

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Т.Е. Плотникова, А.В. Ананина

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Пермь
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ
2023

УДК 528.2/.5

ББК 26.11с5+26.110

Рецензенты:

О.Г. Брыжко, кандидат экономических наук, доцент кафедры геодезии и кадастра недвижимости (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ);

А.А. Неретин, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и геоинформатики (ФГБОУ ВО МАДИ).

Плотникова, Т.Е., Ананина, А.В.

Инженерная геодезия: методические указания для выполнения лабораторных работ / Т.Е.Плотникова, А.В. Ананина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь: 2023. – 75 с.: ил.

В методических указаниях представлены варианты заданий для выполнения лабораторных работ, изложена последовательность действий при выполнении лабораторных работ по разделам дисциплины «Инженерная геодезия».

Методические указания предназначены для обучающихся направления подготовки 08.03.01 Строительство, Направленность (профиль) Автомобильные дороги, очной формы обучения.

УДК 528.2/.5

ББК 26.11с5+26.110

Методические указания рекомендованы к изданию методической комиссией института землеустройства, кадастра, инженерных и строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, протокол № 2 от 26 октября 2023 г.

ISBN

© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023

© Плотникова Т.Е., 2023

© Ананина А.В., 2023

Содержание

Введение.....	4
Раздел I. Основы геодезии.....	5
Раздел II. Геодезические измерения.....	18
Раздел III. Геодезические работы при изысканиях и проектировании инженерных сооружений.....	40
Раздел IV. Геодезические разбивочные работы. Исполнительные съемки.....	67
Раздел V. Основные виды специальных геодезических работ. Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями инженерных сооружений.....	71
Заключение	74
Список рекомендованных источников	75

ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геодезические работы являются чрезвычайно важной и неотъемлемой частью комплекса работ по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог и сооружений на них. Эти работы во многом определяют как стоимость и качество строительства, так и условия последующей эксплуатации инженерных объектов.

Целью методических указаний является формирование у обучающихся теоретических и практических знаний, необходимых при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, объектов промышленного, гражданского и специального назначения, а также ознакомление с современными технологиями, используемыми в геодезических приборах, методах измерений и вычислений, построении геодезических сетей и производстве съемок.

Методические указания содержат сведения об устройстве и основных приемах работы с оптическими теодолитами, нивелирами при выполнении инженерно-геодезических работ.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины инженерная геодезия, изучаемой обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 – Строительство, направленность (профиль) – Автомобильные дороги. Предназначены для выполнения лабораторных работ студентами очной форм обучения.

Раздел I. Основы геодезии

Лабораторная работа №1. Масштабы

Цель: познакомиться с видами основных масштабов.

Задачи: решать с помощью масштабов практические задачи с оценкой точности линейных построений и определений.

Приборы и принадлежности: линейка поперечного масштаба, циркуль-измеритель.

Задание 1. Длина линии на местности $d_m=183,45$ м. Определить, какой будет её длина $d_{пл}$ на плане масштаба 1:5000 с точностью 0,1 мм.

Решение: $d_{пл} = d_m : a$, где a – число метров на местности, соответствующее 1 см плана. Для масштаба 1:5000 1 см – 50 м.

$$d_{пл} = 183,45 : 50 = 3,669 \text{ см} = 36,69 \text{ мм} \approx 36,7 \text{ мм.}$$

Определить длину линии на плане по своему варианту.

№	d_m	Масштаб	№	d_m	Масштаб	№	d_m	Масштаб
1	54,32	1:100	11	53,66	1:500	21	361,23	1:1000
2	76,36	1:200	12	78,26	1:1000	22	251,21	1:5000
3	99,53	1:500	13	47,25	1:5000	23	115,24	1:10000
4	125,07	1:1000	14	613,19	1:10000	24	363,25	1:25000
5	248,93	1:5000	15	951,22	1:25000	25	774,23	1:50000
6	888,95	1:10000	16	484,94	1:50000	26	2185,24	1:100000
7	943,40	1:25000	17	1873,25	1:100000	27	144,32	1:100
8	1246,30	1:50000	18	205,81	1:100	28	58,16	1:200
9	81,47	1:100	19	146,58	1:200	29	784,22	1:500
10	16,35	1:200	20	86,52	1:500	30	136,15	1:1000

Задание 2. Длина линии на плане $d_{пл} = 4,31$ см. Масштаб плана 1:2000. Определить её длину на местности d_m .

Решение: $d_m = d_{пл} * a$, где a – число метров на местности, соответствующее 1 см плана при 1:2000, 1 см – 20 м.

$$d_m = 4,31 * 20 = 86,2 \text{ м.}$$

Определить длину линии на местности по своему варианту.

№	$d_{пл}, \text{ см}$	Масштаб	№	$d_{пл}, \text{ см}$	Масштаб	№	$d_{пл}, \text{ см}$	Масштаб
1	54,32	1:100	11	43,66	1:500	21	31,23	1:1000
2	36,36	1:200	12	38,26	1:1000	22	21,21	1:5000
3	29,53	1:500	13	17,25	1:5000	23	15,24	1:10000

4	25,07	1:1000	14	13,19	1:10000	24	33,25	1:25000
5	18,93	1:5000	15	51,22	1:25000	25	34,23	1:50000
6	48,95	1:10000	16	44,94	1:50000	26	25,24	1:100000
7	43,40	1:25000	17	13,25	1:100000	27	24,32	1:100
8	26,30	1:50000	18	5,81	1:100	28	18,16	1:200
9	31,47	1:100	19	16,58	1:200	29	14,22	1:500
10	16,35	1:200	20	8,52	1:500	30	16,15	1:1000

Задание 3. На плане длина линии $d_{пл}=26,7$ см, на местности её длина равна $d_m = 1335,0$ м. Определить численный масштаб плана.

Решение: $M = \frac{d_{пл}}{d_m} = \frac{1}{(d_m \cdot 100) : d_{пл}}$, где $d_m \cdot 100$ – длина линии на местности в м, выраженная в см.

$$M = \frac{26,7 \text{ см}}{1335,0 \text{ м}} = \frac{1}{133500 : 26,7} = \frac{1}{5000}$$

Определить численный масштаб плана по своему варианту.

