка к участку. Сначала определяют уклон i проектной линии на данном участке будущей дороги по формуле

$$i = \frac{H_k - H_n}{d},$$

где H_k – отметка конечной точки проектируемого участка, м;
 H_n – отметка начальной точки проектируемого участка, м;
 d – длина проектируемого участка, м.

Для расчёта уклонов отметки H_k часто определяют графически с точностью 0,5 мм, что в вертикальном масштабе 1:500 составит 0,25 м. Если точка перегиба проектной линии выбрана так, что она графически совпадает с поверхностью земли, то для вычисления уклона в качестве предварительной H_k берут отметку земли.

Для первого участка начальную проектную отметку в точке ПК0 можно взять равной отметке земли или определить её графически. Для всех остальных участков начальная проектная отметка равна вычисленной проектной отметке конечной точки предыдущего участка.

Если перелом проектной линии не совпадает с имеющейся на профиле пикетной или плюсовой точкой, то сначала надо определить пикетажное обозначение точки перелома, отсчитав расстояние от предыдущего пикета с точностью до 5 м (1 мм соответствует 5 м). В графе «Уклон/Расстояние» проводят вертикальную линию и слева от неё пишут найденное расстояние от предыдущего пикета. Отметку земли H_3 в точке перелома проектной линии находят по формулам

$$H_3 = H_{\text{лев}} + \frac{H_{\text{пр}} - H_{\text{лев}}}{d} d_{\text{лев}} \quad \text{или} \quad H_3 = H_{\text{пр}} + \frac{H_{\text{лев}} - H_{\text{пр}}}{d} d_{\text{пр}},$$

где d – расстояние между левой и правой точками перелома профиля земли, между которыми находится намеченная проектировщиком точка перелома проектной линии, м;

$H_{\text{лев}}, H_{\text{пр}}$ – отметки земли в левой и правой точках перелома профиля земли, м;
 $d_{\text{лев}}, d_{\text{пр}}$ – расстояние от точки перелома проектной линии до левой и правой точек перелома профиля земли, м

На следующем этапе расчётов рекомендуется сначала вычислить отметки точек перелома проектной линии, а затем расположенных между переломами пикетов и плюсовых точек, используя округлённые значения уклонов отдельных участков проектной линии:

$$H_{n+1} = H_n + id,$$

где H_{n+1}, H_n – проектные отметки последующей и предыдущей точек;
 d – расстояние между точками.

4.2. Пример построения и расчёта проектной линии

После анализа линии земли за основу второго участка проектной линии взяли линию земли от ПК2 до ПК4, продолженную до поверхности земли в промежутке между ПК4+50 и ПК5 (рис. 2) С помощью горизонтального масштаба определили пикетажное обозначение этой точки перелома проектной линии – ПК4+80. Вычисляем отметку земли в этой точке по отметкам соседних точек: $H_{\text{лев}} = H_{\text{ПК4+50}} = 52,66$ м; $H_{\text{пр}} = H_{\text{ПК5}} = 53,40$ м; расстояние между соседними точками перелома профиля земли $d = 50$ м; расстояние до левой точки перелома профиля земли $d_{\text{лев}} = 30$ м, расстояние до правой точки перелома профиля земли $d_{\text{пр}} = 20$ м.

$$H_{\text{ПК4+80}} = 52,66 + \frac{53,40 \text{ м} - 52,66 \text{ м}}{50 \text{ м}} 30 \text{ м} = 52,66 \text{ м} + 0,44 \text{ м} = 53,10 \text{ м}.$$

$$\text{Контроль: } H_{\text{ПК4+80}} = 53,40 + \frac{52,66 \text{ м} - 53,40 \text{ м}}{50 \text{ м}} 20 \text{ м} = 53,40 \text{ м} - 0,30 \text{ м} = 53,10 \text{ м}.$$

Эту отметку выписываем в графу «Отметка земли» и заключаем в круглые скобки (смотри цветной рисунок на с. 22,23). За основу третьего

участка предварительно наметили линию от поверхности земли в точке ПК4+80 до поверхности земли в точке ПК7.

Четвёртый участок решено запроектировать горизонтальным (таких участков может быть несколько и их намечают заранее).

Как запроектировать первый участок? Если соединить точки поверхности земли на ПК0 и ПК2, то высота насыпи в точках ПК0+72 и ПК1 явно превышает допуск в 3,00 м и, кроме того, на данном участке объём насыпи значительно превышает суммарный объём выемки (рис. 5, а). Заметим, что объёмы насыпи и выемки можно оценивать по площадям геометрических фигур, отсекаемых предполагаемой проектной линией.

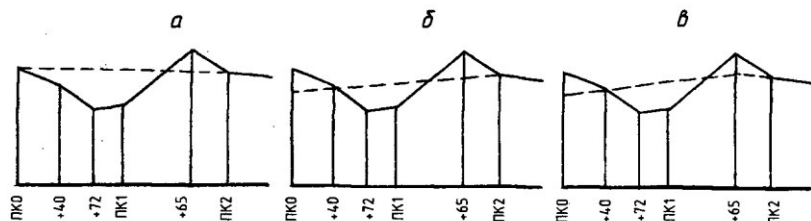


Рис. 5

Для соблюдения примерного равенства объёмов насыпей и выемок проектную линию ПК0 – ПК2 проводим так, чтобы площади геометрических фигур, отсекаемых проектной линией, были примерно равными (рис. 5, б). Этот вариант удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, но можно предложить ещё один (рис. 5, в). Здесь проектную линию второго участка продолжили влево до точки ПК1+65 и затем провели первую проектную линию от ПК0 до намеченной точки ПК1+65 с расчётом, чтобы суммарная площадь выемки на участке ПК0 – ПК2 примерно равнялась площади насыпи. На этом варианте (рис. 5, в) мы и остановили свой выбор.

Переходим к расчётной части работы.

При расчёте уклона первого участка i_1 (смотри рис. 5, а и цветной рисунок на с. 22, 23) начальная проектная отметка была определена графически ($H_n = 54,00$ м); предварительная конечная проектная отметка тоже была определена графически, она приблизительно равна 56,25 м; длина проектируемого участка составляет 165 м.

$$\text{Тогда} \quad i_1 = \frac{56,25 - 54,00}{165} = \frac{+2,25 \text{ м}}{165 \text{ м}} = +0,0136.$$

Округляем это значение и получаем $i_1 = +0,014$.

Вычисляем точную проектную отметку конечной точки первого участка:

$$H_{ПК1+65} = H_{ПК0} + 0,014 \cdot 165 = 54,00 + 2,31 = 56,31 \text{ м.}$$

Контролем правильности расчёта уклона служит то, что расхождение между точной (вычисленной) и предварительно взятой проектными отметками (в нашем примере оно составило $56,31 - 56,25 = 0,06$ м) не превышает точности вертикального масштаба, равной 0,25 м.

Затем последовательно вычисляем проектные отметки остальных пикетов и плюсовых точек первого участка:

$$H_{\text{ПК}0+40} = H_{\text{ПК}0} + 0,014 \cdot 40 = 54,00 + 0,56 = 54,56 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК}0+72} = H_{\text{ПК}0+40} + 0,014 \cdot 32 = 54,56 + 0,45 = 55,01 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК}1} = H_{\text{ПК}0+72} + 0,014 \cdot 28 = 55,01 + 0,39 = 55,40 \text{ м}.$$

Производим контроль:

$$H_{\text{ПК}1+65} = H_{\text{ПК}1} + 0,014 \cdot 65 = 55,40 + 0,91 = 56,31 \text{ м}.$$

Вычисления произведены правильно, так как полученная проектная отметка конца первого участка равна вычисленной ранее отметке.

При расчёте уклона второго участка проектной линии $H_n = 56,31$ м, предварительная отметка конечной точки равна отметке поверхности земли на ПК4+80, то есть $H_k = 53,10$ м. Длина второго участка составляет 315 м.

