



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
(РИИ АлтГТУ)

Н.В. Гейко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Методические указания для выполнения лабораторной работы
по дисциплине «Инженерная геодезия»
для студентов направления 08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения

Рубцовск 2022

УДК 528

Гейко Н.В. Проектирование продольного профиля трассы автодороги: Методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Инженерная геодезия» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения, Рубцовск, 2022, - 19 с.

В указаниях рассматривается методика выполнения работ при проектировании профиля автодороги. Даны последовательность обработки журнала нивелирования, расчеты пикетажного положения главных точек кривой, построение продольного профиля трассы автодороги, проектирование продольной оси трассы. Приводятся расчетные формулы, рисунки, поясняющие ход выполнения работ. Даны вопросы для контроля, представлены приложения с исходными данными по вариантам, приводится пример оформления работы.

Рассмотрены на заседании
кафедры «Строительство и
механика» Рубцовского
индустриального института
Протокол № 9 от 29.04.2022 г.

Рецензент:
канд.техн.наук, доцент

О.А. Михайленко

©Рубцовский индустриальный институт, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ.....	6
2. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ.....	8
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ОСИ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ....	9
4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	11
5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	12
6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	14

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является закрепление знаний студентов в процессе обработки результатов измерений на примере нивелирования трассы автодороги, овладение практическими приемами проектирования продольного профиля трассы автодороги.

Предмет и содержание работы.

Геодезические работы при изысканиях сооружений линейного типа проводятся для определения на местности планового и высотного положения трассы. Трассой называют продольную ось сооружения. Основными элементами трассы являются план и продольный профиль. В данной работе рассматриваются все этапы изысканий.

Комплекс работ по выбору трассы называют трассированием. На топографических картах выполняют камеральное трассирование. А затем на местности закрепляют главные точки трассы. Для этой цели прокладывают теодолитный ход. Производят разбивку пикетажа, измеряют углы поворота и выполняют топографическую съемку ситуации. По сторонам хода производят разбивку пикетажа. Она состоит в том, что вдоль трассы откладывают отрезки длиной 100 метров, концы их закрепленные кольшками, называют пикетами. Пикет – это точка трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала. На кольшках подписывают номера: начальный пункт нулевой пикет обозначают ПК0, далее ПК1, ПК2 и т.д. Таким образом, номер пикета – это расстояние в сотнях метров от начала трассы. На перегибах рельефа, пересечении с дорогами отмечают промежуточные и плюсовые точки, вершины углов поворота трассы. На сторожках подписывают номер предыдущего пикета и расстояние от него в метрах (например, ПК4+40). Разбивают поперечные профили в обе стороны трассы.

В точках поворота трассы измеряют правые углы полным приемом. Разбивки круговых кривых определенного радиуса выполняют с помощью теодолита и рулетки, главные точки закрепляют кольшками.

Одновременно с разбивкой пикетажа производят съемку контуров местности, прилегающей к трассе в полосе 20-40 м по обе стороны. Данные съемки контуров записывают в пикетажный журнал (приложение 4). Ось сооружения условно изображается в виде прямой линии, углы поворота обозначаются стрелками. В пикетажный журнал выписывают номера реперов, пикетажное значение элементов кривых. Ситуация наносится условными знаками.

Для построения продольного профиля по трассе прокладывают нивелирный ход, опирающийся на реперы государственной сети (рис.1, приложения 2). Превышение между пикетами определяется способом из середины по программе технического нивелирования. Максимальное допустимое расстояние от нивелира до рейки 150 м, неравенство плеч не более 5 м. На каждой станции выполняют контрольные вычисления.

Плюсовые точки включаются в ход и нивелируются как промежуточные. При отсутствии телескопической рейки на крутых скатах намечаются дополнительные связующие точки, которые называются иксовыми, расстояние до них не измеряется.

По данным нивелирного и пикетажного журналам строят продольный и поперечный профили сооружения. Проектирование оси трассы производят на продольном профиле местности по выбранному направлению.