№	$d_{пл}, \text{ см}$	$d_m, \text{ м}$	№	$d_{пл}, \text{ см}$	$d_m, \text{ м}$	№	$d_{пл}, \text{ см}$	$d_m, \text{ м}$
1	4,32	1080	11	43,66	218,3	21	3,23	1615
2	6,36	636	12	38,26	382,6	22	21,21	106,05
3	2,53	632,5	13	17,25	4312,5	23	5,24	26,2
4	5,07	253,5	14	13,19	6595	24	3,25	32,5
5	18,93	946,5	15	51,22	5122	25	4,23	2115
6	48,95	2447,5	16	44,94	224,7	26	5,24	262
7	43,40	2170	17	13,25	66,25	27	4,32	43,2
8	6,30	1575	18	5,81	2905	28	1,16	580
9	31,47	3147	19	16,58	82,9	29	4,22	211
10	16,35	81,75	20	8,52	2130	30	6,15	30,75

Задание 4. На плане масштаба 1:2000 площадь участка равна $S_{пл}=12,6 \text{ см}^2$. Определить её площадь на местности S_m в гектарах.

Решение: Для масштаба 1:2000 1 см на плане соответствует 20м на местности, а 1 см^2 плана соответствует $20^2=400 \text{ м}^2=0,04 \text{ га}$. $S_m=12,6 \cdot 0,04=0,504 \text{ га}$.

Определить площадь участка на местности с точностью до 0,01 га по своему варианту.

№	Масштаб	$S_{пл}, \text{ см}^2$	№	Масштаб	$S_{пл}, \text{ см}^2$	№	Масштаб	$S_{пл}, \text{ см}^2$
1	1:1000	4,32	11	1:5000	43,66	21	1:1000	3,23
2	1:2000	6,36	12	1:10000	38,26	22	1:2000	21,21
3	1:5000	2,53	13	1:1000	17,25	23	1:5000	5,24
4	1:10000	5,07	14	1:2000	13,19	24	1:10000	3,25
5	1:1000	18,93	15	1:5000	51,22	25	1:1000	4,23
6	1:2000	48,95	16	1:10000	44,94	26	1:2000	5,24
7	1:5000	43,40	17	1:1000	13,25	27	1:5000	4,32

8	1:10000	6,30	18	1:2000	5,81	28	1:10000	1,16
9	1:1000	31,47	19	1:5000	16,58	29	1:1000	4,22
10	1:2000	16,35	20	1:10000	8,52	30	1:2000	6,15

Задание 5. С помощью линейки поперечного масштаба построить прямоугольную систему координат и нанести точки полигона по заданным координатам в масштабе 1:1000.

Определить длины сторон полученного полигона и подписать их на плане.

<i>№ варианта</i>	<i>X, Y</i>	<i>Точка 1</i>	<i>Точка 2</i>	<i>Точка 3</i>	<i>Точка 4</i>
1	X	43,67	68,35	49,86	16,91
	Y	13,42	25,34	84,16	43,33
2	X	47,64	114,12	61,42	12,61
	Y	21,16	15,43	110,08	78,34
3	X	36,18	54,31	16,18	-26,45
	Y	22,16	64,38	105,67	60,13
4	X	44,51	63,33	67,84	13,66
	Y	19,88	67,84	86,33	82,16
5	X	-35,26	41,56	51,26	-8,64
	Y	44,26	24,87	46,39	52,38
6	X	23,35	84,66	62,32	34,66
	Y	21,56	46,38	52,24	63,37
7	X	13,42	25,34	84,16	43,33
	Y	47,64	114,12	61,42	12,61
8	X	21,16	15,43	110,08	78,34
	Y	36,18	54,31	16,18	-26,45
9	X	22,16	64,38	105,67	60,13
	Y	44,51	63,33	67,84	13,66
10	X	19,88	67,84	86,33	82,16
	Y	-35,26	41,56	51,26	-8,64
11	X	76,36	5,62	-45,61	16,33
	Y	57,33	92,34	45,38	15,27
12	X	44,26	24,87	46,39	52,38
	Y	23,35	84,66	62,32	34,66
13	X	21,56	46,38	52,24	63,37
	Y	13,42	25,34	84,16	43,33
14	X	34,34	101,12	74,42	25,63
	Y	36,16	27,43	79,68	69,34
15	X	76,18	51,31	31,18	-18,25
	Y	16,16	43,33	67,67	48,13

16	X	87,36	16,62	84,46	21,33
	Y	68,33	103,34	56,38	44,21
17	X	84,36	26,62	74,46	31,33
	Y	58,33	93,34	16,38	45,21
18	X	-33,67	61,35	44,86	66,91
	Y	23,42	45,34	27,16	16,33
19	X	41,64	14,12	41,42	-40,61
	Y	-33,16	15,43	110,08	18,34
20	X	-36,18	14,31	16,18	-26,45
	Y	-22,16	74,38	45,67	30,13
21	X	94,51	53,33	57,84	43,66
	Y	29,88	57,84	76,33	72,16
22	X	45,26	51,56	61,26	-18,64
	Y	54,26	34,87	56,39	62,38
23	X	23,67	91,35	-12,86	12,91
	Y	44,42	52,34	-41,16	85,33
24	X	26,64	44,12	25,42	55,61
	Y	51,16	51,43	74,08	77,34
25	X	14,18	25,31	75,18	-26,45
	Y	55,16	64,38	35,67	75,13
26	X	85,51	54,33	85,84	53,66
	Y	55,88	64,84	73,33	12,16
27	X	-85,26	12,56	51,26	73,64
	Y	-81,26	98,87	66,39	32,38
28	X	37,67	56,35	63,86	56,91
	Y	76,47	43,34	34,16	56,33
29	X	72,64	17,12	47,42	17,61
	Y	21,16	16,43	72,08	72,34
30	X	23,18	56,31	78,18	-26,75
	Y	45,16	76,38	36,67	68,13

Рассмотрим пример работы с поперечным масштабом. Допустим, что необходимо отложить в масштабе 1:5 000 расстояние равное 465,57 м.

Рассчитаем элементы масштаба:

- 1 см на плане соответствует 50 метрам на местности.
- Основание масштаба 2 см – 100м,
- малое деление 0,2 см – 10 м,
- наименьшее деление 0,02 см - 1м,
- точность масштаба 0,1 мм – 0,5 м.

Следовательно, при откладывании расстояний в масштабе 1:5000 все размеры можно округлить до 0,5 м.

Откладываем измерителем четыре основания масштаба (400 м), затем левую иглу измерителя перемещаем влево на шесть малых делений (60 м) и перемещаем измеритель вверх на 5,5 делений (5,5 м), при этом левая игла должна перемещаться по трансверсали, а правая по вертикали. Обе иглы должны всегда быть на одном уровне.

$$400 \text{ м} + 60 \text{ м} + 5,5 \text{ м} = 465,5 \text{ м}$$

Рассмотрим еще один пример. Допустим, что нужно построить в масштабе 1:2000 линию длиной 96,87 м.