Вычисляем уклон второго участка:

$$i_2 = \frac{53,10\text{м} - 56,31\text{м}}{315\text{м}} = \frac{-3,21\text{м}}{315\text{м}} = -0,0102.$$

Округляем это значение и получаем $i_2 = -0,010$.

Вычисляем проектную отметку конца второго участка:

$$H_{\text{ПК}4+80} = H_{\text{ПК}1+65} + (-0,010) \cdot 315\text{м} = 56,31\text{м} - 3,15\text{м} = 53,16 \text{ м}.$$

Контроль расчёта уклона второго участка проектной линии:

$$53,16 \text{ м} - 53,10 \text{ м} = 0,06 < 0,25 \text{ м}.$$

Вычисляем проектные отметки остальных точек второго участка:

$$H_{\text{ПК}2} = H_{\text{ПК}1+65} + (-0,010) \cdot 35\text{м} = 56,31\text{м} - 0,35\text{м} = 55,96 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК}3} = H_{\text{ПК}2} + (-0,010) \cdot 100\text{м} = 55,96\text{м} - 1,00\text{м} = 54,96 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК}4} = H_{\text{ПК}3} + (-0,010) \cdot 100\text{м} = 54,96\text{м} - 1,00\text{м} = 53,96 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК}4+50} = H_{\text{ПК}4} + (-0,010) \cdot 50\text{м} = 53,96\text{м} - 0,50\text{м} = 53,46 \text{ м}.$$

Производим контроль вычислений:

$$H_{\text{ПК}4+80} = H_{\text{ПК}4+50} + (-0,010) \cdot 100 = 53,46 - 0,30 = 53,16 \text{ м}.$$

При расчёте уклона третьего участка $H_n = 53,16$ м; величину H_k предварительно берём равной отметке земли в точке ПК7 ($H_k = 59,29$ м). Длина третьего участка составляет 220 м.

Вычисляем уклон третьего участка:

$$i_3 = \frac{59,29\text{м} - 53,16\text{м}}{220\text{м}} = \frac{+6,13\text{м}}{220\text{м}} = +0,0279 = +0,028.$$

Вычисленный уклон оказался больше руководящего уклона i_p , то есть требования нарушены. В этом случае либо заново проектируют предыдущие участки, либо уклон принимают равным руководящему с последующей оценкой результатов расчётов.

Итак, предварительно принимаем $i_3 = i_p = -0,025$.

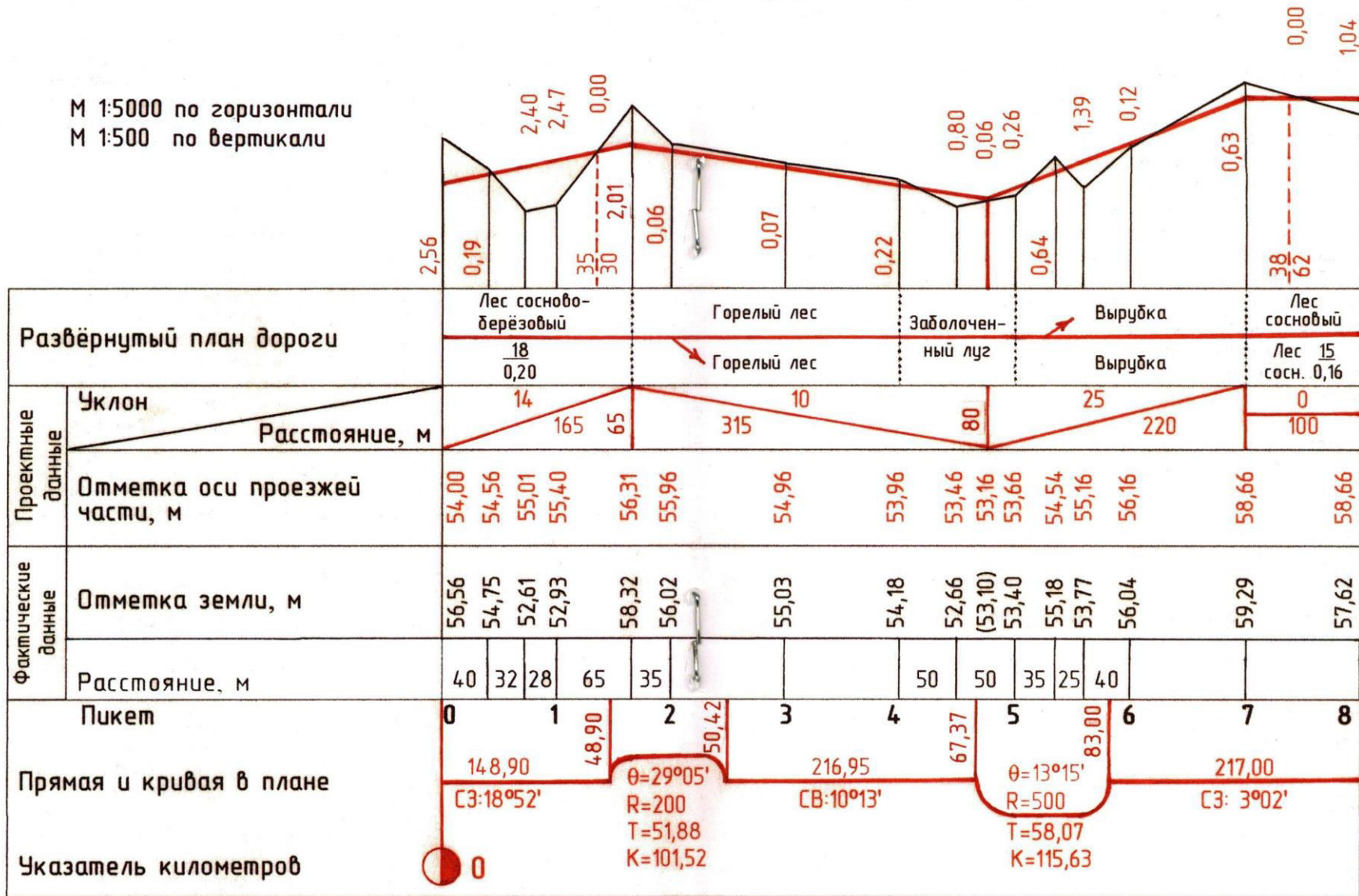
Вычисляем проектную отметку конца третьего участка:

$$H_{\text{ПК}7} = H_{\text{ПК}4+80} + (+0,025) \cdot 220\text{м} = 53,16\text{м} + 5,50\text{м} = 58,66 \text{ м}.$$

Эту отметку откладываем в масштабе на ординате, проходящей через точку ПК7, и карандашом проводим проектную линию от точки ПК4+80 до только что отложенной точки ПК7. Глазомерная оценка показывает, что приведённые выше требования выполняются, то есть объёмы насыпей и выемок на данном участке незначительны и примерно равны, а рабочие отметки допустимы (вычисление рабочих отметок рассмотрено ниже).

ПРОФИЛЬ ДОРОЖНОЙ ТРАССЫ

М 1:5000 по горизонтали
М 1:500 по вертикали



Выполнила Панова Т.П. СФ-И-6

Таким образом, окончательно принимаем $i_3 = -0,025$ и вычисляем проектные отметки пикетов и плюсовых точек второго участка:

Остальные вычисления аналогичны выше рассмотренным.

Так как четвертый участок горизонтальный ($i_4 = 0,000$), то проектные отметки всех точек четвертого участка равны проектной конечной отметке третьего участка, то есть $H_{ПК7} = H_{ПК6} = 58,66$ м.

4.3. Перенесение результатов вычислений на профиль

Результаты вычислений наносят на профиль. В графе «Уклон / Расстояние» отдельные участки будущей дороги разграничивают вертикальными линиями (ординатами), причём, если точка перелома проектной линии не совпадает с пикетом, то слева от вертикальной линии надо записать расстояние от неё до предыдущего пикета. Направление уклона условно показывают диагональю (подъём или спуск). Над диагональю записывают значение уклона в промилле (тысячные доли единицы) без знаков "+" и "-", а под ней – длину участка дороги в метрах.

