

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

Еремеева С.С., Вязова Е.В.

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА И ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине
«Инженерно-геодезические работы в строительстве»
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство
(профиль «Автомобильные дороги»)
всех форм обучения

Чебоксары 2025

Содержание:

	Стр.
1. Общие указания	4
2. Исходные данные	4
3. Обработка и оформление пикетажного журнала	6
4. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых	8
5. Построение плана трассы линейного сооружения	9
6. Обработка журнала нивелирования трассы	10
7. Продольный профиль	13
8. Поперечные профили	19
Литература	20
Приложение 1. Пикетажный журнал	21
Приложение 2. Ведомость углов поворота, прямых и кривых линейного сооружения	23
Приложение 3. Журнал геометрического нивелирования	24
Приложение 4. Нивелирование поперечников	30

1. Общие указания

Курсовая работа выполняется в соответствии с рабочей программой курса «Инженерно-геодезические работы в строительстве» по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Автомобильные дороги».

Целью курсовой работы является: ознакомление студентов с особенностями решения геодезических задач, последовательностью обработки полевых материалов и графической частью при трассировании автомобильных дорог.

Краткие теоретические сведения, представленные в методических указаниях, способствуют более глубокому пониманию изучаемого материала.

Для качественного выполнения курсовой работы необходимо тщательно проработать теоретический материал по данному разделу курса. При выполнении курсовой работы особое внимание необходимо обратить на терминологию, без знания которой нельзя обойтись. За каждым термином стоит определенное понятие, закрепленное ГОСТ и СНиП.

Правильное понимание и использование терминов обеспечит успешное усвоение и изучение теоретического и практического материала.

Работа выполняется каждым студентом индивидуально по варианту, соответствующему шифру студента.

Выполненная работа предьявляется преподавателю для проверки. После исправления замечаний работа принимается при условии усвоения студентом материала данного раздела курса (после собеседования).

2. Исходные данные

Пикетажный журнал (приложение 1): в который записываются румб первоначального направления трассы и значения углов поворота в соответствии с шифром и фамилией студента:

- число градусов равно двум последним цифрам номера зачетной книжки студента;

- число минут равно 20' плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента;

- название румба задается в зависимости от начальной буквы фамилии студента:

 - от «А» до «Ж» - СВ;

 - от «З» до «О» - ЮВ;

 - от «П» до «Х» - ЮЗ;

 - от «Ц» до «Я» - СЗ.

Например,

Иванов (6 букв); № зачетной книжки (две последние цифры) - 28; начальная буква фамилии «И» $\rightarrow r_{1-2} = \text{ЮВ}: 28^\circ 26'$;

Владимиров (10 букв); № зачетной книжки (две последние цифры) - 06; начальная буква фамилии «В» $\rightarrow r_{1-2} = \text{СВ}: 06^\circ 30'$.

Угол 1_{правый} – $\beta_1 = 6^\circ 25'$, радиус закругления $R = 500$ м (**общие для всех вариантов**);

Угол 2_{левый} - $\beta_2 = 10^\circ 00'$, $R = 250$ м;

Угол 3_{правый} - $\beta_3 = 13^\circ 16'$, $R = 400$ м.

К значениям градусов 2 и 3-го углов прибавляют две последние цифры номера зачетной книжки студента, а к минутам число букв своей фамилии.

Радиусы закруглений остаются без изменений и являются общими для всех вариантов.

Например,

Иванов (6 букв); № зачетной книжки (две последние цифры) - 28 $\rightarrow \beta_2 = 38^\circ 06'$; $\beta_3 = 41^\circ 22'$.

Журнал нивелирования трассы (приложение 3), в котором записаны:

- результаты нивелирования трассы (ПК 20 +00 - ПК 34+00) с высотной привязкой к реперу Рр 2 (нивелирование производилось двумя нивелирами);

- результаты нивелирования поперечников (ПК 27+00 и ПК 30+50);

- исходная отметка Рр 2 = 100,000 м, которую необходимо изменить в соответствие со своим вариантом (к исходным значениям необходимо прибавить две последние цифры номера зачетной книжки):

- число целых метров равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр номера зачетной книжки;

- число сотых долей метра равно количеству букв в фамилии студента.

Например, Иванов (6 букв); № зачетной книжки (две последние цифры)

- 28 $\rightarrow H_1 = 100,000 + 28, 06 = 128,06$ м;

В ходе выполнения работы необходимо:

- обработать пикетажный журнал;
- составить ведомость углов поворота, прямых и кривых;
- построить план трассы;
- обработать журнал нивелирования трассы;
- построить продольный и поперечный профили.

Предоставить пояснительную записку с расчетами и чертежами.

3. Обработка и оформление пикетажного журнала

Обработка пикетажного журнала сводится к вычислению пикетажных значений главных точек круговой кривой - начала кривой (*НК*) и конца кривой (*КК*).

Пикетажный журнал представляет собой схематический чертеж, выполняемый в процессе разбивки линейного сооружения на местности, при которой производится съемка ситуации прилегающей к трассе по обе стороны от нее шириной 20-50 м, а иногда до 200 м с каждой стороны трассы. На нем трасса изображается условно в выпрямленном виде, а углы поворота указываются стрелками, в соответствии с направлением их поворота (влево, вправо).

По заданным углам поворота трассы и радиусам закруглений из «Таблиц для разбивки кривых на автомобильных дорогах» Н. А. Митина выписывают основные элементы круговой кривой (рис.1):

ВУ – вершина угла поворота;
 ϕ – угол поворота;
НК – начало кривой;
КК – конец кривой;
СК – середина кривой;
Т – тангенс;
К – кривая;
Б – биссектриса;
Д – домер

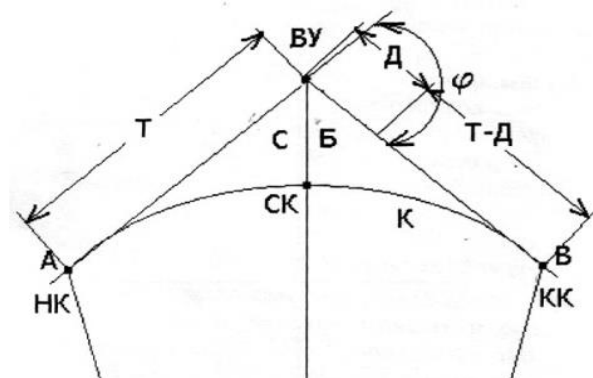


Рис. 1. Элементы круговой кривой

Полученные данные округляют до сотых (табл. 1).

Например,

Таблица 1

Элементы круговых кривых

Угол 1 _{пр} $\beta_1 = 6^\circ 25'$ $R_1 = 500$ м	Угол 2 _{лев} $\beta_2 = 20^\circ 10'$ $R_2 = 250$ м	Угол 3 _{пр} $\beta_3 = 23^\circ 26'$ $R_3 = 400$ м	Сумма, м
$T_1 = 28,03$ м	$T_2 = 44,45$ м	$T_3 = 82,96$ м	$\sum T = 155,44$
$K_1 = 56,00$ м	$K_2 = 87,98$ м	$K_3 = 163,60$ м	$\sum K = 307,58$
$B_1 = 0,78$ м	$B_2 = 3,92$ м	$B_3 = 8,51$ м	$\sum B = 13,21$
$D_1 = 0,06$ м	$D_2 = 0,92$ м	$D_3 = 2,32$ м	$\sum D = 3,3$

Выбранные из таблиц элементы круговой кривой проверяют: $2T - K = D$.