Рассчитаем элементы масштаба:

- 1 см на плане соответствует 20 метрам на местности.
- Основание масштаба 2 см соответствует 40 м,
- малое деление - 0,2 см соответствует 4 м,
- наименьшее деление 0,02 см соответствует 0,4 м,
- точность масштаба 0,01 см - 0,2 м.

Откладываем измерителем два основания масштаба:

(40 м * 2 = 80 м), остается 16,8 м, левую иглу измерителя перемещаем влево на четыре малых деления (4 м * 4 = 16 м), при этом левая игла должна перемещаться по трансверсали, а правая по вертикали. Следует помнить, что обе иглы должны всегда быть на одном уровне.

$$80 \text{ м} + 16 \text{ м} + 0,8 \text{ м} = 96,8 \text{ м}$$

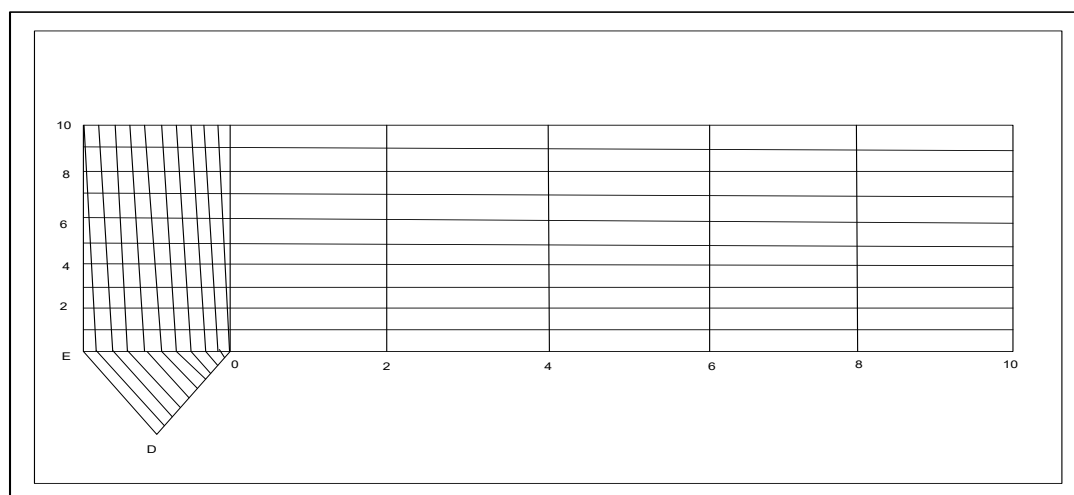


Рисунок 1 – Линейка поперечного масштаба

Лабораторная работа №2. Определение прямоугольных и географических координат

Цель: научиться определять прямоугольные и географические координаты на картах.

Задачи: познакомиться с элементами топографической карты, ее математической основой, системами координат; научиться определять геодезические и прямоугольные координаты точек.

Приборы и принадлежности: карта, циркуль-измеритель.

Задание 1. Определить географические координаты точек.

На топографические карты наносят три вида рамок – внешние, внутренние и минутные.

Внешние рамки предназначены для придания оригиналу карты эстетического и законченного вида.

Внутренние рамки ограничивают внутреннее содержание топографической карты. Северная и южная рамки представляют собой отрезки дуг параллелей, а западная и восточная – отрезки дуг меридианов. В углах внутренних рамок указываются их географические координаты.

Минутные рамки представляют собой чередование залитых и незалитых отрезков вдоль внешних рамок. В северном и восточном полушариях заливаются все нечетные минуты, в южном и восточном – четные. Число минут (градусов) зависит от масштаба листа топографической карты. Каждая минута разбивается точками на шесть промежутков по 10".

Географические координаты точки C – широту B и долготу L – определяют, пользуясь минутными рамками листа карты (трапеции). Для этого

проводят ближайшие к точке меридиан и параллель или опускают перпендикуляры на ближайшие к точке рамки листа карты.

Порядок определения географических координат:

- провести ближайшую к точке С южную вспомогательную параллель.

Для этого соединить прямой линией одинаковые отсчеты минут на западной и восточной рамках листа карты;

- провести ближайший к точке С западный вспомогательный меридиан, для этого соединить линией одинаковые отсчеты минут северной и южной рамок;

- в раствор циркуля-измерителя взять расстояние от точки до ближайшей проведенной вспомогательной параллели. Приложить циркуль-измеритель к одной из широтных минут. Определить в секундах приращение по широте;

- широту точки С вычислить по формуле $BC = B_{всп} \pm \Delta B$;

- в раствор циркуля-измерителя взять расстояние от точки до ближайшего проведенного вспомогательного меридиана. Приложить циркуль-измеритель к одной из долготной минут. Определить в секундах приращение по долготе; • долготу точки С вычислить по формуле $LC = L_{всп} \pm \Delta L$.

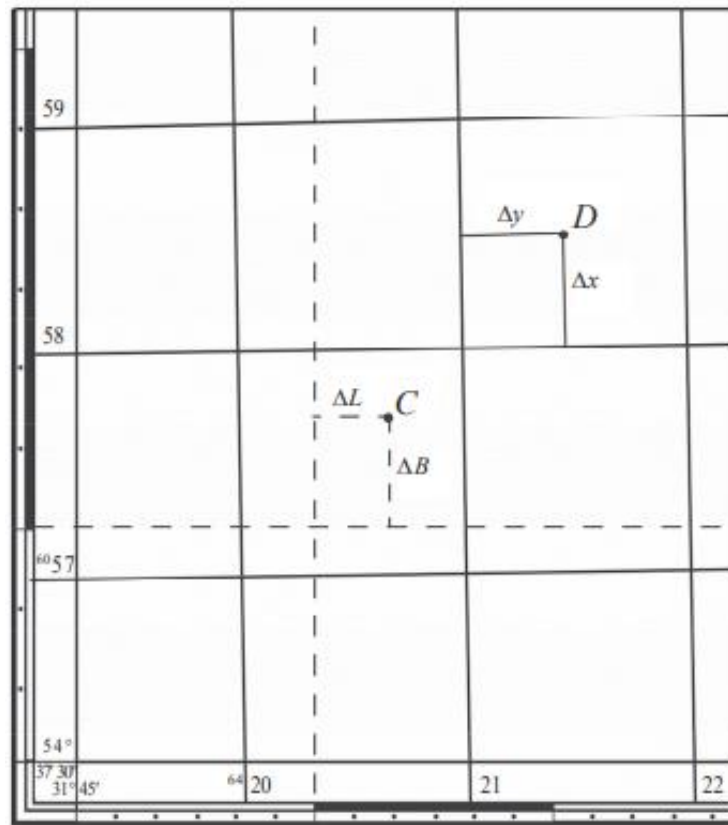


Рисунок 2 – Определение прямоугольных и географических координат

Знаки приращений координат зависят от положения на карте относительно точки С вспомогательных ближайших параллели и меридиана. Например, географические координаты точки С равны:

$$B_C = 54^{\circ}38'00'' + 14'' = 54^{\circ}38'14'',$$

$$L_C = 31^{\circ}46'00'' + 19'' = 31^{\circ}46'19''.$$

Задание 2. Определить прямоугольные координаты точек.