Работа состоит из следующих основных этапов:

- обработка журнала геометрического нивелирования трассы;
- расчет данных для разбивки круговой кривой;
- построение продольного профиля;
- проектирование продольной оси трассы.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, лист миллиметровой бумаги формата А3, чертежные инструменты.

Исходные данные.

1. Пикетажный журнал Приложение 4.
2. Журнал нивелирования трассы Приложение 2.
3. Угол поворота трассы №1 для первой кривой левый на ПК1 + 40,00; $\theta_1 = 22^\circ 00'$. $R = 200$ м (общий для всех вариантов).
4. Угол поворота трассы №2 θ_2 для второй кривой правый, на ПК4, $R_2 = 250$ м $\theta_2 =$ выбирается из приложения 1 по номеру варианта.
5. Отметки опорных реперов выбираются из приложения 1 по номеру варианта.

1. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

1. В журнал нивелирования трассы автодороги (приложение 2) выписать исходные данные: отметки реперов 1 и 2 в соответствии с номером варианта. Обработка хода выполняется в следующей последовательности.

На каждой станции вычислить превышения по черной и по красной сторонам рейки:

$$h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}$$

$$h_{к} = a_{к} - b_{к};$$

где $a_{ч}$ и $b_{ч}$ – отсчеты, соответственно, по задней и передней рейкам по черным сторонам;

$a_{к}$ и $b_{к}$ – отсчеты, соответственно, по задней и передней рейкам по красным сторонам.

Если расхождения в значениях превышений, полученных по черным и красным сторонам реек на станции, не более 5 мм, то вычисляют среднее превышение:

$$h_{ср} = 0,5 (h_{ч} + h_{к}).$$

Пример: на станции №1 $h_{ч} = 2918 - 805 = 2113$; $h_{к} = 7608 - 5491 = 2117$.

Расхождение 4 мм допустимое, следовательно, $h_{ср} = 2115$.

2. Выполнить контроль вычислений по ходу.

Для этого в графах 3 и 4 складывают все записанные отсчеты по рейкам, а в графах 6 и 7 – все записные в них числа, записывают в нижней строке. Контролируют соблюдение равенства:

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h_{выч}}{2} = \sum h_{ср},$$

где $\sum a$, $\sum b$ – суммы, соответственно, задних и передних отсчетов;

$\sum h_{выч}$, $\sum h_{ср}$ – алгебраические суммы превышений по черным и красным сторонам реек, и средних превышений.

3. Невязка по ходу вычисляется как:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_2 - H_1),$$

где H_2 и H_1 – отметки реперов.

4. Допустимая невязка хода:

$$f_{h\text{дон}} = \pm 50 \cdot \sqrt{L} \cdot (\text{мм}),$$

где L – длина хода в километрах.

5. Если невязка по ходу меньше допустимой, вычислить поправку в превышения:

$$v_h = \frac{-f_h}{n};$$

где n – количество станций в нивелирном ходе.

Поправки записать красным цветом над средним превышением.

6. Вычислить исправленные превышения в столбце 8:

$$h_{испр} = h_{ср} + v_h.$$

7. Контроль правильности вычислений:

$$\Sigma h_{испр} = (H_2 - H_1).$$

8. Отметки пикетов вычислить по формуле:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр.}$$

где H_i и H_{i+1} – отметки предыдущего и последующего пикетов.

Контролем правильности обработки хода является – получение отметки исходного репера №2.

9. Для станций, где есть промежуточные точки, вычислить горизонт прибора в столбце 9 по формуле

$$ГП = H_3 + a_3,$$

где H_3 , a_3 - соответственно отметка и отсчет на заднюю точку.

10. Отметки промежуточных точек вычислить по формуле

$$H_i = ГП - c_i.$$

2. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ

После обработки журнала нивелирования трассы выполняют проектирование продольного профиля автодороги. Проектирование заключается в построении на бумаге профиля трассы, нанесении проектной линии и вычисление рабочих отметок пикетов и плюсовых точек. Работа выполняется в следующем порядке.