Например, $2 * 155,44 - 307,58 = 3,3$

Расхождение при контроле не должно превышать 0,01 – 0,02 м.

Производят расчет пикетажных значений главных точек круговой кривой:

УГ. 1 ПК 23+76,00
- T_1 28,03
НК ₁ ПК 23+ 47,97
+ K_1 56,00
КК ₁ ПК 24+ 03,97

Контроль: УГ.1 ПК 23+76,00
+ T_1 28,03
ПК 24+04,03
- D_1 0,06
КК ₁ ПК 24+03,97

УГ. 2 ПК 26+07,70
- T_2 44,45
НК ₂ ПК 25+63,25
+ K_2 87,98
КК ₂ ПК 26+51,23

Контроль: УГ.2 ПК 26+07,70
+ T_2 44,75
ПК 26+52,15
- D_2 0,92
КК ₂ ПК 26+51,23

УГ. 3 ПК 31+20,75
- T_3 82,96
НК ₃ ПК 30+37,79
+ K_3 163,60
КК ₃ ПК 32+01,39

Контроль: УГ.3 ПК 31+20,75
+ T_3 82,96
ПК 32+03,71
- D_3 2,32
КК ₃ ПК 32+01,39

4. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых

1). Определение длин прямых вставок (P)

Прямая вставка равна разности пикетажных значений начала последующей и конца предыдущей кривой.

Например,

$$P_1 = \text{ПК НК}_1 - \text{ПК НТ} = \text{ПК} 23 + 47,97 - \text{ПК} 20 + 00,00 = \\ = \text{ПК} 3 + 47,97 = 347,97 \text{ м};$$

$$P_2 = \text{ПК НК}_2 - \text{ПК КК}_1 = \text{ПК} 25 + 63,25 - \text{ПК} 24 + 03,97 = \\ = \text{ПК} 1 + 59,28 = 159,28 \text{ м};$$

$$P_3 = \text{ПК НК}_3 - \text{ПК КК}_2 = \text{ПК} 30 + 37,79 - \text{ПК} 26 + 51,23 = \\ = \text{ПК} 3 + 86,56 = 386,56 \text{ м};$$

$$P_4 = \text{ПК КТ} - \text{ПК КК}_3 = \text{ПК} 34 + 00,00 - \text{ПК} 32 + 01,39 = \\ = \text{ПК} 1 + 98,61 = 198,61 \text{ м}$$

2). Определение расстояний между вершинами углов поворота (S)

Расстояние между вершинами равно разности пикетажных значений вершин последующего и предыдущего углов поворота плюс домер предыдущей кривой.

Например,

$$S_1 = \text{ПК ВУГ}_1 - \text{ПК НТ} = \text{ПК} 23 + 76,00 - \text{ПК} 20 + 00,00 = 376,0 \text{ м};$$

$$S_2 = \text{ПК ВУГ}_2 - \text{ПК ВУГ}_1 + D_1 = \text{ПК} 26 + 07,70 - \text{ПК} 23 + 76,00 \\ + D_1 0,06 = 231,76 \text{ м};$$

$$S_3 = \text{ПК ВУГ}_3 - \text{ВУГ}_2 + D_2 = \text{ПК} 31 + 20,75 - \text{ПК} 26 + 07,70 \\ + D_2 0,92 = 513,97 \text{ м};$$

$$S_4 = \text{ПК КТ} - \text{ПК ВУГ}_3 + D_3 = \text{ПК} 34 + 00,00 - \text{ПК} 31 + 20,75 \\ + D_3 2,32 = 281,57 \text{ м}$$

Вычисленные прямые вставки и расстояния между вершинами контролируют по формуле:

$$\sum P_n + \sum K_n = \sum S_n - \sum D_n = L$$

$$L = \text{ПК НТ} - \text{ПК КТ} = \text{ПК} 20 + 00 - \text{ПК} 34 + 00 = 1400 \text{ м},$$

где L – длина линейного сооружения в метрах

Расхождение не должно превышать 0,01 – 0,02 м.

Например,

$$\sum P_n + \sum K_n = 1092,42 + 307,58 = 1400 \text{ м}$$

$$\sum S_n - \sum D_n = 1403,30 - 3,30 = 1400 \text{ м}$$

3). Определение направлений трассы после углов поворота

Для удобства вычислений румбы переводят в дирекционные углы.

Дирекционный угол следующего направления трассы равен дирекционному углу предыдущего направления плюс правый или минус левый угол поворота трассы.

Например,

$$\gamma_1 = 25^\circ 30': \text{CB} \rightarrow \alpha_1 = 25^\circ 30'$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_{\text{пр}} = 25^\circ 30' + 6^\circ 25' = 31^\circ 55'$$

$$\gamma_2 = 31^\circ 55': \text{CB}$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 - \beta_{\text{лев}} = 31^\circ 55' - 20^\circ 10' = 11^\circ 45'$$

$$\gamma_3 = 11^\circ 45': \text{CB}$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 + \beta_{\text{пр}} = 11^\circ 45' + 23^\circ 26' = 35^\circ 11'$$

$$\gamma_4 = 35^\circ 11': \text{CB}$$

Контроль вычисления дирекционных углов производят по формуле:

$$\sum \beta_{\text{пр.}} - \sum \beta_{\text{лев.}} = \alpha_{\text{к}} - \alpha_{\text{н}},$$

где $\sum \beta_{\text{пр.}}$ - сумма правых углов поворота трассы, $\sum \beta_{\text{лев.}}$ - сумма левых углов поворота трассы, α_1 и α_2 - соответственно дирекционные углы начального и конечного направлений трассы.

Например,

$$29^\circ 51' - 20^\circ 10' = 35^\circ 11' - 25^\circ 30' = 9^\circ 41'$$

По данным полученным при обработке пикетажного журнала и расчетам в трех последующих пунктах, составляют «Ведомость углов поворота, прямых и кривых» (**приложение 2**).

5. Построение плана трассы линейного сооружения

План трассы линейного сооружения строят в масштабе 1:2000 на чертежной бумаге формата А3 по данным **«Ведомости углов поворота, прямых и кривых»** и **«Пикетажного журнала»**.

При построении плана все расстояния откладывают с помощью диаграммы поперечного масштаба, построенного в соответствии с численным масштабом.

Ось трассы линейного сооружения наносят по вычисленным расстояниям между вершинами (S) и румбам направлений (r).

Отступив от верхнего края листа начальное направление, наносят, не зависимо от направления румба – горизонтально. На нем в масштабе откладывают первое расстояние между вершинами (S_1) – таким образом, получают положение вершины первого угла поворота.