Для определения прямоугольных координат точек при решении практических задач на топографические карты наносят сетку прямоугольных координат Гаусса.

Координатная (километровая) сетка представляет собой сеть квадратов, образованных прямыми линиями, проведенными через целое число километров, параллельными осям X и Y зональной системы координат. Число километров зависит от масштаба топографической карты.

Ближайшие к углам рамки линии координатной километровой сетки подписываются полным числом километров, а остальные – сокращенно, двумя

последними цифрами, причем первые две (иногда три – для ординат) цифры набраны мелким шрифтом. Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию от экватора, а подписи вертикальных линий – их преобразованным (приведенным) ординатам.

Порядок определения прямоугольных координат:

- по оцифровке километровой сетки определить значения координат (x_0 , y_0) ближайшего угла квадрата, в котором расположена заданная точка D. В данном случае это юго-западный угол;

- с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба измерить длины перпендикуляров, опущенных из точки на западную и южную стороны квадрата координатной сетки, полученные значения – это приращения координат Δx и Δy ;

- координаты точки вычислить по формулам

$$x_D = x_0 \pm \Delta x,$$

$$y_D = y_0 \pm \Delta y.$$

Например, для точки D (рис. 3) измеренные значения координат будут следующими:

$$x_D = 6\,058\,000 + 500 = 6\,058\,500 \text{ м},$$

$$y_D = 6\,421\,000 + 489 = 6\,421\,489 \text{ м}.$$

При записи полных прямоугольных координат необходимо помнить, что ордината точки – всегда условная величина, означающая удаление точки вправо или влево от осевого меридиана зоны. В геодезии принято считать ординатой осевого меридиана зоны значение 500 000,0 м. Поэтому для точки D в ее ординате $y_D = 6\,421\,489$ м цифра 6 – номер зоны, а 421 489,0 м – условное удаление влево от осевого меридиана 6-й зоны. Действительное удаление точки D от осевого меридиана составит $421\,489,0 - 500\,000,0 = -78\,511,0$ м.

Лабораторная работа №3. Решение задач по карте (плану) с
горизонталями

Цель: научиться решать инженерно-геодезические задачи с учетом рельефа участка местности, изображенного на карте (плане) с горизонталями.

Задачи: определить отметки точек на карте, спроектировать трассу с заданным уклоном, построить профиль.

Приборы и принадлежности: карта, линейка поперечного масштаба, циркуль-измеритель.

Задание 1. Определить отметки точек и превышений между ними.

а) Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали.

Отметки горизонталей находят с учетом высоты сечения рельефа, направления ската, подписей отметок утолщенных горизонталей и характерных точек рельефа.

б) Отметку точки, расположенной между горизонталями, определяют из выражения: $H_2 = H_{мл} + \Delta h_1 = H_{мл} + l_1/d * h$

где: $H_{мл}$ – отметка младшей горизонтали;

Δh – превышение точки над младшей горизонталью;

d – заложение ската;

l_1 – расположение в плане от младшей горизонтали;

h – высота сечения рельефа, м.

Значения d и l_1 определяются на плане с помощью циркуля – измерителя с точностью до 0,2 мм.

Пример: $H_2 = 150\text{м} + 3,2\text{мм}/8,3\text{мм} * 2,5\text{м} = 151\text{м}$.

Для контроля отметку точки следует определить относительно старшей горизонтали: $H_2 = H_{ст} - \Delta h_2 = H_{ст} - l_2/d * h$.

в) Отметку точки, расположенной между горизонталями с одинаковыми отметками, либо внутри замкнутой горизонтали, можно определить лишь приближённо. При этом отметку точки принимают меньше или больше отметки этой горизонтали на половину высоты сечения рельефа, т.е. $0,5h$.

$$H_3 = 155,0 - 0,5 * 2,5 = 153,75 \text{ м.}$$

Превышения между точками определяют как разность отметок последующей и предыдущей точки $h_n = H_n - H_{n-1}$

Контролем правильности является равенство нулю суммы всех превышений.

Точки	Отметки точек, Н, м	Превышения h, м
1	152,50	-1,50
2	151,00	2,75
3	153,75	7,50
4	161,25	-8,75
1	152,50	$\sum 0$

Задание 2. Спроектировать трассу с заданным уклоном.

На карте масштаба 1:10000 требуется наметить трассу дороги между точками А и В, чтобы уклон её во всех частях не превышал $i_{пр}$, т.е. на любом участке трассы должно соблюдаться условие: $i \leq i_{пр}$

Пример: Заданный проектный уклон $i_{пр} = 0,025$, $h = 2,5 \text{ м.}$

Порядок действий:

а) Рассчитывают заложение, соответствующее заданному проектному уклону, $d = h / i_{пр} = 2,5 / 0,025 = 100 \text{ м.}$ и выражают его в масштабе карты:

$$d' = d_{\text{м}} * 100 / M = 100 \text{ м} * 100 / 10000 = 1,0 \text{ см.}$$

б) Раствором циркуля, равным заложению d' см, из точки А засекают соседнюю горизонталь и получают точку 1; из точки 1 тем же раствором засекают следующую горизонталь, получая точку 2, и т.д. Соединив полученные точки, проводят трассу с заданным уклоном.

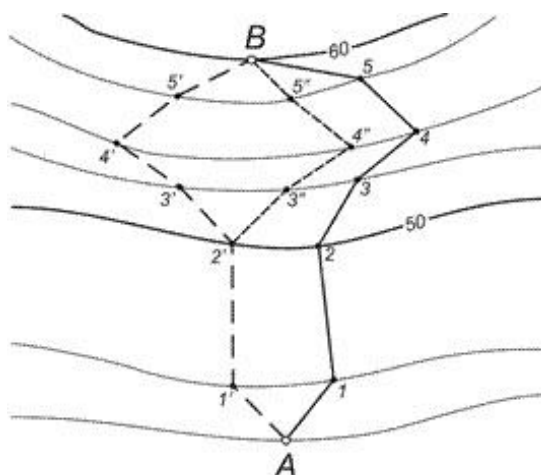


Рисунок 3 – Пример проектирования линии с заданным уклоном

Если рассчитанное заложение d' окажется меньше расстояния между соседними горизонталями (т.е. уклон ската на данном участке меньше заданного), то участок трассы проводится по кратчайшему расстоянию между ними. Решение этой задачи позволяет наметить несколько вариантов трассы, из которых выбирается наиболее приемлемый по технико-экономическим соображениям.