Полученные проектные отметки заносят в графу «Отметка оси проезжей части». Проектную линию автомобильной дороги проводят с помощью линейки сплошной линией толщиной 0,5 мм. Такой же линией проводят ординаты от точек перелома проектной линии до линии условного горизонта.

В рассматриваемом примере (смотри цветной рисунок на с. 22,23) первый участок запроектированной нами автомобильной дороги идёт на подъём, поэтому диагональ в графе «Уклон / Расстояние» проведена снизу вверх; на втором участке – спуск, диагональ проведена сверху вниз; на третьем участке – снова подъём, диагональ направлена снизу вверх; четвертый участок горизонтальный – в графе «Уклон / Расстояние» проводим посередине горизонтальную черту, над ней пишем 0, под чертой – длину участка.

4.4. Вычисление рабочих отметок

Рабочие отметки h_p (высота насыпи или глубина выемки) вычисляют на каждом пикете и плюсовой точке как разность между проектной отметкой $H_{пр}$ и соответствующей отметкой земли H_z . Положительные рабочие отметки, показывающие высоту насыпи, записывают выше проектной линии; отрицательные отметки, показывающие глубину выемки, записывают ниже проектной линии, слева от ординаты.

Например, в точке ПК1 рабочая отметка $h_p = 55,40 - 52,93 = +2,47$ м (записана выше проектной линии); в точке ПК1+65 $h_p = 56,31 - 58,32 = -2,01$ м (записана ниже проектной линии слева от ординаты) (смотри цветной рисунок на с. 22,23), и так далее.

4.5. Нахождение точек нулевых работ

Расстояния d_n и d_p (рис. 7) до точки нулевых работ (точки пересечения проектной линии с линией земли) определяют от ближайших пикетов или плюсовых точек по формулам

$$d_n = \frac{h_n}{h_n + h_p} d \quad \text{и} \quad d_p = \frac{h_p}{h_n + h_p} d,$$

где h_n, h_p – рабочие отметки соответственно левой и правой точек, между которыми находится точка нулевых работ, м;
 d – расстояние между этими точками, м.

Округлённые до целых метров значения d_n и d_p записывают левее и правее ординаты, проведённой пунктирной линией из точки нулевых работ (смотри цветной рисунок на с. 22,23).

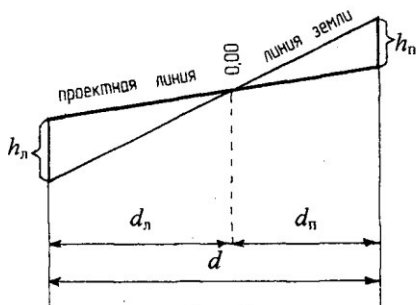


Рис. 7

В рассматриваемом примере расстояния d_n и d_p до точки нулевых работ, находящейся между ПК1 и ПК 1+65, получились следующие:

$$d_n = \frac{2,47 \text{ м}}{2,47 \text{ м} + 2,01 \text{ м}} 65 \text{ м} = 36 \text{ м};$$

$$d_p = \frac{2,01 \text{ м}}{2,47 \text{ м} + 2,01 \text{ м}} 65 \text{ м} = 29 \text{ м}.$$

Контроль: $36 \text{ м} + 29 \text{ м} = 65 \text{ м} = d$.

Необходимо рассчитать и нанести на профиль не менее двух точек нулевых работ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты журналов нивелирования

Вариант 1

Номера точек	Отсчеты по рейке, мм			Номера точек	Отсчеты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
<i>Pn</i> 1	2332	-		<i>ПК</i> 8	0541	-	
	7120	-			5327	-	
<i>ПК</i> 0	0338	1618		<i>X</i> 3	0418	2952	
	5122	6402			5203	7742	
<i>ПК</i> 1	0925	2650		<i>ПК</i> 9	0676	2374	
	5710	7431			5461	7161	
<i>ПК</i> 2	2173	2198		<i>ПК</i> 10	0205	2116	
	6959	6983			4991	6904	
+ 75	-	-	0952	<i>X</i> 4	1535	2817	
	-	-			6319	7607	
<i>ПК</i> 3	0417	1821		+ 40	-	-	2798
	5202	6609			-	-	
<i>X</i> 1	1196	2886		+ 60	-	-	2793
	5980	7673			-	-	
<i>ПК</i> 4	-	1743		<i>X</i> 5	2699	1094	
	-	6528			7486	5878	
				<i>ПК</i> 11	-	0328	
					-	5113	
2-я страница				4-я страница			
<i>ПК</i> 4	2903	-		<i>ПК</i> 11	2985	-	
	7689	-			7767	-	
+ 65	-	-	2709	<i>ПК</i> 12	-	-	1105
	-	-			-	-	
<i>ПК</i> 5	-	-	0251	+ 21	-	-	0254
	-	-			-	-	
+ 37	2606	2727		<i>ПК</i> 13	0544	1238	
	7391	7511			5329	6024	
+ 61	-	-	2939	+ 45	-	-	2420
	-	-			-	-	
<i>ПК</i> 6	-	-	1657	<i>ПК</i> 14	2071	0992	
	-	-			6855	5776	
<i>X</i> 2	2977	0291		+ 23	-	-	0256
	7759	5072			-	-	
+ 64	-	-	0203	<i>ПК</i> 15	1445	1835	
	-	-			6232	6619	
<i>ПК</i> 7	0808	1537		<i>Pn</i> 2	-	0739	
	5592	6320			-	5527	
+ 34	-	-	1952				
	-	-					
<i>ПК</i> 8	-	1138					
	-	5925					

Вариант 2

Номера точек	Отсчёты по рейке, мм			Номера точек	Отсчёты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1745	-		ПК 8	0794	-	
	6530	-			5579	-	
ПК 0	0647	0733		ПК 9	0412	2242	
	5431	5520			5197	7023	
ПК 1	2176	1917		ПК 10	0205	2723	
	6962	6699			4991	7505	
+ 75	-	-	0954	X 4	1500	2817	
	-	-			6284	7607	
ПК 2	0305	1829		+ 42	-	-	2760
	5091	6614			-	-	
X 1	1200	2773		+ 62	-	-	2755
	5984	7559			-	-	
ПК 3	2947	1748		X 5	2699	1064	
	7733	6530			7486	5848	
+ 65	-	-	2750	ПК 11	-	0328	
	-	-			-	5113	
ПК 4	-	-	0198				
	-	-					
+ 36	-	2770					
	-	7555					
2-я страница				4-я страница			
+ 36	2606			ПК 11	2890		
	7391				7672		
+ 64	-	-	2936	ПК 12	-	-	1014
	-	-			-	-	
ПК 5	-	-	1660	+ 20	-	-	0213
	-	-			-	-	
X 2	2879	0292		ПК 13	0561	1238	
	7660	5079			5346	6024	
+ 61	-	-	0204	+ 44	-	-	2431
	-	-			-	-	
ПК 6	1003	1433		ПК 14	2071	0998	
	5786	6217			6855	5783	
+ 40	-	-	2150	+ 24	-	-	0254
	-	-			-	-	
ПК 7	0204	1333		ПК 15	1512	1835	
	4988	6115			6294	6619	
X 3	0662	2918		Pn 2	-	1013	
	5445	7698			-	5798	
ПК 8	-	2320					
	-	7103					