В начальной точке (плана) трассы (НТ) в соответствии с румбом начального направления (НТ – УГ.1) строят направление меридиана, которое затем переносят параллельно примерно на середину листа.

На новом направлении откладывают второе расстояние между вершинами (S_2) и получают положение вершины УГ.2 и т. д. Таким образом, наносят всю трассу.

Построение контролируют по углам поворота, измеряя их транспортиром. На оси трассы находят положение главных точек кривой – НК и КК, для этого из каждой вершины в обе стороны откладывают в масштабе соответствующие значения тангенсов.

В полученных точках (НК, КК) в стороны, противоположные радиусам, проводят ординаты длиной 3 – 4 см, на которых подписывают пикетажные значения главных точек кривой.

Контроль построения ведут по длинам прямых вставок, расхождения не должны превышать $\pm 0,1 - 0,2$ мм.

Пикетаж по оси трассы линейного сооружения разбивают в обе стороны от начала и конца трассы.

При разбивке пикетажа ПК 20+00 и ПК 34+00 должны точно совпасть с точками начала и, соответственно, конца трассы.

По данным пикетажного журнала в обе стороны от оси трассы (по 2,5 см вправо и влево) наносят ситуацию в соответствии с условными знаками для планов масштаба 1:2000.

В местах поворота трассы ось показывают по сопрягающей кривой, отмечают километровые указатели, номера углов поворота (**приложение**).

На лист также выносятся «Ведомость углов поворота, прямых и кривых» и диаграмма поперечного масштаба (в случае составления плана трассы в электронном виде диаграмма на листе не изображается).

6. Обработка журнала нивелирования трассы

Нивелированием называют такие измерения, по которым определяют превышения отдельных точек земной поверхности между собой, а через превышения вычисляют отметки этих точек. Осью нивелирования, в нашем случае является ось трассы. На ней, как видно из пикетажного журнала, закреплены **пикетные точки**, т. е. точки которые находятся друг от друга на расстоянии 100 метров. Если между соседними пикетными точками имеются характерные переломы рельефа местности, то эти точки называются **плюсовыми**. Все эти точки фиксируются в пикетажном журнале.

Обработка журнала нивелирования включает в себя постраничный контроль, определение превышения каждой последующей пикетной точкой над предыдущей точкой и вычисление отметок пикетных, плюсовых и промежуточных точек.

В журнал нивелирования занесены результаты съёмки по пикетным точкам трассы от Рр.2 до ПК34+00, выполненной методом «из середины», двумя нивелирами (рис.3).

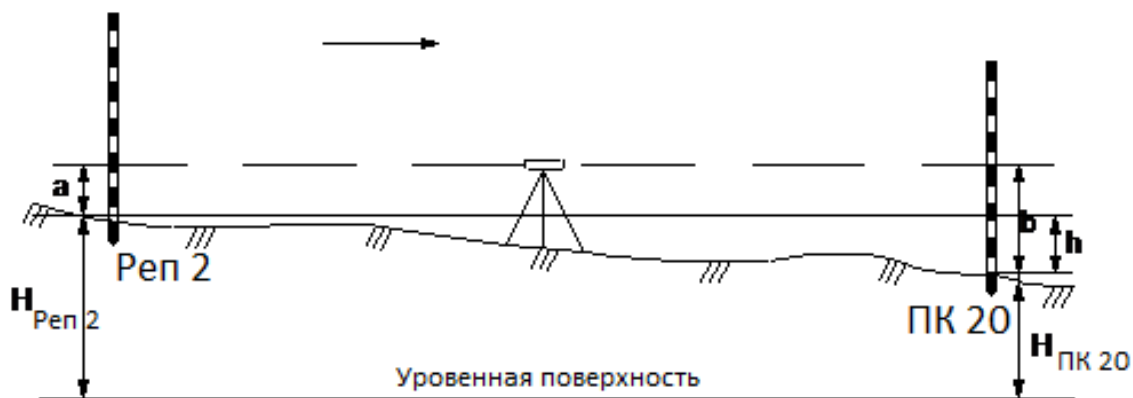


Рис. 3. Схема геометрического нивелирования способом «из середины» (на примере станции 1)

Превышения между точками на станциях вычисляют по формуле:

$$h = a - b,$$

где a – отсчет по задней рейке; b – отсчет по передней рейке.

Отметки связующих точек определяют, пользуясь формулой:

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

где H_n – отметка предыдущей точки, H_{n+1} – отметка последующей точки, h – вычисленное превышение.

Так определяют отметки всех пикетных и плюсовых точек трассы. В процессе вычислений производят постраничный контроль:

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{\text{ср.}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}$$

Результаты записаны внизу каждой страницы журнала нивелирования. Высоты промежуточных точек вычисляют через горизонт инструмента (ГИ) (рис.4).

$$\text{ГИ} = H_n + a$$

$$H_{\text{пром}} = \text{ГИ} - b_i,$$

где a – отсчет по задней рейке по черной стороне на пикетной точке станции, b_i – отсчет по передней рейке по черной стороне на промежуточной точке, H_n – отметка предыдущей точки станции, $H_{\text{пром}}$ – отметка промежуточной точки.

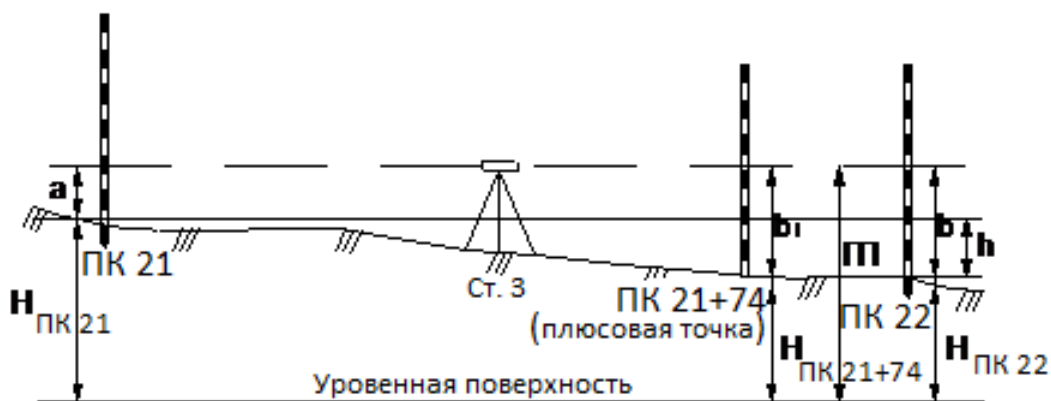


Рис. 4. Схема определения отметки промежуточной точки (на примере станции 3)

Например,
Станция 13:

$$H_n = H_{\text{ПК}28+50} = 202,539 \text{ м},$$

$$a = 0,201 \text{ м},$$

$$b_i = 1,937 \text{ м},$$

$$\text{ГИ} = H_{\text{ПК}28+50} + a = 202,539 + 0,201 = 202,74 \text{ м},$$

$$H_{\text{промеж.}} = H_{\text{у.в.в.}} = \text{ГИ} - b_i = 202,74 - 1,937 = 200,803 \text{ м}.$$

a' – отсчет по красной стороне задней рейки на ПК28+50; b' – отсчет по красной стороне передней рейки на ПК29+00; a – отсчет по черной стороне задней рейки на ПК28+50; b – отсчет по черной стороне передней рейки на ПК29+00.