Задание 3. Построить профиль по заданному направлению.

Профиль – вертикальный разрез местности по заданному направлению.

Построение профиля по заданному на карте направлению А – С необходимо выполнять на листе миллиметровой бумаги в следующей последовательности:

1. На листе миллиметровой бумаги проводят горизонтальную линию (основание профиля) и на ней в масштабе плана откладывают отрезки А – 1, 1 – 2, ..., и т.д., т.е. точки пересечения линии А – С с горизонталями и характерными точками рельефа. В нижней строке записывают расстояния между точками профиля, а под соответствующими А, 1, 2, ... - их отметки.

2. Выбирают условный горизонт (УГ) с таким расчетом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля. Отметка условного горизонта должна быть круглой – кратной 10 м.

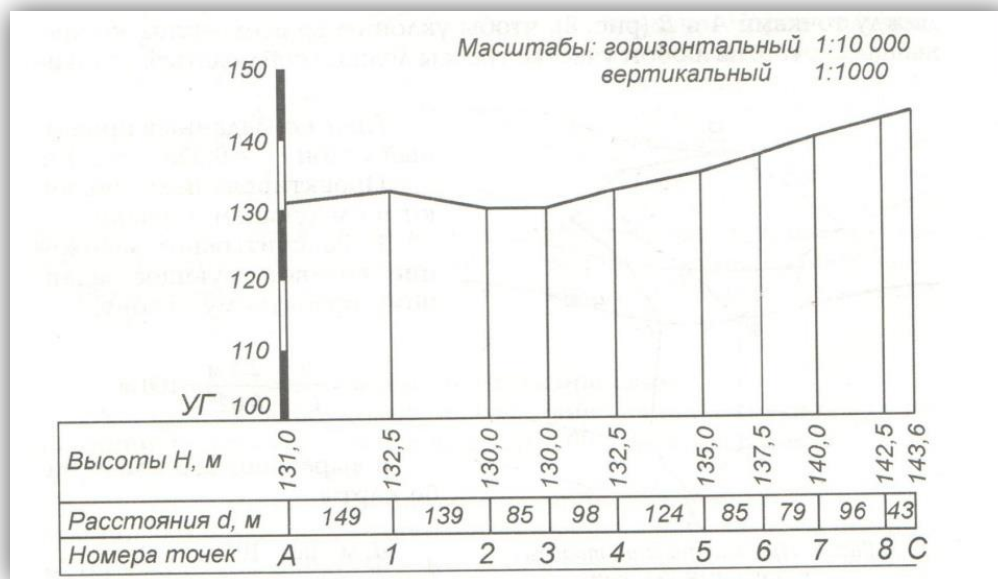


Рисунок 4 – Профиль линии местности

Принимают её с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля была выше линии условного горизонта на 3-5 см. Во всех отмеченных точках на основании профиля восставляют перпендикуляры и на них в выбранном вертикальном масштабе откладывают отметки точек, уменьшенные на высоту условного горизонта. Для наглядности и выразительности вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального. Соединив верхние концы перпендикуляров отрезками, получают профиль местности по линии А – С.

Раздел II. Геодезические измерения

Устройство теодолита и порядок работы

Теодолит – геодезический прибор, при помощи которого измеряют горизонтальные и вертикальные углы с целью определения положения точек. Горизонтальный угол – это проекция на горизонтальную плоскость двугранного угла, образованного вертикальными плоскостями, содержащими наблюдаемые точки. Вертикальный угол – острый угол между линией визирования (направлением на точку) и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

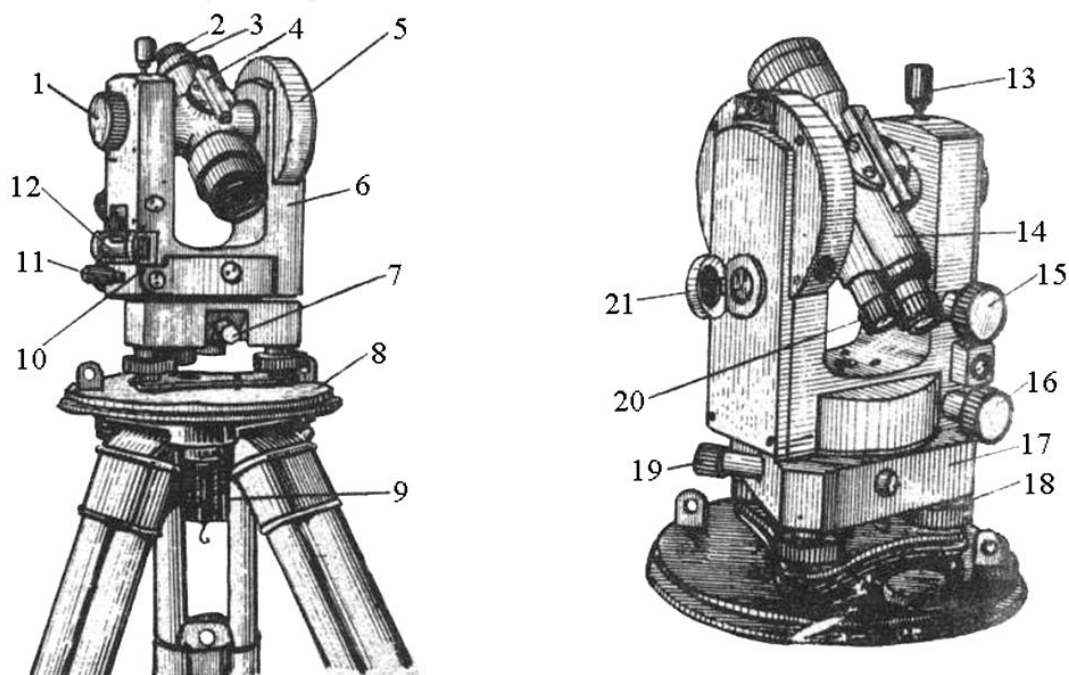


Рисунок 5 – Теодолит 2Т30: 1 – кремальера; 2 – диоптрийное кольцо; 3 – колпачок, под которым расположены исправительные винты секи нитей; 4 – оптический визир; 5 – вертикальный круг; 6- подставка зрительной трубы; 7 – закрепительный винт лимба; 8 –основание футляра; 9 – становой винт; 10 – исправительный винт уровня; 11 – закрепительный винт алидады; 12 – цилиндрический уровень; 13 – закрепительный винт зрительной трубы; 14 – зрительная труба; 15 – наводящий винт зрительной трубы; 16 – наводящий винт алидады; 17 – подставка; 18 – подъёмный винт; 19 – наводящий винт лимба; 20 – окуляр шкалового микроскопа; 21 – зеркало.