Вариант 3

Номера точек	Отсчеты по рейке, мм			Номера точек	Отсчеты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	2332	-		ПК 7	0685	-	
	7120	-			5471	-	
ПК 0	1878	0984		ПК 8	0354	2115	
	6664	5771			5139	6898	
+ 77	-	-	0656	ПК 9	0700	2679	
	-	-			5486	7460	
ПК 1	0193	1531		ПК 10	0100	1974	
	4978	6314			4886	6760	
X 1	1241	2924		X 4	1000	2710	
	6026	7710			5785	7500	
ПК 2	2950	1526		+ 39	-	-	2230
	7736	6315			-	-	
+ 64	-	-	2744	+ 60	-	-	2225
	-	-			-	-	
ПК 3	-	-	0195	X 5	2741	0560	
	-	-			7528	5345	
+ 38	-	2777		ПК 11	-	0348	
	-	7561			-	5133	
2-я страница				4-я страница			
+ 38	2645	-		ПК 11	2971	-	
	7429	-			7760	-	
+ 63	-	-	2950	ПК 12	-	-	1095
	-	-			-	-	
ПК 4	-	-	1669	+ 22	-	-	0239
	-	-			-	-	
X 2	2874	0302		ПК 13	0616	1224	
	7661	5087			5400	6011	
+ 65	-	-	0215	+ 45	-	-	2490
	-	-			-	-	
ПК 5	0710	1455		ПК 14	2541	1063	
	5495	6240			7325	5847	
+ 35	-	-	1860	+ 23	-	-	0627
	-	-			-	-	
ПК 6	0477	1033		ПК 15	1380	2300	
	5261	5814			6164	7087	
X 3	0421	2496		Pn 2	-	1347	
	5206	7284			-	6130	
ПК 7	-	2769					
	-	7555					

Вариант 4

Номера точек	Отсчёты по рейке, мм			Номера точек	Отсчёты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1363	-		ПК 8	0787	-	
	6144	-			5571	-	
ПК 0	0187	0818		ПК 9	1926	2055	
	4972	5603			6707	6836	
X 1	1044	2730		+ 76	-	-	0701
	5829	7513			-	-	
ПК 1	2924	1525		ПК 10	0231	1571	
	7708	6310			5017	6354	
+ 66	-	-	2724	X 4	1331	2840	
	-	-			6115	7630	
ПК 2	-	-	0264	+ 40	-	-	2585
	-	-			-	-	
+ 39	2629	2747		+60	-	-	2581
	7416	7532			-	-	
+ 64	-	-	2980	X 5	2900	0890	
	--	-			7685	5674	
ПК 3	-	-	1699	ПК 11	-	0530	
	-	-			-	5315	
X 2	-	0260					
	-	5044					
2-я страница				4-я страница			
X 2	2936	-		ПК 11	2952	-	
	7719	-			7739	-	
+ 65	-	-	0203	ПК 12	-	-	1098
	-	-			-	-	
ПК 4	0791	1543		+ 23	-	-	0251
	5575	6328			-	-	
+ 38	-	-	1941	ПК 13	0712	1212	
	-	-			5497	6000	
ПК 5	0379	1116		+ 47	-	-	2600
	5162	5904			-	-	
X 3	0598	2804		ПК 14	2470	1162	
	5383	7586			7254	5945	
ПК 6	0801	2547		+ 23	-	-	0561
	5587	7336			-	-	
ПК 7	0377	2240		ПК 15	1577	2233	
	5162	7028			6365	7017	
ПК 8	-	2676		Pn 2	-	0715	
	-	7463			-	5500	

Вариант 5

Номера точек	Отсчёты по рейке, мм			Номера точек	Отсчёты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Рп 1	1247	-		ПК 8	2230	-	
	6032	-			7014	-	
ПК 0	2908	1390		+ 70	-	-	1010
	7693	6173			-	-	
+ 69	-	-	2707	ПК 9	0317	1882	
	-	-			5103	6667	
ПК 1	-	-	0247	X 3	0909	2831	
	-	-			5692	7614	
+ 38	2579	2734		ПК 10	0200	1420	
	7364	7522			4986	6203	
+ 62	-	-	1649	X 4	1700	2817	
	-	-			6484	7607	
ПК 2	-	-	1640	+ 38	-	-	2970
	-	-			-	-	
X 1	2941	0205		+ 60	-	-	2966
	7730	4990			-	-	
+ 68	-	-	0217	X 5	2909	1154	
	-	-			7696	5938	
ПК 3	-	1557		ПК 11	-	0528	
	-	6342			-	5313	
2-я страница				4-я страница			
ПК 3	0942	-		ПК 11	2895	-	
	5727	-			7677	-	
+ 35	-	-	2090	ПК 12	-	-	1040
	-	-			-	-	
ПК 4	0317	1274		+ 19	-	-	0221
	5103	6058			-	-	
X 2	0579	2846		ПК 13	0904	1145	
	5363	7630			5689	5931	
ПК 5	0780	2420		+ 44	-	-	2784
	5565	7207			-	-	
ПК 6	0412	2217		ПК 14	2900	1343	
	5198	7004			7685	6125	
ПК 7	0841	2724		+ 25	-	-	1005
	5625	7510			-	-	
ПК 8	-	2115		ПК 15	1935	2731	
	-	6895			6721	7514	
				Рп 2	-	0421	
					-	5206	

Вариант 6

Номера точек	Отсчеты по рейке, мм			Номера точек	Отсчеты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1883	-		X 3	0882	-	
	6671	-			5668	-	
ПК 0	0338	1169		ПК 9	2962	1594	
	5123	5953			7745	6383	
+ 35	2567	2931		+ 66	-	-	2662
	7351	7716			-	-	
+ 60	-	-	2917	ПК 10	0191	0200	
	-	-			4977	4985	
ПК 1	-	-	1637	X 4	1037	2812	
	-	-			5821	7602	
X 1	2895	0184		+ 39	-	-	2290
	7679	4970			-	-	
+ 63	-	-	0194	+ 60	-	-	2287
	-	-			-	-	
ПК 2	0817	1514		X 5	2685	0592	
	5602	6298			7471	5376	
+ 35	-	-	1967	ПК 11	-	0327	
	-	-			-	5112	
ПК 3	-	1145					
	-	5930					
2-я страница				4-я страница			
ПК 3	0498	-		ПК 11	2971	-	
	5281	-			7753	-	
X 2	0508	2643		ПК 12	-	-	1100
	5295	7422			-	-	
ПК 4	0763	2735		+ 21	-	-	0251
	5547	7523			-	-	
ПК 5	0441	2203		ПК 13	0599	1241	
	5225	6991			5384	6026	
ПК 6	0787	2753		+ 47	-	-	2485
	5573	7533			-	-	
ПК 7	2197	2055		ПК 14	2571	1040	
	6981	6837			7357	5823	
+ 78	-	-	0977	+ 24	-	-	0640
	-	-			-	-	
ПК 8	0513	1846		ПК 15	1273	2335	
	5299	6630			6061	7119	
X 3	-	2826		Pn 2	-	0541	
	-	7611			-	5326	

Вариант 7

Номера точек	Отсчёты по рейке, мм			Номера точек	Отсчёты по рейке, мм		
	задний	передний	промежу- точный		задний	передний	промежу- точный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1065	-		+ 34	1761	-	
	5847	-			6547	-	
ПК 0	2157	1917		+ 62	-	-	2115
	6941	6703			-	-	
X 1	2590	0361		ПК 10	0220	0829	
	7371	5145			5006	5617	
+ 65	-	-	0215	X 4	1534	2832	
	-	-			6318	7622	
ПК 1	0723	1555		+ 40	-	-	2793
	5508	6338			-	-	
+ 35	-	-	1873	+ 60	-	-	2787
	-	-			-	-	
ПК 2	0264	1051		X 5	2685	1093	
	5048	5836			7473	5877	
X 2	0644	2878		ПК 11	-	0314	
	5429	7666			-	5099	
ПК 3	1023	2404					
	5808	7188					
ПК 4	-	2466					
	-	7249					
2-я страница				4-я страница			
ПК 4	0410	-		ПК 11	2972	-	
	5196	-			7754	-	
ПК 5	0943	2710		ПК 12	-	-	1098
	5727	7495			-	-	
ПК 6	1741	2227		+ 20	-	-	0250
	6528	7015			-	-	
+ 75	-	-	0518	ПК 13	0558	1225	
	-	-			5342	6011	
ПК 7	0404	1388		+ 43	-	-	2433
	5188	6172			-	-	
X 3	1144	2888		ПК 14	2077	1005	
	5930	7672			6861	5788	
ПК 8	2831	1680		+ 22	-	-	0221
	7615	6465			-	-	
+ 66	-	-	2631	ПК 15	2940	1841	
	-	-			7727	6625	
ПК 9	-	-	0214	Pn 2	-	0660	
	-	-			-	5445	
+ 34	-	2661					
	-	7448					