Продольный профиль строят на миллиметровой бумаге формата А3 по отметкам пикетов и плюсовых точек в соответствии с образцом (приложение 5). Отметки выбирают из нивелирного журнала (приложение 2, столбец 10).

Масштаб для горизонтальных расстояний принимается равным 1:2000, а для вертикальных – 1:200. Линию условного горизонта располагают на расстоянии 11 см от нижнего края бумаги так, чтобы она совпала с утолщенной линией миллиметровки. Отметку условного горизонта, кратную 10 метрам, выбирают с таким расчетом, чтобы ординаты пикетов на профиле получались на менее 4 см, то есть профиль должен находиться над условным горизонтом. Построение ведется в следующем порядке.

1. Намечают простым карандашом на листе миллиметровой бумаги в соответствии с приведенными в образце размерами горизонтальные графы профиля и подписывают их названия.

2. По данным пикетажного и нивелирного журналов заполняют графы «пикеты» и «расстояния».

3. В графу «черные отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки пикетов и плюсовых точек.

4. По отметкам пикетов и плюсовых точек в соответствии с вертикальным масштабом строят профиль («черный профиль»).

5. По данным пикетажного журнала строят план трассы.

6. Вычисляют пикетажное положение главных точек кривой №2 в ведомости расчета кривых (приложение 3). По рассчитанным значениям кривых заполняют графу «прямые и кривые». Кривая №1 заполняется по данным, приведенным в приложении 3, а кривая №2 – по данным, рассчитанным студентом по своему варианту. При этом руководствуются следующим правилом: если угол поворота правый, выпуклость кривой обращается вверх, если левый - вниз.

7. Под серединами линий, называемыми прямыми вставками, подписывают их длины. Суммируют длины прямых вставок и кривых, расстояние должно быть равно длине трассы с точностью 1-2 см.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ОСИ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

1. Нанести проектную линию на профиль с учетом следующих условий:

а) проектная отметка нулевого пикета должна быть равна отметке поверхности земли в этой точке;

б) мостовой переход через р.Рона – это горизонтальная секция на участке ПК1+80,00 – ПК3. За проектную отметку перехода принять отметку земли на ПК1+80,00;

в) на участке *ПК3 – ПК5* проектируют трассу под условием нулевого баланса земляных работ (объем выемок должен быть близким к объему насыпей).

Для этого вокруг конца проектной линии над *ПК3* поворачивают ребро линейки так, чтобы площади выемки и насыпи были приблизительно равны. Определив графически отметку конца проектной линии над *ПК5*, находят уклон трассы, удовлетворяющий поставленному условию, и записывают в графе проектных отметок и уклонов. Далее вычисляют проектные отметки всех промежуточных точек, рабочие отметки и расстояния до точек нулевых работ;

г) уклоны проектной линии должны назначаются в тысячных долях не более 50 ‰.

Вычисляют уклон секции по формуле:

$$i = \frac{H_n - H_{n-1}}{d},$$

где H_n – отметка последующей точки;

H_{n-1} – отметка предыдущей точки;

d – длина секции.

Пример:

$H_n = H_{нко} = 101,81\text{м}$; $H_{n-1} = 94,59\text{м}$; $d = 344\text{м}$, следовательно,

$$i = \frac{101,81 - 94,59}{344} = 0,021.$$

Полученное значение уклона меньше допустимого значения.

Заносят значение уклона в графу «уклоны», подписывают под ним расстояние секции (21/344).

2. Вычислить проектные отметки промежуточных точек по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + i \cdot d.$$

Пример: $H_{ПК1+40} = H_{ПК1+80} + i \cdot 40$,

$$H_{ПК1+40} = 94,59 + 0,021 \cdot 40 = 95,43\text{м}.$$

Контролем вычисления является получение отметки *ПК0* с точностью 1-2 см.

3. На профиле вычислить рабочие отметки на всех пикетах, плюсовых точках и точках перелома проектной линии, округлив их до 0,01м. Вычислить и указать расстояния до точек нулевых работ с точностью до 0,1м.

Рабочие отметки вычислить по формуле

$$a = H_{np} - H_{ч},$$

где H_{np} – проектная отметка для данной точки;
 $H_{ч}$ – черная отметка земли на пикете.