Технический теодолит Т30 (2Т30) предназначен для измерения углов со средней квадратической погрешностью измерения угла одним приемом $m = 30''$ в теодолитных и тахеометрических ходах, съемочных сетях, а также для выполнения разбивочных работ на местности.

Основными частями теодолита являются алидада и лимб горизонтального круга, алидада и лимб вертикального круга, зрительная труба с внутренним фокусированием, уровень при алидаде горизонтального круга, а также отсчетное, наводящее и закрепительное устройства.

Лимб – это диск или кольцо из оптического стекла с нанесенными по ходу часовой стрелки делениями от 0 до 360° . Алидада – часть прибора, несущая элементы отсчетного устройства, с помощью которых фиксируются отсчеты по шкале лимба. Лимб и алидада горизонтального круга вращаются как отдельно, так и совместно.

Ось вращения алидады горизонтального круга называют основной или вертикальной осью прибора. Зрительная труба теодолита вращается вокруг горизонтальной оси, установленной на колонках, в результате чего образуется вертикальная плоскость, называемая коллимационной.

Лимб вертикального круга жестко соединен со зрительной трубой и вращается вместе с ней относительно неподвижной алидады. Отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси и положению уровня при алидаде в нуль-пункте, называют местом нуля. Вертикальный круг, если смотреть со стороны окуляра, может располагаться справа от зрительной трубы – «круг право» (КП) и слева – «круг лево» (КЛ).

В качестве отсчетных устройств в технических теодолитах используются штриховые и шкаловые микроскопы. В поле зрения микроскопа передаются изображения штрихов и цифр обоих кругов. Окуляр микроскопа располагается рядом с окуляром зрительной трубы.

Для фиксации подвижных частей прибора используют соответствующие закрепительные винты лимба, алидады и зрительной трубы. Наводящие винты работают только при затянутом положении закрепительных винтов.

При подготовке теодолита к работе его необходимо установить на штатив и выполнить центрирование прибора, т. е. установить центр лимба горизонтального круга над вершиной измеряемого угла при помощи отвеса или оптического центрира. Закрепить теодолит становым винтом.

Отсчетные устройства

В верхней части поля зрения отсчетного микроскопа, обозначенной буквой «В», видны штрихи и цифры вертикального круга, в нижней части, обозначенной буквой «Г», – штрихи и цифры горизонтального круга.

В теодолите 2Т30 в качестве отсчетного устройства применяется шкаловый микроскоп. Цена деления лимба 1° , а длина шкалы равна расстоянию между градусными штрихами на лимбе. Шкала разделена на 12 делений, следовательно, цена деления шкалы $5'$. Оценивая десятые доли одного деления шкалы на глаз, можно сделать отсчет по градусному штриху лимба с точностью до $30''$. Шкала для вертикального круга имеет два ряда цифр. Когда в пределах шкалы находится штрих лимба, подписанный цифрой со знаком «-», записывают отрицательный отсчет, а минуты отсчитывают по нижнему ряду цифр справа налево (от -0 к -6 на шкале). Так, на рисунке 6 отсчет по вертикальному кругу $-5^\circ 25' 30''$.

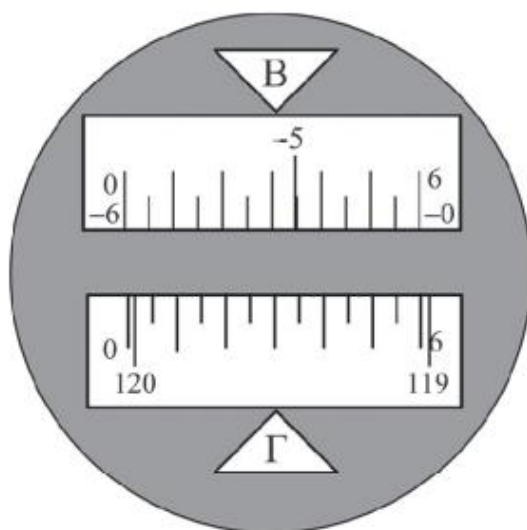


Рисунок 6 – Поле зрения микроскопа: теодолит 2Т30 (отсчет по вертикальному кругу $-5^\circ 25' 30''$, отсчет по горизонтальному кругу $120^\circ 02'$)

Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение. Полная установка теодолита в рабочее положение складывается из следующих операций:

- центрирование прибора над точкой;
- горизонтирование теодолита;
- установка зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование теодолита – это действия, в результате которых центр лимба горизонтального круга совмещается с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса либо оптического центрира.

При центрировании теодолита с помощью нитяного отвеса штатив устанавливают таким образом, чтобы отвес, подвешенный к крючку становой винта, оказался приблизительно над точкой, а поверхность головки штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над центром точки; после этого становой винт закрепляют.

Горизонтирование – это приведение оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга. Для этого цилиндрический уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