Вариант 8

Номера точек	Отсчёты по рейке, мм			Номера точек	Отсчёты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1684	-		+ 37	2608	-	
	6469	-			7394	-	
ПК 0	0918	1135		+ 64	-	-	2943
	5702	5922			-	-	
+ 38	-	-	2069	ПК 9	-	-	1660
	-	-			-	-	
ПК 1	0184	1246		X 3	2984	0308	
	4969	6030			7770	5096	
X 1	0695	2887		+ 65	-	-	1520
	5480	7670			-	-	
ПК 2	0855	2372		ПК 10	0195	1522	
	5641	7153			4981	6308	
ПК 3	0470	2296		X 4	1543	2793	
	5255	7078			6331	7579	
ПК 4	0908	2788		+ 38	-	-	2809
	5693	7576			-	-	
ПК 5	-	2175		+ 61	-	-	2804
	-	6960			-	-	
				X 5	2682	1090	
					7463	5874	
				ПК 11	-	0316	
					-	5100	
2-я страница				4-я страница			
ПК 5	1654	-		ПК 11	2776	-	
	6437	-			7561	-	
+ 80	-	-	0433	ПК 12	-	-	0909
	-	-			-	-	
ПК 6	0407	1307		+ 24	-	-	0212
	5193	6089			-	-	
X 2	1178	2827		ПК 13	0697	1045	
	5961	7611			5482	5831	
ПК 7	2850	1781		+ 46	-	-	2543
	7634	6561			-	-	
+ 65	-	-	2650	ПК 14	2265	1121	
	-	-			7051	5910	
ПК 8	-	-	0202	+ 23	-	-	0341
	-	-			-	-	
+ 37	-	2675		ПК 15	2467	1991	
	-	7461			7259	6777	
				Pn 2	-	1651	
					-	6442	

Вариант 9

Номера точек	Отсчеты по рейке, мм			Номера точек	Отсчеты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	1844	-		ПК 9	1041	-	
	6630	-			5826	-	
ПК 0	0388	0988		+ 35	-	-	2184
	5171	5776			-	-	
X 1	0607	2968		ПК 10	0055	1369	
	5392	7749			4841	6154	
ПК 1	0916	2401		X 4	1430	2701	
	5699	7182			6216	7490	
ПК 2	0580	2378		+ 38	-	-	2665
	5366	7160			-	-	
ПК 3	0966	2868		+ 59	-	-	2661
	5751	7656			-	-	
ПК 4	1791	2231		X 5	2777	0964	
	6576	7016			7564	5748	
+ 75	-	-	0566	ПК 11	-	0400	
	-	-			-	5186	
ПК 5	-	1445					
	-	6229					
2-я страница				4-я страница			
ПК 5	0518	-		ПК 11	2998	-	
	5303	-			7780	-	
X 2	1040	2806		ПК 12	-	-	1132
	5824	7591			-	-	
ПК 6	2931	1774		+ 25	-	-	0287
	7715	6557			-	-	
+ 69	-	-	2732	ПК 13	0940	1250	
	-	-			5725	6036	
ПК 7	-	-	0197	+ 47	-	-	2813
	-	-			-	-	
+ 38	2623	2758		ПК 14	2370	1390	
	7407	7538			7154	6173	
+ 62	-	-	2948	+ 23	-	-	0365
	-	-			-	-	
ПК 8	-	-	1673	ПК 15	1569	2141	
	-	-			6353	6925	
X 3	2984	0328		Pn 2	-	1004	
	7768	5109			-	5789	
+ 65	-	-	0204				
	-	-					
ПК 9	-	1512					
	-	6300					

Вариант 0

Номера точек	Отсчеты по рейке, мм			Номера точек	Отсчеты по рейке, мм		
	задний	передний	промежуточный		задний	передний	промежуточный
2	3	4	5	2	3	4	5
1-я страница				3-я страница			
Pn 1	2131	-		ПК 8	0713	-	
	6919	-			5499	-	
ПК 0	0675	1415		+ 35	-	-	1862
	5461	6201			-	-	
ПК 1	0388	2116		ПК 9	0541	1043	
	5172	6904			5327	5829	
ПК 2	0817	2699		X 3	0418	2950	
	5602	7480			5203	7740	
ПК 3	2074	2091		ПК 10	0305	2377	
	6859	6874			5091	7163	
+ 75	-	-	0855	X 4	1535	2917	
	-	-			6319	7707	
ПК 4	0333	1724		+ 40	-	-	2798
	5118	6508			-	-	
X 1	1204	2862		+ 60	-	-	2794
	5990	7649			-	-	
ПК 5	-	1693		X 5	2715	1094	
	-	6479			7498	5878	
				ПК 11	-	0345	
					-	5129	
2-я страница				4-я страница			
ПК 5	2897	-		ПК 11	2885	-	
	7684	-			7667	-	
+ 65	-	-	2691	ПК 12	-	-	0995
	-	-			-	-	
ПК 6	-	-	0192	+ 23	-	-	0207
	-	-			-	-	
+ 37	2560	2728		ПК 13	0544	1138	
	7344	7511			5329	5924	
+ 62	-	-	2889	+ 46	-	-	2417
	-	-			-	-	
ПК 7	-	-	1612	ПК 14	2271	0992	
	-	-			7055	5775	
X 2	2976	0242		+ 24	-	-	0354
	7762	5022			-	-	
+ 63	-	-	0199	ПК 15	2012	2035	
	-	-			6799	6819	
ПК 8	-	1537		Pn 2	-	1304	
	-	6320			-	6088	

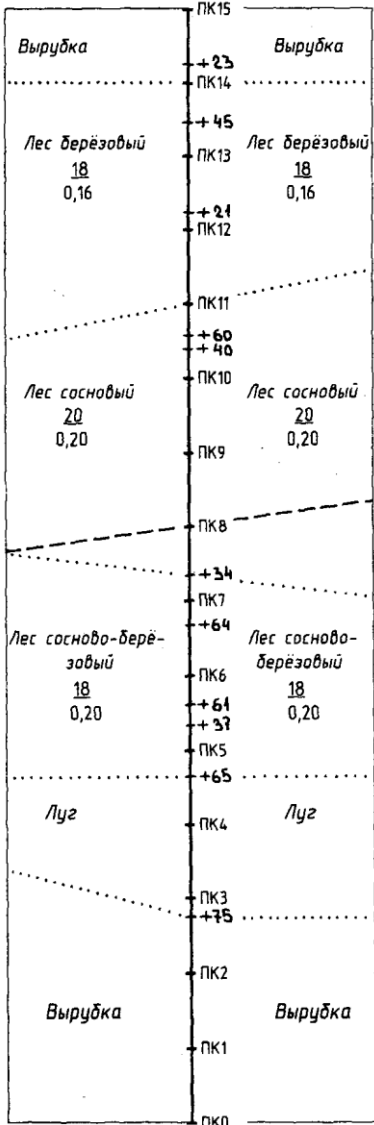
Приложение 2
Отметки начального и конечного реперов, м