Определяют расстояние от точки нулевых работ до ближайшего заднего пикета или плюсовой точки по формуле:

$$x = d \cdot \frac{a}{a+b}; y = d \cdot \frac{b}{a+b},$$

где a и b – рабочие отметки на задней и передней точках профиля, между которыми расположена точка нулевых работ;
 d – расстояние между этими точками.

Например, для точки нулевых работ, лежащей между пикетами 1 и 2 с рабочими отметками соответственно $a=1,31$ м и $b=0,75$ м

$$x = 100 \frac{1,31}{1,31 + 0,75} = 63,6 \text{ м};$$

$$y = 100 \frac{0,75}{1,31 + 0,75} = 36,4 \text{ м}.$$

Для контроля вычисляют $d = x + y = 63,6 \text{ м} + 36,4 \text{ м} = 100 \text{ м}$.

Подписывают эти расстояния на профиле на уровне условного горизонта.

4. На профиле вычислить рабочие отметки на всех пикетах и плюсовых точках, округлив их до 0,01 м. Вычислить и указать расстояния до точек нулевых работ с точностью до 0,1 м.

4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Обработать журнал нивелирования (приложение 2). Исходные отметки реперов выбираются в соответствии с номером варианта студента в приложении 1.

2. Рассчитать пикетажные значения начала и конца кривых в соответствии с приложением 4. Радиусы кривых общие для всех вариантов: $R_1 = 200$ м, $R_2 = 250$ м. Углы поворота: $\theta_1 = 22^\circ 00'$ лево общий для всех вариантов, $\theta_2 =$ _____ право (по номеру варианта).

В приложении 4 приведен образец расчета для первого поворота, общего для всех вариантов.

3. Построить на миллиметровой бумаге формата А3 (приложение 5) продольный профиль трассы в масштабах: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:200, по отметкам пикетов и плюсовых точек, округлив их значения до 0,01м.

4. Выполнить проектирование продольной оси трассы.

5. Оформить профиль следующим образом. Черный профиль вычертить черной пастой, проектную линию и расчетные данные по прямым и кривым – красным цветом. Точки нулевых работ – синим цветом.

6. Отчет по работе должен содержать следующие материалы, предусмотренные в задании:

- журнал технического нивелирования трассы автодороги;
- пикетажный журнал;
- ведомость расчета кривых;
- продольный профиль трассы автодороги.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое репер?
2. Каков порядок работы на станции при техническом нивелировании?
3. Как определить значение превышения на станции? Контроль вычислений.
4. Как вычислить поправку в превышение на станции? Контроль вычислений
5. Что такое горизонт инструмента? Как он вычисляется?
6. Как определить отметку связующей точки? Промежуточной точки?
7. Чему равна невязка в замкнутом ходе?
8. Как вычислить допустимую невязку хода?
9. Что такое привязка хода к реперу?
10. Объясните понятие: трасса сооружения.
11. Что такое пикетаж?
12. Какой порядок производства геодезических работ при нивелировании трассы и съемке прилегающей полосы местности?
13. Как вычисляют отметки промежуточных точек?
14. Когда возникают х-точки?
15. Какие документы ведут при нивелировании и съемке трассы сооружения?
16. Как производят разбивку кривых на трассе?
17. Назовите главные точки и элементы круговой кривой.
18. Какой порядок расчета главных точек кривой в пикетаже?
19. Что такое уклон линии, и каков его геометрический смысл?
20. Как вычислить проектные и фактические отметки?
21. Когда возникают точки нулевых работ и как вычислить расстояния от этих точек до пикетов?
22. Поясните порядок обозначения кривых на профиле.
23. Для какой цели производят постраничный контроль при обработке журнала геометрического нивелирования?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная геодезия: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Е.Б.Клюшин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман]; под ред. Д.Ш.Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.
2. Киселев М.И. Геодезия: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев. – 8-е изд., стер.- М. : Издательский центр «Академия», 2011. – 384 с.
3. Практикум по инженерной геодезии: Учебное пособие для вузов/Б.Б.Данилевич, В.Ф.Лукьянов, Б.С.Хейфец и др.; Под ред. В.Е.Новака. – 3-е изд.перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 334 с., ил.