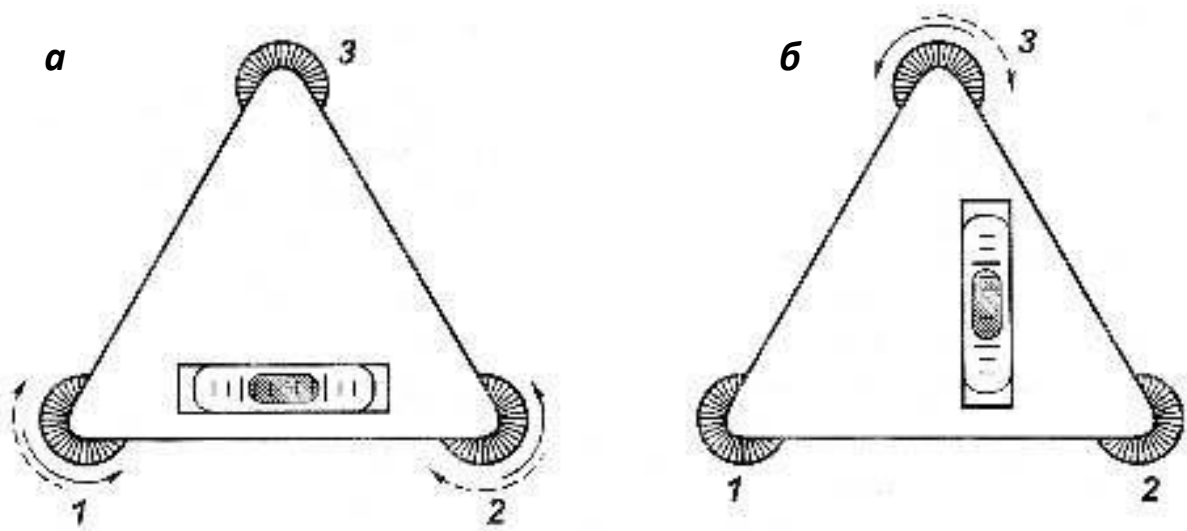


Рисунок 7 – Схема горизонтирования теодолита

Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

После горизонтирования теодолита уточняют его центрирование.

Установка зрительной трубы для наблюдения включает в себя установку трубы по глазу наблюдателя и по предмету, т.е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

Лабораторная работа №4. Угловые измерения.

Цель: освоение методики и получения практических навыков измерения горизонтальных углов способом приемов с помощью теодолитов типа Т30.

Задачи: Измерение горизонтальных углов способом приемов.

Приборы и принадлежности: теодолит 2Т30П, штатив.

Каждый студент должен измерить не менее двух горизонтальных углов. Все записи результатов измерений и вычислений производятся в полевом журнале.

При измерении горизонтальных углов применяют способ приемов (способ отдельного угла).

При прокладке теодолитных ходов и решении инженерных задач на местности обычно измеряют правые по ходу углы (углы между последующим направлением и предыдущим, измеренные по часовой стрелке). Так, для того чтобы угол β был правым по ходу, необходимо идти от точки А к точке В. Тогда точка А будет являться задней по отношению к точке стояния прибора В, а точка С – передней.

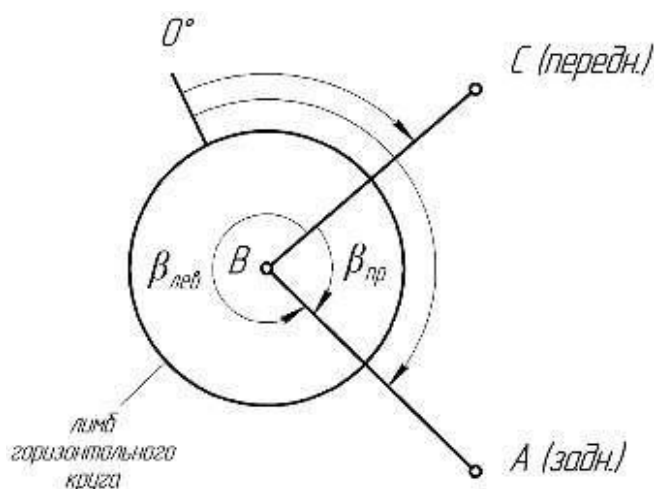


Рисунок 8 – Схема измерения горизонтального угла способом приемов

Измерение углов выполняется поверенным теодолитом.

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла (точка В) в рабочее положение, т.е. центрируют, горизонтируют и выполняют установку зрительной трубы и отсчетного микроскопа для наблюдений.

На задней А и передней точке С в створе линий отвесно устанавливают вехи. В процессе измерения угла визирование осуществляется по возможности на нижнюю часть вех с целью снижения влияния их наклона на точность измерения угла.

2. При неподвижном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку А. Сначала по оптическому визиру зрительную трубу наводят от руки, пока визирная цель не попадет в поле зрения. Затем закрепляют зажимные

винты алидады и зрительной трубы и выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады горизонтального круга.

Осветив зеркалом поле зрения отсчетного микроскопа, берут отсчета по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений.

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата 13.04.2023 г.

Теодолит 2Т30П

Наблюдал Иванов И.И.

Видимость хорошая

№ 06261

Вычисляла Петрова М.И.

Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по горизонтальному кругу °;'	Угол	Средний угол
стояния	визирования				
В	А	КЛ	40°19'30" (1)	205°39'30" (3)	205°39'15" (7)
	С		194°40'00" (2)		
В	А	КП	220°20'00" (4)	205°39'00" (6)	
	С		14°41'00" (5)		

Примечание. Порядок записи отсчетов в журнале и обработки результатов измерений показан номерами в круглых скобках.

3. Открыв алидаду, визируют на переднюю точку С и по аналогии с предыдущим берут отсчет с.

4. Вычисляют значение правого по ходу горизонтального угла, измеренного при 1 положении вертикального круга (при КЛ) как разность отсчетов на заднюю и переднюю точки: $\beta_{кл} = a - c$.

Изложенные выше действия составляют **I полуприем**.

В случае если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю точку, то при вычислении угла к нему прибавляют 360°.

5. Переводят трубу через зенит и повторяют измерения при 2 положении вертикального круга (при КП), т.е. выполняют **II полуприем**. Вычисляют значение угла $\beta_{кп}$.

Два независимых полуприема составляют **полный прием**.

6. Определяют расхождение результатов измерений по 1 и 2 полуприемам, которое не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т.е. $\beta_{кл} - \beta_{кп} \leq 2t$

Если данное условие не выполняется, то измерения повторяют заново.

7. Если расхождение между значениями угла $\beta_{кл}$ и $\beta_{кп}$ допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла:

$$\beta = (\beta_{кл} + \beta_{кп})/2.$$

Такой результат будет свободен от влияния коллимационной погрешности и погрешности за счет наклона оси вращения трубы.

Измерение и вычисление *левого по ходу* горизонтального угла производят в аналогичной последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме рассчитывают, как разность отсчетов на переднюю и заднюю точки.

Значения измеренных углов по каждому полуприему и среднее значение угла вычисляют на станции, пока не снят теодолит.

Измерение вертикальных углов. Определение углов наклона.

Целью работы является изучение устройства вертикальных кругов теодолита, научиться выполнять поверку места нуля (*МО*) вертикальных кругов этих теодолитов, освоить методику определения углов наклона линий.

Последовательность выполнения задания

1. Изучение теории вертикального круга.
2. Поверка места нуля вертикального круга.
3. Измерение углов наклона линий.