Вариант	Первая буква фамилии студента							
	А, Б, В	Г, Д, Е	Ж, З, И	К	Л, М, Н	О, П, Р	С, Т, У	Ф, Х, ..., Я
1	<u>64,796</u> 59,546	<u>26,889</u> 21,527	<u>84,977</u> 79,718	<u>32,549</u> 27,188	<u>49,217</u> 43,939	<u>40,524</u> 35,175	<u>66,177</u> 61,928	<u>54,547</u> 49,215
2	<u>57,945</u> 52,585	<u>73,650</u> 68,378	<u>44,193</u> 38,924	<u>79,736</u> 74,465	<u>39,040</u> 33,702	<u>25,253</u> 20,007	<u>50,374</u> 45,045	<u>68,714</u> 63,363
3	<u>35,175</u> 29,920	<u>43,161</u> 37,804	<u>64,926</u> 59,584	<u>25,446</u> 20,090	<u>53,761</u> 48,488	<u>58,300</u> 53,053	<u>73,177</u> 67,900	<u>76,345</u> 71,015
4	<u>26,478</u> 21,123	<u>82,816</u> 77,548	<u>33,556</u> 28,222	<u>49,467</u> 44,206	<u>40,742</u> 35,401	<u>54,410</u> 49,049	<u>62,305</u> 57,057	<u>70,345</u> 65,065
5	<u>46,537</u> 41,277	<u>52,561</u> 47,209	<u>59,915</u> 54,641	<u>36,415</u> 31,074	<u>64,569</u> 59,301	<u>27,553</u> 22,222	<u>42,397</u> 37,037	<u>73,268</u> 68,017
6	<u>52,078</u> 46,745	<u>25,528</u> 20,266	<u>78,404</u> 73,050	<u>49,785</u> 44,529	<u>37,982</u> 32,634	<u>31,307</u> 26,026	<u>59,212</u> 53,850	<u>67,439</u> 62,162
7	<u>83,152</u> 77,877	<u>71,968</u> 66,631	<u>39,403</u> 34,124	<u>48,930</u> 43,580	<u>29,470</u> 24,217	<u>44,829</u> 39,470	<u>55,164</u> 49,917	<u>62,343</u> 57,003
8	<u>29,499</u> 24,159	<u>36,129</u> 30,872	<u>45,926</u> 40,567	<u>60,749</u> 55,478	<u>69,577</u> 64,224	<u>52,856</u> 47,577	<u>40,284</u> 35,035	<u>76,436</u> 71,100
9	<u>83,383</u> 78,113	<u>41,325</u> 35,983	<u>54,034</u> 48,775	<u>45,593</u> 40,254	<u>36,104</u> 30,848	<u>61,956</u> 56,600	<u>69,338</u> 64,064	<u>29,353</u> 24,024
0	<u>71,810</u> 66,475	<u>48,952</u> 43,700	<u>40,007</u> 34,668	<u>28,305</u> 23,029	<u>59,616</u> 54,258	<u>34,435</u> 29,177	<u>54,399</u> 49,049	<u>78,342</u> 73,073

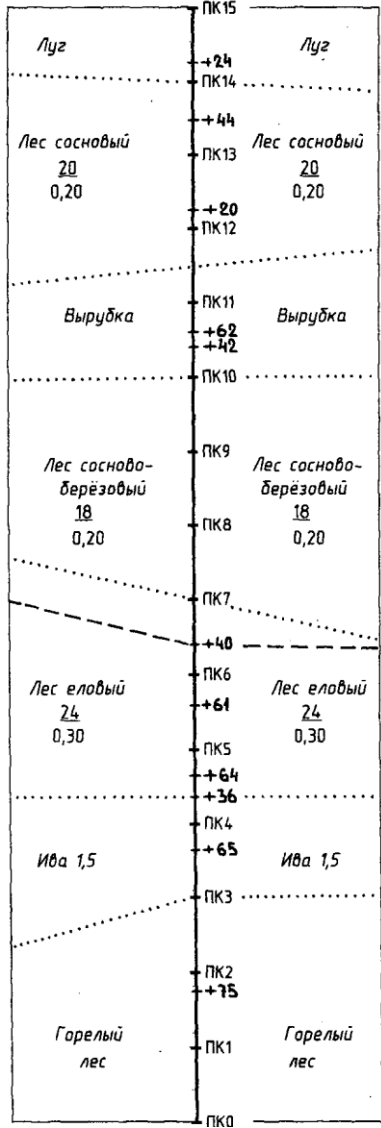
Примечание. В числителе приведена отметка Pn1, в знаменателе – Pn2.