$$h'_{\text{ПК}29+00 - \text{ПК}28+50} = a' - b'_{\text{ПК}29+00} = 4,890 - 7,607 = -2,717 \text{ мм},$$

$$h_{\text{ПК}29+00 - \text{ПК}28+50} = a - b_{\text{ПК}29+00} = 0,201 - 2,918 = -2,717 \text{ мм},$$

$$h_{\text{ср. ПК}29+00 - \text{ПК}28+50} = \frac{h'_{\text{ПК}29+00 - \text{ПК}28+50} + h_{\text{ПК}29+00 - \text{ПК}28+50}}{2} =$$

$$= \frac{-2,717 + (-2,717)}{2} = -2,717 \text{ м}.$$

Затем находят отметку пикетной точки ПК29+00:

$$H_{n+1} = H_{29+00} = H_{\text{ПК}28+50} + h_{\text{ср. ПК}29+00 - \text{ПК}28+50} = 202,539 + (-2,717) = 199,822 \text{ м}.$$

Станция 13*:

По вычисленной на предыдущей станции отметке $H_{\text{ПК}29+00}$ и известным отсчетам (см. нивелирный журнал) определяют, аналогично вычислениям на **станции 13**, отметку промежуточной точки (уровень воды) через ГИ.

$$H_n = H_{\text{ПК29+00}} = 199,822 \text{ м},$$

$$a = 0,150 \text{ м},$$

$$b_i = 1,670 \text{ м},$$

$$ГИ = H_{\text{ПК29+00}} + a = 199,822 + 0,150 = 199,972 \text{ м},$$

$$H_{\text{промеж.}} = H_{\text{у.в.}} = ГИ - b = 199,972 - 1,670 = 198,302 \text{ м}.$$

Для определения отметки дна реки, т.е. отметки ПК29+12 необходимо от вычисленной отметки уровня воды $H_{\text{у.в.}}$ отнять промер глубины:

$$H_{\text{ПК29+12}} = H_{\text{у.в.}} - \text{Глуб. реки} = 198,302 - 2,300 = 196,002 \text{ м}$$

Таким образом, вычисляются отметки всех промежуточных точек.

Аналогично обрабатывают журнал нивелирного хода выполненного вторым нивелиром.

Сравнивая значения отметок конечного пикета ПК34+00, полученного при нивелировании первым и вторым нивелирами определяют невязку хода:

$$f_h = H_{\text{ПК34 (нив.1)}} - H_{\text{ПК34 (нив.2)}},$$

где $H_{\text{ПК34 (нив.1)}}$ - отметка ПК 34+00 полученная при нивелировании первым нивелиром; $H_{\text{ПК34 (нив.2)}}$ - отметка ПК 34+00 полученная при нивелировании вторым нивелиром.

Например,

$$f_h = H_{\text{ПК34 (нив.1)}} - H_{\text{ПК34 (нив.2)}} = 204,907 - 204,889 = 0,018 = 18 \text{ мм}.$$

Чтобы убедиться в правильности вычисления определяют допустимую невязку, пользуясь формулой:

$$f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L – длина хода в км (ПК20 – ПК 34 = 1,4 км).

Например,

$$f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{1,4} = \pm 59,16 \text{ мм},$$

Вывод, так как $f_{h \text{ доп.}} > f_h$ следовательно, нивелирование выполнено с допустимой точностью.

Для построения продольного профиля используют результаты, полученные при нивелировании первым нивелиром.

5. Продольный профиль

Построение продольного профиля выполняют по вычисленным отметкам всех точек продольной оси нивелирования (трассы). Его строят

на миллиметровой бумаге, на которой все размеры откладываются без измерителя.

Горизонтальное расстояние между точками откладывают в масштабе 1:2000, а отметки в более крупном - М 1:200 (**приложение**).

Построение выполняют в следующей последовательности:

- вычерчивают профильную сетку, которая представляет собой ряд горизонтальных линий, проведенных на некотором расстоянии друг от друга и образующих горизонтальные графы для записей в них различных элементов профиля.

Верхнюю горизонтальную линию сетки, называют *линией условного горизонта*.

- план полосы и контуры, вдоль выпрямленной оси нивелирования, наносят по материалам горизонтальной съемки, взятым из *«Пикетажного журнала»*.

- пикетные и плюсовые точки оси нивелирования обозначают вертикальными отрезками, положение которых определяют в масштабе по горизонтальным расстояниям между ними, согласно пикетажному журналу. Расстояние, не равное 100 м, подписывают в промежутках между пронумерованными пикетными точками.

- в графу *«Отметки земли»* (черные отметки) выписывают из журнала нивелирования отметки пикетных и плюсовых точек с округлением их значения до сотых долей метра. На вертикалях, проведенных выше линии условного горизонта против обозначений соответствующих точек, по их отметкам откладывают отрезки в вертикальном масштабе и получают положение пикетных и плюсовых точек оси в вертикальной проекции. Соединив последовательно эти точки при помощи линейки, получают продольный профиль по оси нивелирования (трассы).

- оформление профиля состоит в обводке тушью всех построений и числовых данных. Красной тушью обводят проектную линию, надписи в графе уклонов, проектные и рабочие отметки над или под проектной линией. Все остальное - черной тушью.

В левом верхнем углу от профильной сетки подписывают масштабы: горизонтальный 1:2000 и вертикальный 1:200.

- проектная линия является линией будущего инженерного сооружения на земной поверхности.

Проектную линию наносят на профиль по проектным (красным) отметкам точек продольной оси нивелирования.

Исходные данные для вычисления и построения проектной линии

Даны:

1. Рабочая отметка на ПК 20+00: $h_{\text{раб}} = 0,50$ м

Рабочей отметкой называется разница между проектной отметкой точки и фактической, т.е. отметкой земли (черной):

$$h_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{фактич.}}$$

тогда

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{земли}} + h_{\text{раб}}$$

Значит, проектная отметка на ПК 20+00 будет:

$$H_{\text{ПК20+00}} = H_{\text{ПК20+00}} + h_{\text{ПК20+00}}$$

2. Проектные уклоны (табл. 3):

Таблица 3

Уклоны проектной линии

Пикетажное положение От ПК + до ПК +	Протяженность, м	Уклон проектной линии по ходу трассы, ‰
1	2	3
ПК 20+00 ... ПК 22+00	200	- 20
ПК 22+00 ... ПК 22+50	50	+ 8
ПК 22+50 ... ПК 23+76	126	-12
ПК 23+76 ... ПК 28+00	424	+ 3
ПК 28+00 ... ПК 30+50	250	0
ПК 30+50 ... ПК 32+00	150	+20
ПК 32+00 ... ПК 33+00	100	-10
ПК 33+00 ... ПК 34+00	100	-20

Вычисление проектных и рабочих отметок

Если высота сечения рельефа h , заложение d , то для любого отрезка на поверхности земли можно определить угол его наклона α , или уклон i .