Исходные данные для выполнения задания

№ варианта указывается преподавателем

№ вар	Отметка репера 1 Н ₁ (м)	Отметка репера 2 Н ₂ (м)	Угол поворота трассы θ_2	Дирекционный угол α_1
1.	10,520	10,540	24° 20′	60° 30′
2.	14,680	14,700	23 40′	50 50′
3.	15,450	15,470	20 10′	64 31′
4.	16,320	16,340	19 20′	72 34′
5.	20,250	20,270	19 50′	86 25′
6.	21,300	21,320	26 00′	84 30′
7.	25,250	25,270	26 30′	86 52′
8.	28,550	28,570	27 00′	80 40′
9.	30,650	30,670	27 30′	44 30′
10.	31,300	31,320	28 15′	45 35′
11.	32,250	32,270	29 30′	46 36′
12.	34,650	34,670	29 45′	47 45′
13.	56,400	56,420	34 30′	49 32′
14.	58,500	58,520	35 20′	50 40′
15.	57,600	57,620	36 30′	52 50′
16.	53,700	53,720	37 40′	54 30′
17.	66,400	66,420	34 50′	43 30′
18.	65,300	65,320	35 50′	48 54′
19.	67,200	67,220	32 30′	56 50′
20.	68,650	68,670	31 30′	57 30′

Журнал технического нивелирования трассы автодороги

№ станции	Номер точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт прибора, м ГП	Отметки точек, м Н
		Задние, <i>a</i>	Передние, <i>b</i>	Проме- жуточные, <i>c</i>	Вычислен ные h_a	Средние h_{cp}	Исправле нные $h_{исп}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Репер 1	2918 7608			2113 2117				
	ПК0		0805 5491			2115			
2	ПК0	0103 4789							
	+40			2987					
	X ₁		2905 7589						
3	X ₁	1276 4833							
	ПК1			0758					
	+40		2409 5962						
4	+40	0898 5584							
	+80		2888 7572						
5	+80	1155 5840							
	ПК 2			1818					
	+32 урез воды				4528				
	+60 дно реки				5430				
	+72 урез воды				4530				
	ПК 3		1810 6491						
6	ПК 3	2076 6762							
	+50		0334 5025						
7	+50	0708 5397							
	ПК 4			2661					
	+30		1225 5911						
8	+30	2704 7386							
	ПК 5		0204 4890						
9	ПК 5	1441 6131							
	Репер 2		0666 5352						
Σ ход									