ПИКЕТАЖНАЯ КНИЖКА

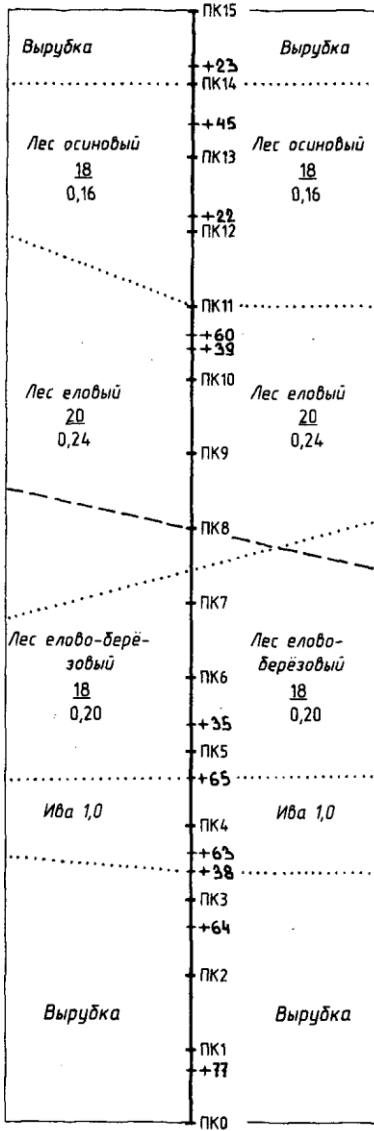
Вариант 1



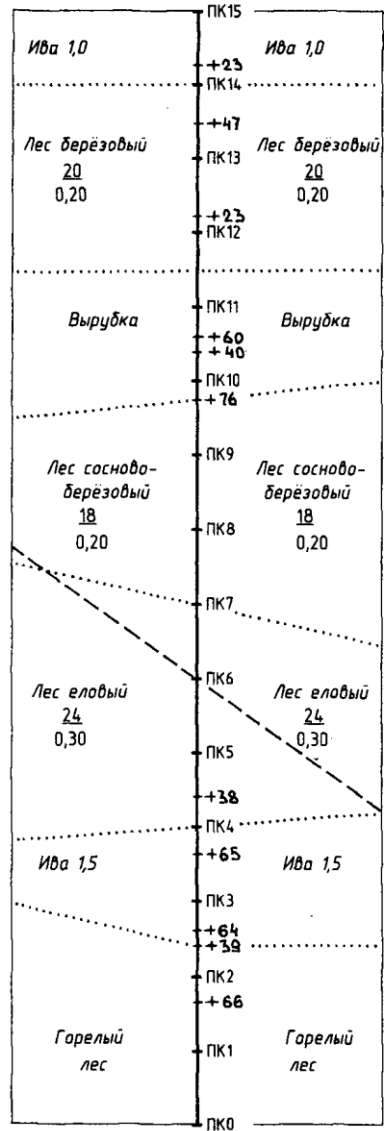
Вариант 2



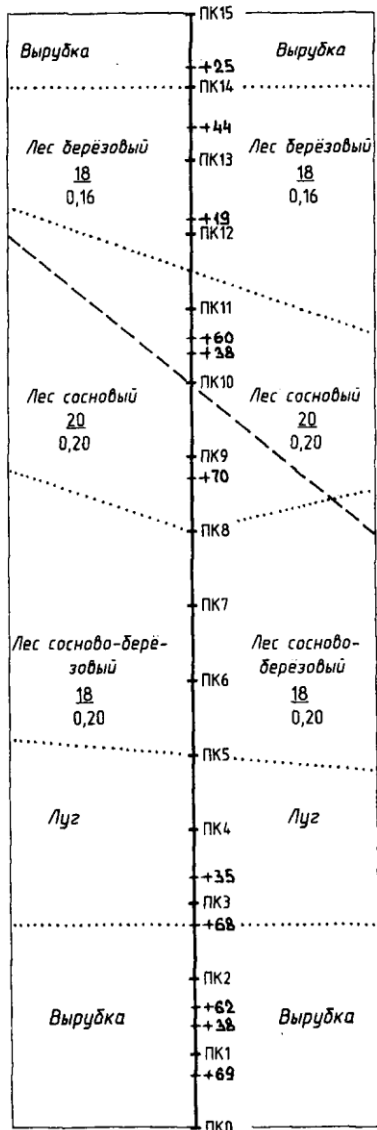
Вариант 3



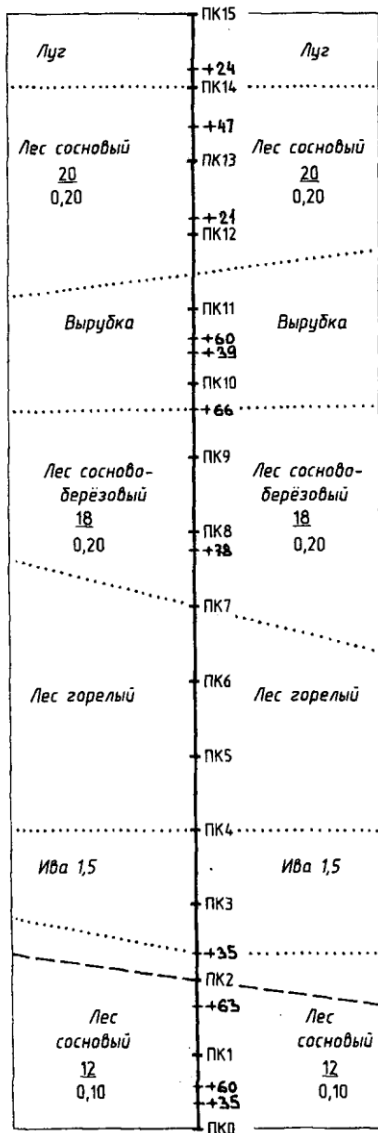
Вариант 4



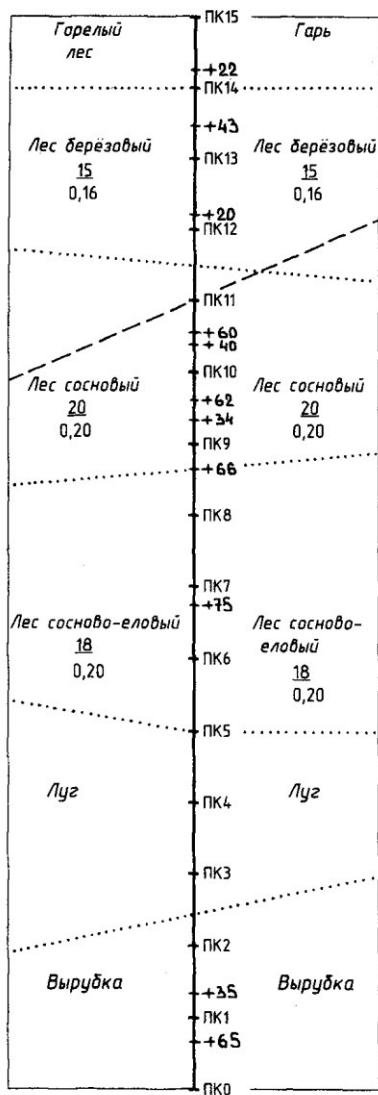
Вариант 5



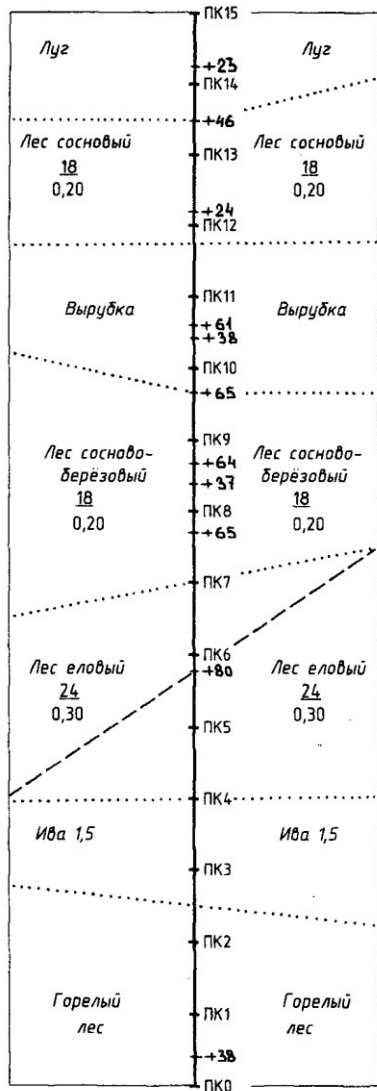
Вариант 6.



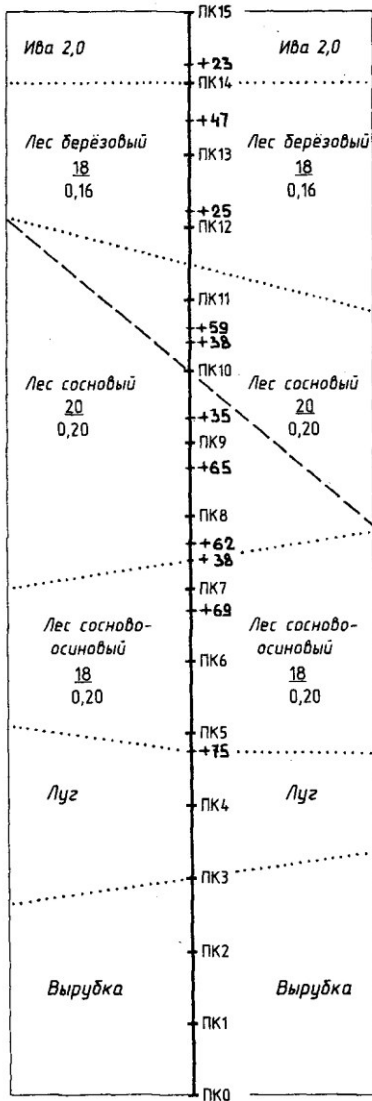
Вариант 7



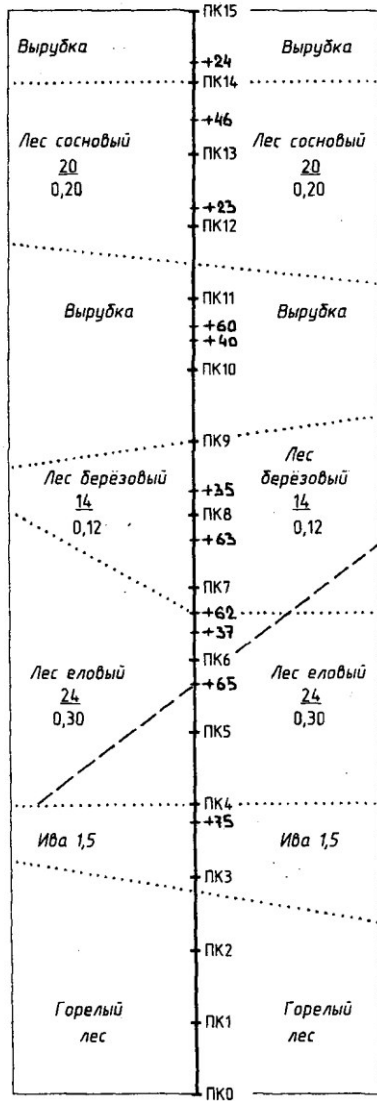
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 0