Уклоном линии называется отношение превышения между двумя точками к горизонтальному проложению между ними, т.е.:

$$\frac{h}{d} = \operatorname{tg} \alpha = i,$$

следовательно, можно найти h по известному уклону i :

$$h = d * i,$$

а по известному h (превышению) найти отметку любой точки на поверхности земли:

$$H'_{n+1} = H'_n + d * i,$$

где H'_{n+1} – проектная отметка вычисляемой точки; H'_n – проектная отметка предыдущей точки; d - расстояние между предыдущей (исходной) точкой и точкой на которой вычисляется проектная отметка (последующей); i – уклон проектной линии между исходной точкой и вычисляемой (табл. 4).

Отметки промежуточных (плюсовых) точек определяются таким же образом.

Отметки, округленные до 0,01 м, записывают напротив соответствующих точек в графе 11 «**Отметка бровки земляного**

полотна».

Таблица 4

Данные для построения проектной линии

Пикетное положение ПК +	Уклон проектной линии по ходу трассы, ‰	Отметка земли, м	Рабочая отметка, м	Проектная отметка, м
1	3	2	3	4
ПК 20+00	- 20	208,90	0,50	209,40
ПК 22+00		204,80	0,60	205,40
ПК 22+50	+ 8	205,30	0,50	205,80
	-12			
ПК 23+76	+ 3	203,80	0,49	204,29
ПК 28+00	0	203,66	1,90	205,56
ПК 30+50		206,54	-0,98	205,56
ПК 32+00	+20	208,07	0,49	208,56
ПК 33+00	-10			
ПК 34+00	-20	207,32	0,24	207,56
		204,91	0,65	205,56

Проектные уклоны заносят в графу 10 «**Уклон и вертикальная кривая**», над диагональной чертой, показывающей направление проектной линии («+» или «-» уклон). Под чертой указывают протяженность участка с заданным уклоном (см. приложение).

Рабочие отметки, равные разностям между проектными и фактическими отметками одних и тех же точек, выражают высоту выемок или насыпей на данных точках:

$$h_n = H'_n - H_n,$$

где **h** – рабочая отметка; H'_n – проектная отметка точки; H_n – отметка земли (черная отметка).

Таким образом, вычисляют рабочие отметки на пикетных и плюсовых точках трассы.

Их подписывают на профиле по вертикалям соответствующих точек под проектной линией для выемок и над ней – для насыпей.

Определение положения точек нулевых работ

Точки пересечения проектной линии с естественным профилем земли называют **нулевыми**. В этих точках рабочие отметки равны нулю. Для

определения положения точек нулевых работ (рис.5) производят следующие расчеты:

- для нахождения положения точки нулевых работ в плановом отношении на трассе, необходимо вычислить ее координаты **X** и **Y**:

$$X = \frac{a \times d}{a + b}, Y = \frac{b \times d}{a + b}$$

где **X** - расстояние от предыдущей плюсовой (пикетной) точки до точки нулевых работ; **Y** – расстояние от последующей пикетной (плюсовой) точки трассы до точки нулевых работ; **a** – рабочая отметка на предыдущей плюсовой (пикетной) точке; **b** – рабочая отметка на последующей пикетной (плюсовой) точке трассы; **d** – расстояние между плюсовыми (пикетными) точками трассы.

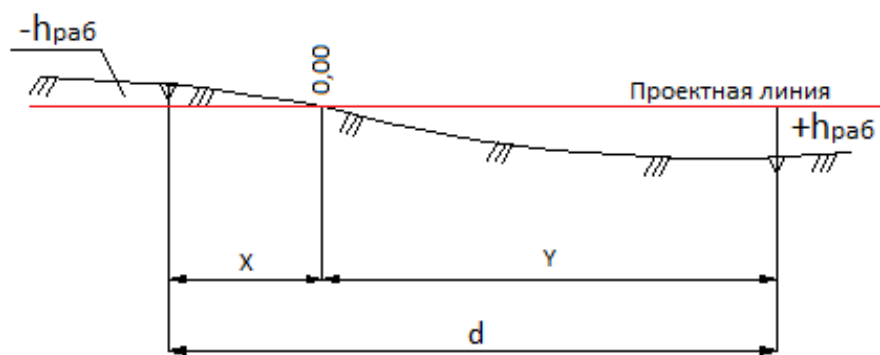


Рис. 5. Схема определения положения точек нулевых работ

Тогда пикетажное положение точки нулевых работ на оси трассы будет определяться следующим образом:

$$ПК_0 = ПК_n + X \text{ или } ПК_0 = ПК_{n+1} - Y$$

где **ПК_n** – пикетажное положение предыдущей пикетной точки; **ПК_{n+1}** – пикетажное положение последующей пикетной точки.

$$\text{Контроль: } d = X + Y$$

Так вычисляется плановое положение всех точек нулевых работ, результаты вычислений оформляют в табличной форме (табл. 5).

Высотное положение точек нулевых работ определяют аналогично вычислению проектных отметок пикетных (плюсовых) точек продольного профиля:

$$h_{(n+1)-n} = H_{n+1} - H_n; \quad i = \frac{h_{(n+1)-n}}{d} \text{‰};$$

$$H_0 = H_n + i * X; \quad H_0 = H_{n+1} - i * Y,$$

где **h_{(n+1)-n}** – превышение пикетных точек между которыми лежит точка нулевых работ; **i** – проектный уклон участка, на котором расположена точка нулевых работ; **H₀** – отметка точки нулевых работ, **H_n**(**H_{n+1}**) – фактическая отметка предыдущей или последующей пикетной точки.

Например,

Таблица 5

Место положение от ПК + ... до ПК +	Рабочая отметка на начале участка, а	Рабочая отметка на конце участка, б	Расстояние участка, d	Расстояние, X	Расстояние, Y	ПК положение точки нулевых работ
1	2	3	4	5	6	7
ПК 24+20 – ПК 25+00	0,40	0,16	80	57,14	22,86	ПК24+77,14
ПК 27+72 – ПК 28+00	1,88	1,90	28	13,93	14,07	ПК27+85,93
ПК 29+50 – ПК30+00	3,84	1,50	50	35,96	14,04	ПК29+85,96
ПК 31+00 – ПК 32+00	0,48	0,49	100	48,98	50,52	ПК31+48,98

Из «**Журнала геометрического нивелирования**» известны отметки пикетной точки ПК 25+00 и плюсовой точкой ПК 24+20 трассы:

$$H_{\text{ПК 24+20}} = 204,42 \text{ м}; H_{\text{ПК 25+00}} = 204,66 \text{ м}$$

Вычисляют превышение пикетной точки ПК 25+00 над плюсовой точкой трассы ПК 24+20:

$$h_{\text{ПК 25+00} - \text{ПК 24+20}} = H_{\text{ПК 25+00}} - H_{\text{ПК 24+20}} = 204,66 - 204,42 = 0,24 \text{ м}$$

Расстояние между этими точками известно из «**Пикетажного журнала**»:

$$d_{\text{ПК 24+20} - \text{ПК 25+00}} = 80 \text{ м}$$

Определяют уклон местности по формуле:

$$i = \frac{h}{d} \% = 0,24/80 = 3\%$$

Зная расстояние от плюсовой точки ПК 24+20 до точки нулевых работ (X) и отметку этой точки, которая соответствует отметке земли («фактической отметке») определяем по формуле проектное значение точки нулевых работ:

$$H_{\text{ПК24+77,14}} = H_{\text{ПК24+20}} + i * X = 204,42 + 0,003 * 57,14 = 204,59 \text{ м}$$

Контроль:

$$H_{\text{ПК24+77,14}} = H_{\text{ПК25+00}} - i * Y = 204,66 - 0,003 * 22,86 = 204,59 \text{ м}$$

Таким образом, вычисляют отметки всех точек нулевых работ.