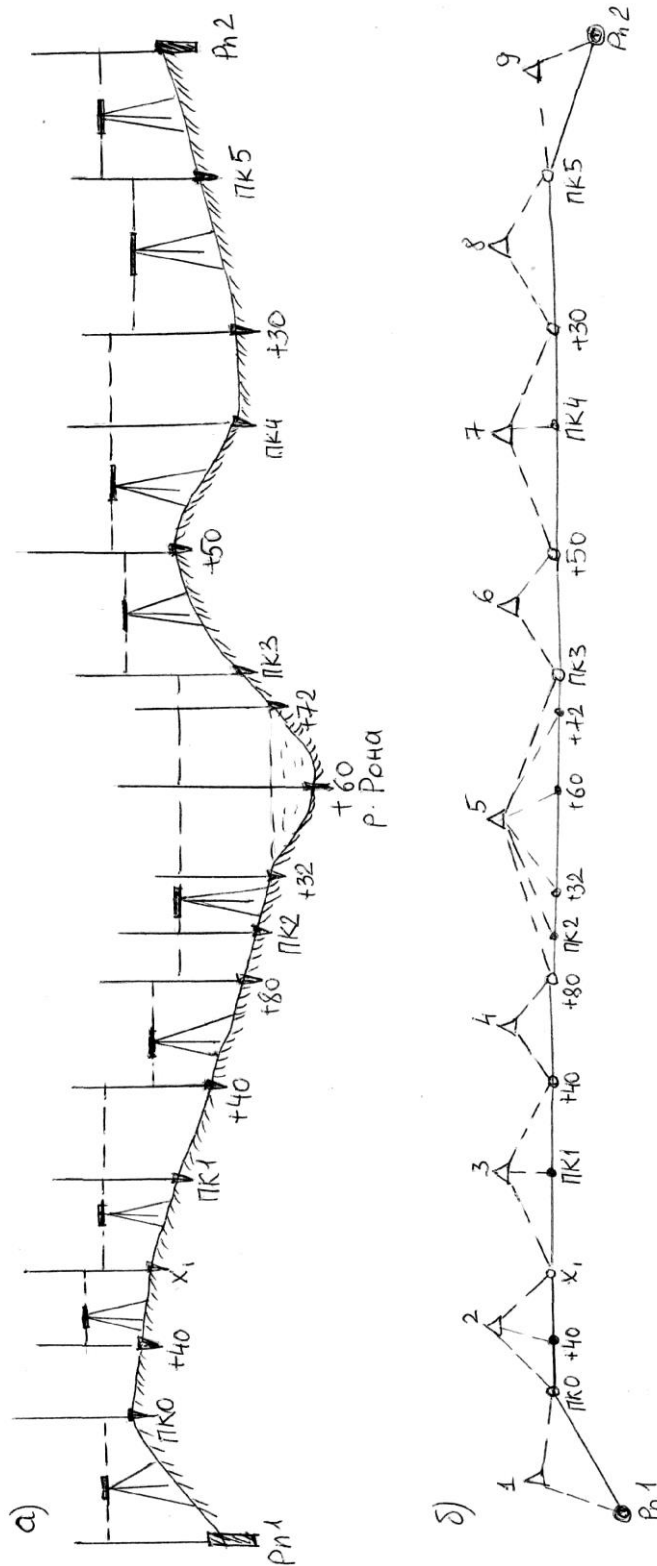


Рис.1. Схема нивелирного хода: а) продольный профиль; б) план
 ○ точки связующие: Рп1, ПК0, X₁, ПК1+40, +80, ПК3, ПК3+50, ПК4+30, ПК5, Рп2;
 ● точки промежуточные: ПК0+40, ПК1, ПК2, ПК2+32, +60, +72, ПК4

Ведомость расчета кривых

Исходные данные: $\theta_1 = 22^\circ 00'$ $R_1 = 200$ м ВУ 1 ПК1 + 40,00 м

Элементы кривой:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

$$K = R \cdot \frac{\theta'}{\rho'}$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}} - 1 \right)$$

$$D = 2T - K$$

$T = 38,88$ м, $K = 76,79$ м, $B = 3,74$ м, $D = 0,97$ м, $\rho = 3438'$.