Исходные данные для расчёта кривых

Вариант	1-я кривая			2-я кривая		
	ВУ	θ	R	ВУ	θ	R
Для студентов, фамилии которых начинаются с букв А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З						
1	ПК 3 + 48,78	7°16' лев	1300	ПК 11 + 28,49	33°08' пр	500
2	ПК 3 + 52,69	6°31' пр	1400	ПК 11 + 33,72	40°08' лев	400
3	ПК 3 + 54,90	8°11' лев	1100	ПК 11 + 38,58	53°05' пр	300
4	ПК 3 + 53,15	6°13' пр	1500	ПК 11 + 20,65	24°05' лев	700
5	ПК 3 + 54,86	7°43' лев	1200	ПК 11 + 20,67	28°02' пр	600
6	ПК 3 + 54,47	13°31' пр	700	ПК 11 + 16,27	12°05' лев	1400
7	ПК 3 + 59,96	17°59' лев	500	ПК 11 + 15,01	13°02' пр	1300
8	ПК 3 + 62,51	14°40' пр	600	ПК 11 + 13,44	12°08' лев	1400
9	ПК 3 + 59,74	11°32' лев	800	ПК 11 + 06,17	16°08' пр	1100
0	ПК 3 + 49,85	10°14' пр	900	ПК 11 + 23,73	12°01' лев	1400
Для студентов, фамилии которых начинаются с букв И, К, Л						
1	ПК 3 + 51,74	10°08' лев	900	ПК 11 + 21,12	14°11' пр	1200
2	ПК 3 + 52,44	11°28' пр	800	ПК 11 + 20,00	13°05' лев	1300
3	ПК 3 + 55,87	12°44' лев	700	ПК 11 + 13,77	16°02' пр	1100
4	ПК 3 + 55,93	15°05' пр	600	ПК 11 + 20,29	11°56' лев	1400
5	ПК 3 + 55,91	10°10' лев	900	ПК 11 + 16,30	13°07' пр	1300
6	ПК 3 + 57,76	8°14' пр	1100	ПК 11 + 35,34	53°02' лев	300
7	ПК 3 + 57,61	7°40' лев	1200	ПК 11 + 28,46	40°02' пр	400
8	ПК 3 + 58,62	7°05' пр	1300	ПК 11 + 18,08	27°53' лев	600
9	ПК 3 + 61,47	6°26' лев	1400	ПК 11 + 15,39	24°02' пр	700
0	ПК 3 + 49,36	6°10' пр	1500	ПК 11 + 36,09	40°05' лев	400
Для студентов, фамилии которых начинаются с букв М, Н, О, П, Р, С						
1	ПК 3 + 53,62	14°53' лев	600	ПК 11 + 10,35	13°02' пр	1400
2	ПК 3 + 55,33	17°46' пр	500	ПК 11 + 18,98	14°17' лев	1200
3	ПК 3 + 53,16	8°22' лев	1100	ПК 11 + 21,47	24°08' пр	700
4	ПК 3 + 52,71	7°49' пр	1200	ПК 11 + 21,62	28°04' лев	600
5	ПК 3 + 54,76	7°08' лев	1300	ПК 11 + 24,84	32°56' пр	500
6	ПК 3 + 55,72	10°20' пр	900	ПК 11 + 13,51	13°16' лев	1300
7	ПК 3 + 56,49	11°41' лев	800	ПК 11 + 03,29	13°04' пр	1400
8	ПК 3 + 56,11	7°55' пр	1200	ПК 11 + 22,14	20°07' лев	800
9	ПК 3 + 57,50	13°34' лев	700	ПК 11 + 13,28	14°05' пр	1200
0	ПК 3 + 54,32	14°32' пр	600	ПК 11 + 19,43	13°20' лев	1300
Для студентов, фамилии которых начинаются с букв Т, У, ..., Я						
1	ПК 3 + 50,77	6°35' лев	1400	ПК 11 + 24,70	28°07' пр	600
2	ПК 3 + 49,27	7°56' пр	1200	ПК 11 + 27,64	33°04' лев	500
3	ПК 3 + 51,23	10°29' лев	900	ПК 11 + 16,33	14°26' пр	1200
4	ПК 3 + 52,46	11°47' пр	800	ПК 11 + 06,01	13°07' лев	1400
5	ПК 3 + 59,18	14°40' лев	600	ПК 11 + 23,56	10°07' пр	1600
6	ПК 3 + 55,37	8°29' пр	1100	ПК 11 + 24,92	20°02' лев	800
7	ПК 3 + 55,27	10°32' лев	900	ПК 11 + 12,29	10°08' пр	1700
8	ПК 3 + 55,87	11°56' пр	800	ПК 11 + 16,71	11°04' лев	1500
9	ПК 3 + 57,11	13°38' лев	700	ПК 11 + 08,90	9°08' пр	1900
0	ПК 3 + 45,98	7°25' пр	1300	ПК 11 + 25,48	24°01' лев	700

Азимуты начальных направлений А₁

Вариант	Первая буква фамилии студента					
	А, Б	В, Г	Д, Е, Ж	З, И	К	Л, М, Н
1	94°17'	5°45'	183°02'	274°44'	275°05'	4°44'
2	175°18'	266°07'	357°30'	85°40'	356°05'	174°54'
3	7°14'	96°07'	188°03'	277°03'	94°45'	6°56'
4	355°55'	176°06'	87°17'	265°40'	177°14'	357°19'
5	186°15'	5°45'	94°17'	275°18'	95°15'	3°43'
6	85°14'	354°19'	175°05'	264°58'	353°19'	173°19'
7	273°37'	185°27'	5°55'	94°44'	185°02'	4°12'
8	173°40'	84°19'	174°54'	357°07'	85°05'	356°55'
9	95°59'	184°04'	272°02'	3°03'	181°15'	274°43'
0	88°28'	175°45'	355°50'	267°07'	85°25'	265°41'

Вариант	Первая буква фамилии студента					
	О, П	Р, С	Т, У	Ф, Х, Ц	Ч, Ш, Щ	Э, Ю, Я
1	93°12'	4°40'	184°06'	275°47'	276°09'	3°42'
2	176°10'	267°09'	356°39'	86°47'	355°03'	175°58'
3	5°19'	97°08'	187°08'	276°05'	93°40'	5°59'
4	356°50'	177°03'	86°14'	266°44'	176°15'	354°13'
5	184°12'	4°49'	93°19'	274°19'	94°19'	4°44'
6	87°19'	356°15'	176°07'	265°55'	354°17'	174°12'
7	274°35'	186°22'	4°54'	95°40'	184°09'	5°11'
8	174°47'	85°13'	175°57'	356°01'	86°09'	355°52'
9	94°54'	185°09'	273°09'	4°08'	183°10'	275°48'
0	87°23'	176°47'	356°55'	266°05'	86°29'	266°45'

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная учебная литература

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Авакян. - 2-е изд. - М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с. – Режим до-ступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444425>
2. Капустин, Владимир Корнелиевич. Съёмки с Disto: учебное пособие: [для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 120303.65 «Городской кадастр» и предназначено для освоения дисциплины «Геодезия»] / В. К. Капустин, А. П. Дубяга; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск: ЮЗГУ, 2015. - 131 с.: табл.; 20 см. - Библиогр.: с. 122-123. - 100 экз. - ISBN 978-5-7681-1007-9 : 180.00 р. - Текст : непосредственный.
3. Капустин, Владимир Корнелиевич. Съёмки с Disto [Электронный ре-сурс]: учебное пособие : [для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 120303.65 «Городской кадастр» и предназначено для освоения дисциплины «Геодезия»] / В. К. Капустин, А. П. Дубяга ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. - 131 с.
4. Попов, Владислав Николаевич. Геодезия: учебник / В. Н. Попов, С. И. Чекалин. - Москва: Горная книга, 2012. - 722 с.- Текст: непосредственный.
5. Попов, В.Н. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник / В.Н. Попов, С.И. Чекалин. - М.: Горная книга, 2012. - 723 с. - Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229002>

Дополнительная учебная литература

6. Куштин, Иван Федорович. Геодезия: учебно-практическое пособие / И. Ф. Куштин. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 909 с. - Текст: непосредственный.
7. Геодезия: учебник / Государственный университет по землеустройству; Государственный университет по землеустройству. - Москва: Академиче-ский проект, 2011. - 409 с.- Текст: непосредственный.