6. Поперечные профили

Для изучения рельефа местности, прилегающей к оси трассы, было произведено нивелирование в поперечном направлении. Для этого были разбиты на местности поперечники, перпендикулярно к оси трассы, длиной по 50 м в обе стороны от нее. На поперечниках закреплены точки переломов местности(**приложение 4**).

Например, рассмотрим поперечник на ПК 27+00:

За точку отсчета берется пикетная точка трассы, на которой разбивается поперечник. Всем остальным точкам переломов даются обозначения в которых указывается сторона, с которой находится точка поперечника (Л – слева или П – справа), а так же расстояние от пикетной точки трассы до характерной точки рельефа, в поперечном сечении.

Точка поперечника **Л+8**, это значит, что данная точка находится на поперечнике слева от пикетной точки **ПК27+00** на расстоянии **8 метров**.

При обработке нивелирования поперечников за исходную точку принимается отметка пикета трассы (на котором разбит поперечник), отметка которой выписывается из *«Журнала геометрического нивелирования»*, в данном случае:

$$H_{\text{ПК 27+00}} = 205,49 \text{ м.}$$

Отметки остальных точек поперечного профиля вычисляют аналогично отметкам промежуточных точек, т. е. через горизонт инструмента (**ГИ**, см. раздел 7).

Контроль нивелирования поперечников состоит в следующем:

$$\sum H = n * H_i - \sum v_i,$$

где $\sum H$ – сумма отметок всех точек поперечника, исключая точку трассы; n – количество точек на поперечнике (исключая точку трассы ПК27); H_i – горизонт инструмента; $\sum v_i$ – сумма отсчетов на промежуточные точки.

Построение поперечного профиля

Построение поперечного профиля выполняют по вычисленным отметкам всех точек поперечника в *«Журнале геометрического нивелирования»*. Поперечные профили строят на миллиметровой бумаге. Горизонтальные и вертикальные расстояния откладывают на поперечном профиле в одном и том же масштабе **М 1:500 (приложение)**.

Вычерчивают сетку, которая представляет собой ряд горизонтальных линий, проведенных на некотором расстоянии друг от друга и образующих горизонтальные графы для записей в них расстояний и отметок земли (фактических отметок).

Вначале, строят вертикальную линию над линией условного

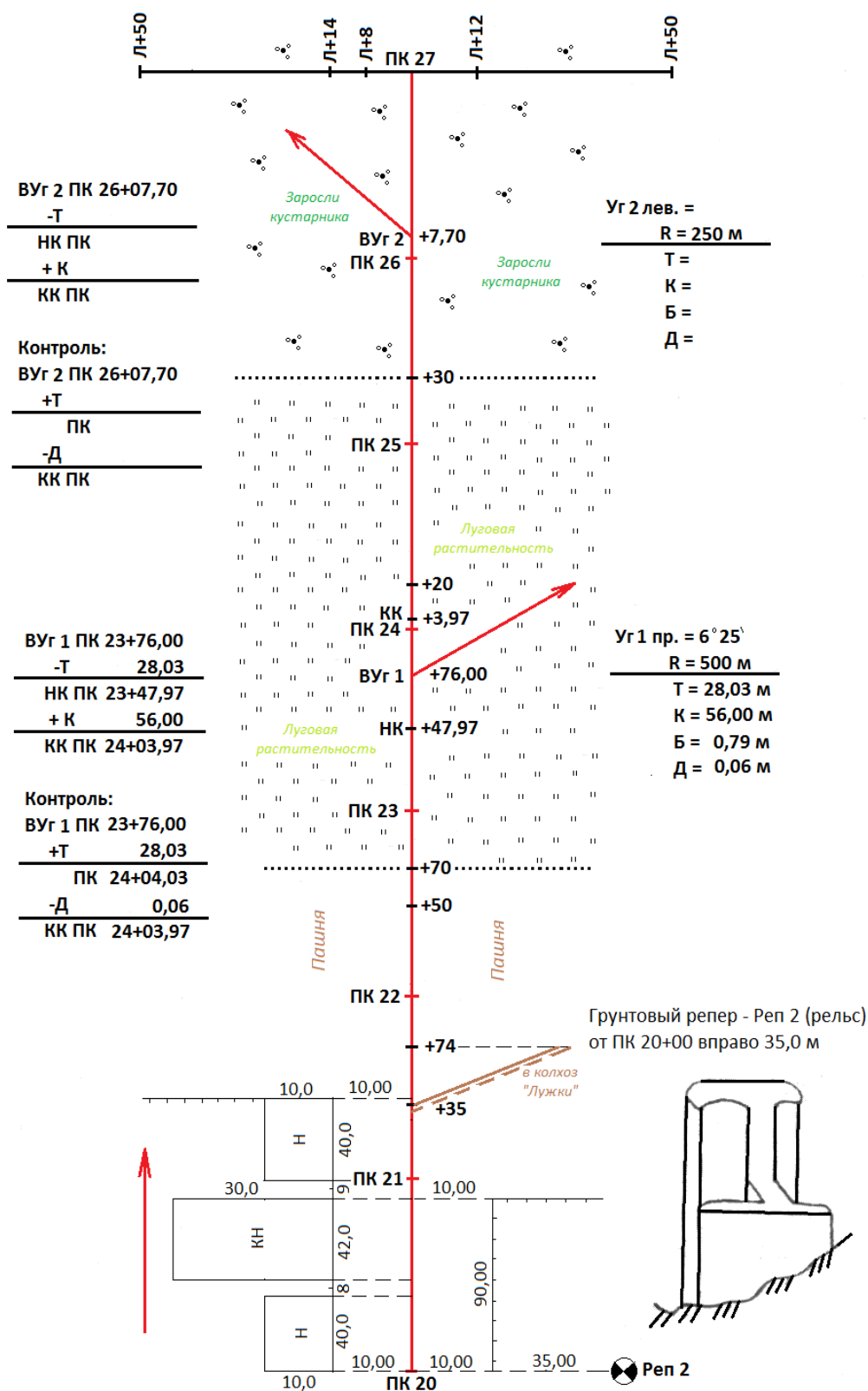
горизонта, на расстоянии равном удаленности левой крайней точки поперечника (50 метров) от пикетной (плюсовой) точки трассы ПК 27+00.