Формулы для определения пикетажного положения главных точек кривой

$$НК = ВУ - T; \quad КК = ВУ + K$$

$$СК = НК + 0,5 \cdot K.$$

$$\text{КОНТРОЛЬ: } КК = ВУ + T - D;$$

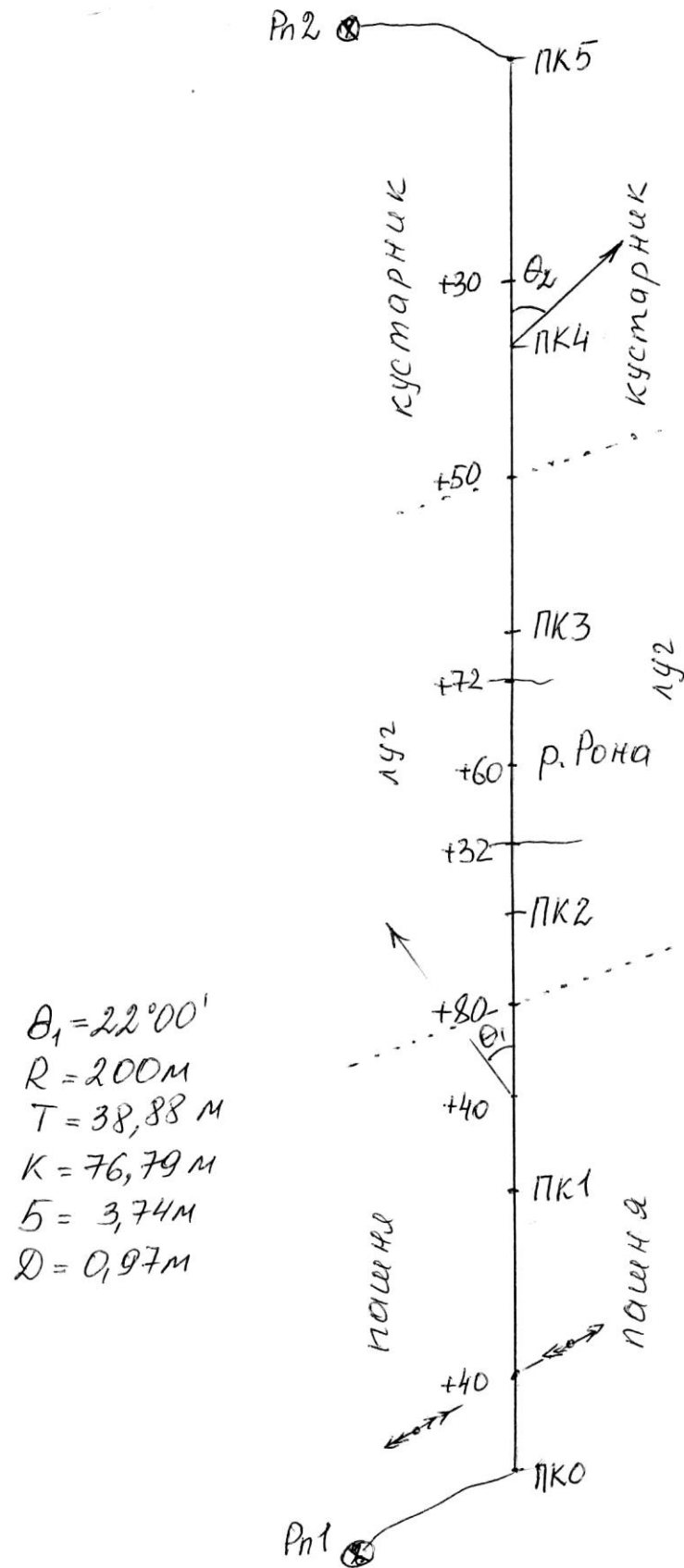
$$СК = КК - 0,5 \cdot K.$$

Расчет пикетажных расстояний до начала и конца кривых

1 кривая		2 кривая	
расчет	контроль	расчет	контроль
ВУ = ПК 1 +40,00	ВУ = ПК1 +40,00	ВУ= ПК4+00,00	ВУ=
-Т = 38,88	+Т = 38,88	-Т =	+Т =
НК = ПК1+01,12	ПК1 +78,88	НК =	
+К = 76,79	-Д = 0,97	+К =	-Д =
КК = ПК 1 +77,91	КК = ПК1 +77,91	КК =	КК =
СК = ПК1 + 39,52		СК =	