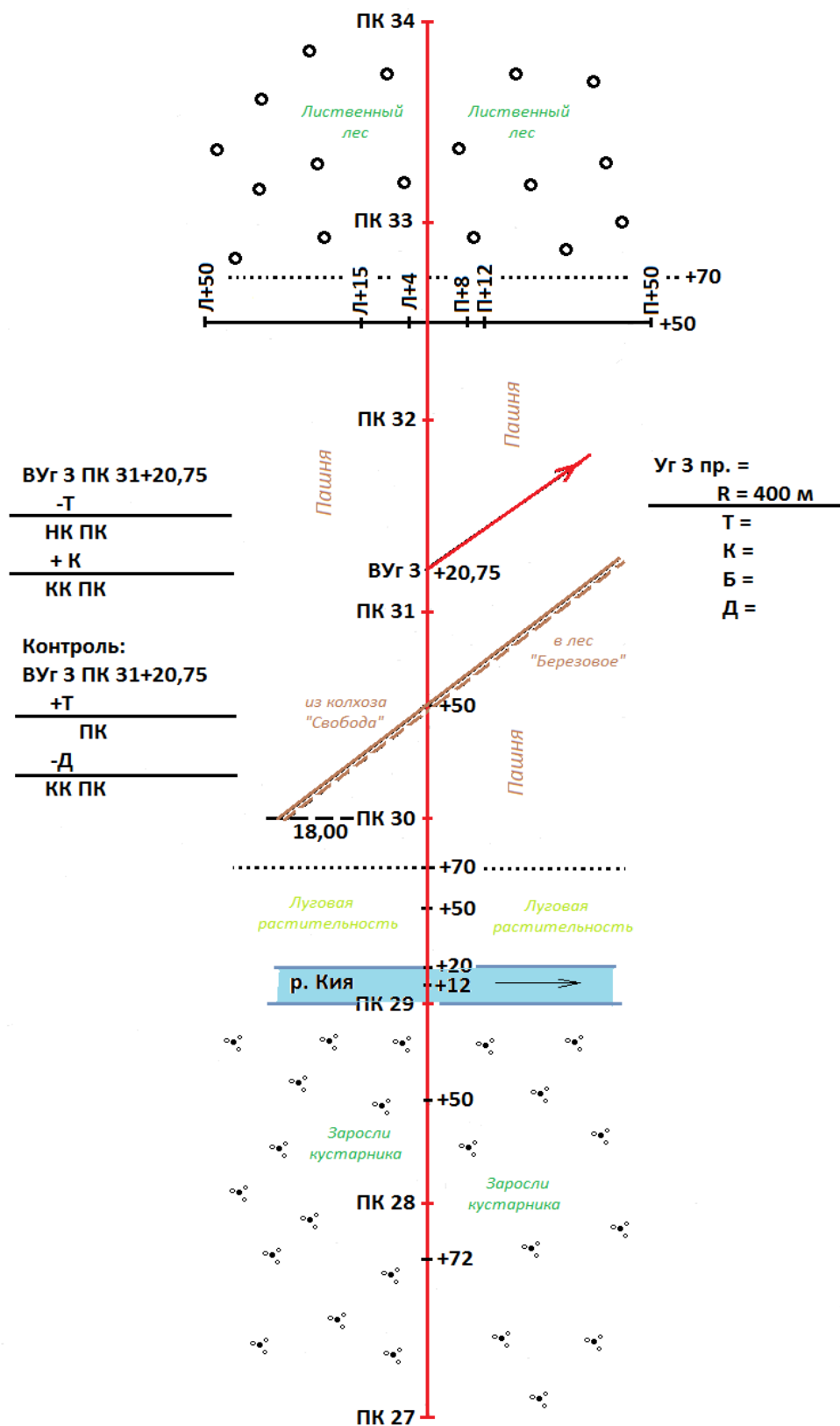
Плюсовые точки оси поперечника обозначают вертикальными отрезками, положение которых определяют в масштабе по горизонтальным расстояниям между ними и точкой оси трассы, согласно пикетажному журналу, отсчитывая от пикетной точки оси трассы, соответственно влево и вправо. Расстояние подписывают в промежутках между вертикальными отрезками. В графу **«Отметки земли»** (фактические отметки) выписывают из **«Журнала геометрического нивелирования»** отметки плюсовых точек оси поперечника с округлением их значений до сотых долей метра. На вертикалях, проведенных выше линии условного горизонта напротив обозначений соответствующих точек, по их отметкам откладывают отрезки в вертикальном масштабе и получают положение точек поперечника в вертикальной проекции. Соединив последовательно эти точки при помощи линейки, получают поперечный профиль по оси поперечника.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берчук, В. Ю. Руководство по учебной геодезической практике : учебно-методическое пособие / В. Ю. Берчук, Н. В. Кончакова, В. Н. Поцелуев ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во ТПУ, 2013
2. Дьяков, Б. Н. Геодезия : учебник для вузов / Б. Н. Дьяков. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург, 2022. — 416 с.
3. Кузнецов, О. Ф. Основы геодезии и топография местности : учебное пособие / О. Ф. Кузнецов. — 3-е изд., испр. и доп. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 286 с.
4. Кусов, В. С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки : учебник / В. С. Кусов. — 3-е изд., стер. — Москва : Академия, 2014.
3. Передерин, В. М. Основы геодезии и топографии : учебное пособие / В. М. Передерин, Н. В. Чухарева, Н. А. Антропова ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — 4-е изд. — Томск : Изд-во ТПУ, 2010
4. Сафонов, А. Я. Топография : учебное пособие / А. Я. Сафонов, К. Н. Шумаев, Т. Т. Миллер. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 224 с.
5. Соловьев, А. Н. Основы геодезии и топографии / А. Н. Соловьев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с.

Пикетажный журнал





Приложение 2

Ведомость углов поворота, прямых и кривых линейного сооружения
(образец оформления)

№ вершины	Километры	Углы			Кривые							Прямые			
		ПК вершины	Величины		R, м	Т, м	К, м	Б, м	Д, м	НК	КК	Прямая вставка, м	Расстояния ,	α	Румб Υ
			правый	левый											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
НТ	2	20+00,00												25°30'	СВ:25°30'
УГ.1	2	23+76,00	6°25'	-	500	28,03	56,00	0,79	0,06	23+47,97	24+03,97	347,97	376,00	31°55'	СВ:31°55'
УГ.2	2	26+07,70	-	31°21'	250	70,15	136,79	9,65	3,51	25+37,55	26+74,34	133,58	231,76	0°34'	СВ:0°34'
УГ.3	3	31+20,75	34°21'	-	400	123,63	239,81	18,67	7,45	29+97,12	32+36,93	322,78	516,56	34°55'	СВ:34°55'
КТ	3	34+00,00										163,07	286,70		

Контроль: $\sum P_n + \sum K_n = 967,40 + 432,60 = 1400 \text{ м}$

$\sum S_n - \sum D_n = 1411,02 - 11,02 = 1400 \text{ м}$

$L = \text{ПК НТ} - \text{ПК КТ} = \text{ПК } 20 + 00 - \text{ПК } 34 + 00 = 1400 \text{ м}$

$\sum \beta_{\text{пр.}} - \sum \beta_{\text{лев.}} = \alpha_{\text{к}} - \alpha_{\text{н}}$

$40^\circ 46' - 31^\circ 21' = 34^\circ 55' - 25^\circ 30' = 9^\circ 25'$

ПЕРВЫЙ НИВЕЛИР

Журнал геометрического нивелирования

Номера станций	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превыше- ния h		Средние превыше- ния h		Горизонт прибора, м ГП	Условная высота, м Н	Примечание
		Задний a	Передний b	Промежуточный c	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Реп.2	5324									
		0636				1209					
	ПК 20	4688	6533			1210		1210			
			1846								
2	ПК 20	5162	4687								
		0475				2203					
	ПК 21	4687	7365			2203		2203			
			2678								
3	ПК 21	5088	4687								
		0400				1899					
	+74	4688		1700		1900		1899			
	ПК 22		6987								
			2300								
4	ПК 22	5191	4687								
		0502				0640					
	+50	4689		0003		0640		0640			
	ПК 23		5831								
			1142								
5	ПК23	5409	4689								
		0720				1398					
	+76	4689		1080		1398		1398			
	ПК 24		6807								
			2118								
			4689								
		$\sum a =$ 28907	$\sum b =$ 43607		$\sum h =$ -14700		$\sum h_{cp} =$ -7350			$H_{ПК25} -$ $H_{ПК21}$	

Номера станций	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превышения h		Средние превыше- ния h		Горизонт прибора, м, ГП	Условная высота, м Н	Примечание
		Задний	Передний	Промежуточный с	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	ПК24	7415									
		2728									
	+20	4687		1470							
	ПК25		5354								
			0666								
7	ПК25	7626	4688								
		2937									
	ПК26	4689	4998								
			0308								
8	ПК26	5190	4690								
		0502									
	ПК27	4688	7148								
			2459								
9	ПК27	6739	4689								
		2050									
	+72	4689	4867								
			0180								
10	+72	5016	4687								
		0327									
	X	4689	7214								
			2526								
			4688								
11	X	5127									
		0439									
	ПК28	4688	6628								
			1941								
12	ПК28	5066	4687								
		0377									
	+50	4689	6191								
			1502								
13	+50	4890	4689								У.В.В.- уровень высоких
		0201									
	У.В.В.	4689		1937							
	ПК29		7607								

			2918								вод
13*	ПК29	0150	4689								спец. ст. для опред. высоты У.М.В.
	+12	Глубина реки 2,30 м (от уровня воды)									
	Уров. вод			1670							
14	ПК29	6877									*У.М.В. в данном случае совпадает с уровнем воды
		2188									
	+20	4689		2166							
	+50		4973								
			0286								
			4687								

15	+50	7670									
		2982									
	X	4688	5076								
			0388								
16	X	7686	4688								
		2998									
	ПК30	4688	4941								
			0253								
17	ПК30	6306	4688								
		1618									
	+50	4688		2141							
	ПК31		6327								
			1639								
18	ПК31	6521	4688								
		1833									
	ПК32	4688	5498								
			0810								
19	ПК32	5588	4688								
		0901									
	+50	4687		1317							
	ПК33		6339								
			1650								
			4689								
20	ПК33	5157									
		0469				2409					
	ПК34	4688	7566			2410		2409			
			2879								
			4687								

ВТОРОЙ НИВЕЛИР

Журнал геометрического нивелирования

Номера станций	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превыше- ния h		Средние превышения h		Горизонт прибора, м ГП	Условная высота, м Н	Примечание
		Задний a	Передний b	Промежуточ- ный	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Реп. 2	5205									
		0517									
	ПК20	4688	6417								
			1728								
2	ПК20	5261	4689								
		0573									
	ПК21	4688	7465								
			2776								
3	ПК21	5006	4689								
		0318									
	ПК22	4688	6903								
			2216								
4	ПК22	6190	4687								
		1504									
	ПК23	4686	6832								
			2144								
5	ПК23	5813	4688								
		1125									
	ПК24	4688	7213								
			2524								
			4689								
6	ПК24	7213									
		2525									
	ПК25	4688	5152								
			0463								
7	ПК25	7596	4689								
		2909									
	ПК26	4687	4968								
			0279								
8	ПК26	5099	4689								
		0410									
	ПК27	4689	7060								
			2371								
	ПК27	6898	4688								

9		2210									
	+72	4688	5028								
			0340								
10	+72	5005	4688								
		0318									
	X	4687	7203								
			2516								
			4687								
11	X	5328									
		0641									
	ПК28	4687	6831								
			2143								

12	ПК28	5220	4688								
		0532									
	+50	4688	6343								
			1657								
13	+50	4942	4689								
		0254									
	ПК29	4688	7660								
			2971								
14	ПК29	7073	4689								
		2384									
	+72	4689	5172								
			0484								
15	+72	7654	4688								
		2966									
	X	4688	5059								
			0372								
			4687								
16	X	7667									
		2979									
	ПК30	4688	4920								
			0233								
17	ПК30	5505	4687								
		0816									
	ПК31	4689	5525								
			0836								
18	ПК31	6411	4689								
		1722									
	ПК32	4689	5392								
			0704								
	ПК32	5891	4688								

19		1203									
	ПК33	4688	6643								
			1954								
20	ПК33	5005	4689								
		0318									
	ПК34	4687	7419								
			2731								
			4688								

Приложение 4

Нивелирование поперечников

Номера станций	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превышения h		Средние превышения h		Горизонт прибора, м, ГП	Условная высота, м Н	Примечание
		Задний а	Передний й	Промежуточный	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Поперечник на ПК 27+00

	ПК 27+00	0822									
	Пр. +12			1280							
	Пр. +50			1420							
	Л. +8			1685							
	Л. +14			2285							
	Л. +50			2670							
				Σ Впром					H_i	ΣH	

$$\Sigma H = n * H_i - \Sigma V_{\text{пром}}$$

Номера станций	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превышения h		Средние превышения h		Горизонт прибора, м, ГП	Условная высота, м Н	Примечание
		Задний, а	Передний, в	Промежуточный, с	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Поперечник на ПК 32+50											
	ПК32+50	0642									
	Пр. +8			0850							
	Пр. +12			2987							
	Пр. +50			2844							
	Л. +4			0648							
	Л. 15			1325							
	Л. +50			2042							
				Σ Впром					H_i	ΣH	

$$\Sigma H = n * H_i - \Sigma V_{\text{пром}}$$

Учебное издание

Еремеева Светлана Сергеевна
Вязова Елена Витальевна

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА И ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине
«Инженерно-геодезические работы в строительстве»
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство
(профиль «Автомобильные дороги»)
всех форм обучения

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)»
Волжский филиал

428011, Чувашская Республика,
г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, д. 101, корп.30