Ведомость прямых и кривых

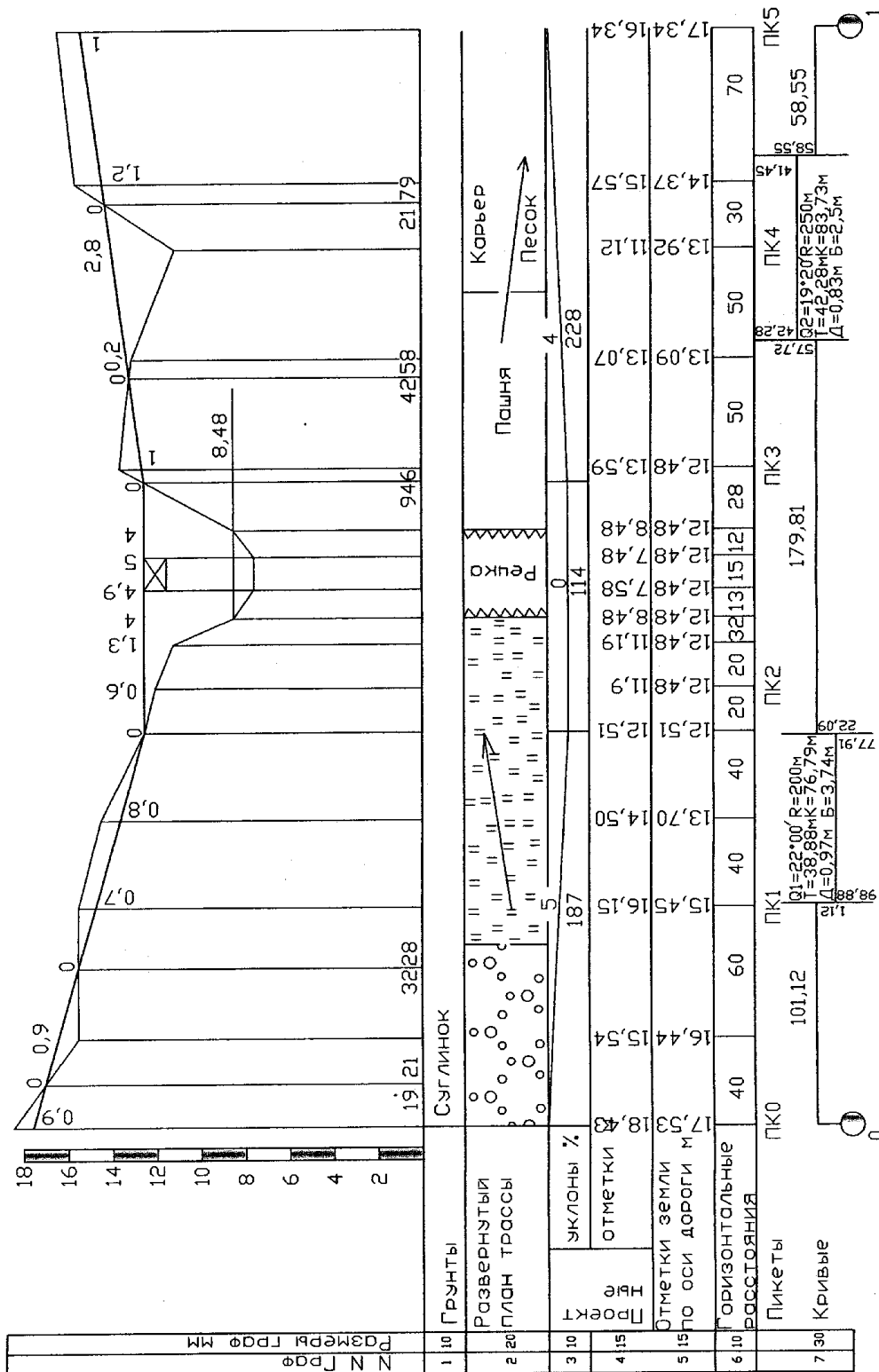
№ углов	Вершины углов	Угол поворота, направление	Элементы кривых					Начало кривой НК	Конец кривой КК	Длины прямых
			Радиус R	Тангенс Т	Кривая К	Биссектриса Б	Домкрат Д			
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ПК1+40	$\theta = 22^\circ$ лево	200	38,88	76,79	3,74	0,97			
2		θ								
Σ по ходу					К					



Масштаб 1:2000

Рис. 2. Пикетажный журнал

Продольный профиль трассы автодороги



Масштабы: горизонтальный 1:2000
 вертикальный 1:200

Гейко Наталья Владимировна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ
ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Инженерная геодезия» для студентов направления 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения

Подписано в печать 04.05.22. Формат 60x84 /16.

Усл. печ. л 1,19. Тираж 15 экз. Заказ 221811. Рег. № 12.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/б.