При выполнении задания каждый студент должен измерить по 4 вертикальных угла. Все записи результатов измерений и вычислений производят в полевом журнале. В пояснительной записке следует привести рабочие формулы для вычисления углов наклона и *МО*, порядок выполнения поверки *МО* вертикального круга, схему и методику измерения углов наклона.

1. Вертикальный круг теодолита

Вертикальный круг теодолита служит для измерения углов в вертикальной плоскости. Угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси зрительной трубы называется *углом наклона*.

Лимб вертикального круга жестко скреплен с горизонтальной осью теодолита (осью вращения зрительной трубы) и вращается вместе с ней; при этом алидада вертикального круга остается неподвижной. Роль алидады выполняет специальная оптическая система, являющаяся отсчетным устройством.

Значение угла наклона линии визирования равно разности отсчетов по двум направлениям в вертикальной плоскости. Одно из направлений должно соответствовать горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы. При этом отсчет по вертикальному кругу будет равен нулю градусов или некоторому близкому к нулю значению, называемому *местом нуля МО*.

Следовательно, *место нуля МО вертикального круга* – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства.

Угол наклона ν и *МО* можно определить по результатам двух отсчетов, полученных при визировании на наблюдаемую цель при двух положениях зрительной трубы: «круге лево» (*КЛ*) и «круге право» (*КП*). При этом вид формул зависит от системы оцифровки шкалы лимба вертикального круга:

При секторной оцифровке лимба вертикального круга, т.е. для теодолитов 2Т30П и 4Т30П:

$$МО = (КЛ + КП)/2;$$

$$\nu = (КЛ - КП)/2;$$

$$\nu = КЛ - МО = МО - КП.$$

МО вычисляют на каждой станции, так как его постоянство (в пределах допустимых отклонений) служит надежным контролем правильности измерения углов наклона. *МО* необходимо также знать, если углы наклона

измеряют одним полуприемом, т.е. при одном положении зрительной трубы (*КЛ* или *КП*).

2. Поверка места нуля вертикального круга

Место нуля вертикального круга должно быть равно 0° либо близким к 0° .

Порядок действий

1. До начала работ 2–3 раза определяют *МО* из измерений различных углов наклона при двух положениях зрительной трубы, чтобы убедиться в его практическом постоянстве. Если среднее значение *МО* не превышает двойной точности отсчетного устройства ($МО \leq 2t$), то оно не осложняет вычислений. В противном случае *МО* необходимо привести к нулю либо сделать близким к 0° .

2. По отсчетам *КЛ* и *КП* вычисляют свободное от места нуля значение наклона ν на последнюю визирную цель и, наблюдая в отсчетный микроскоп, наводящим винтом трубы устанавливают его на вертикальном круге. При этом средний горизонтальный штрих сетки сместится с изображения визирной цели.

3. Действуя вертикальными юстировочными винтами сетки нитей, совмещают средний горизонтальный штрих сетки с изображением наблюдаемой цели.

Для контроля повторяют данную поверку, а затем – поверки коллимационной погрешности и горизонтальной нити сетки.

3. Измерение углов наклона линий

Углы наклона линий в зависимости от расположения наблюдаемой цели относительно линии горизонта могут быть положительными (углы возвышения) и отрицательными (углы понижения).

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в рабочее положение над точкой А и горизонтальным штрихом сетки визируют на наблюдаемую точку С при первом положении зрительной трубы (при *КЛ*). Берут отсчет по вертикальному кругу, который заносят в журнал измерений.

Перед взятием отсчета по вертикальному кругу следует убедиться в том, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте. При отклонении пузырька необходимо вывести его в нуль-пункт с помощью подъемных винтов; после этого следует уточнить визирование на наблюдаемую точку.

Журнал измерения углов наклона

Дата 13.04.2023 г.
Видимость хорошая

Теодолит
2Т30П № 06261

Наблюдал Иванов И.И.
Вычисляла Петрова М.И.

Точки		Круг	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля МО	Угол наклона ν	Вычисления
стояния	визирования					
Теодолит 2Т30П						
А	В	КЛ КП	+2°16' (1) -2°15' (2)	+ 0°00'30" (3)	+2°15'30" (4)	$MO = [2^{\circ}16' + (-2^{\circ}15')]/2 = +0^{\circ}00'30''$ $\nu = [2^{\circ}16' - (-2^{\circ}15')]/2 = +2^{\circ}15'30''$
	С	КЛ КП	- 4°34' + 4°33'	- 0°00,5'	- 4°33,5'	$MO = [-4^{\circ}34' + 4^{\circ}33']/2 = -0^{\circ}00'30''$ $\nu = [-4^{\circ}34' - 4^{\circ}33']/2 = -4^{\circ}33'30''$

Порядок записи отсчетов и вычислений показан номерами в круглых скобках.

2. Для исключения влияния MO вертикального круга измерения повторяют при втором положении зрительной трубы ($KП$).

3. Вычисляют значение угла наклона и MO .

Следует помнить, что правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством MO , колебания которого не должны превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита.

Лабораторная работа №5. Линейные измерения

Цель: изучить принцип работы нитяного дальномера; освоить методику измерений;

Задачи: научиться определять расстояния с помощью нитяного дальномера при горизонтальном и наклонном положениях линии визирования, находить превышения между точками методом тригонометрического нивелирования.

Приборы и принадлежности: теодолит 2Т30П, штатив, нивелирная рейка.

Задание:

1. Принцип определения расстояний с использованием нитяного дальномера.
2. Сущность тригонометрического нивелирования.
3. Определение расстояний нитяным дальномером:
 - при горизонтальном положении линии визирования ($v=0^\circ$);
 - при наклонном положении линии визирования ($v \neq 0^\circ$).
4. Определение превышений методом тригонометрического нивелирования.

При выполнении задания каждый студент должен определить с помощью нитяного дальномера теодолита 2Т30П (4Т30П) расстояние при горизонтальном и наклонном положении линии визирования и превышение между точками методом тригонометрического нивелирования.

Точки, между которыми требуется определить расстояния и превышения, указываются преподавателем.

В пояснительной записке следует привести необходимые схемы, методику и результаты измерений, рабочие формулы и вычисления.

1) Принцип определения расстояний нитяным дальномером

Нитяной дальномер относится к простейшим оптическим дальномерам с постоянным параллактическим углом ε и переменной базой n при наблюдаемой точке. Конструктивно он представляет собой зрительную трубу, в поле зрения

которой сетка нитей имеет два дополнительных горизонтальных штриха, симметрично расположенных относительно визирной оси (рисунок 9б).

Согласно схеме (рисунок 9а) расстояние от оси вращения прибора до рейки

$$D = Kn + c$$

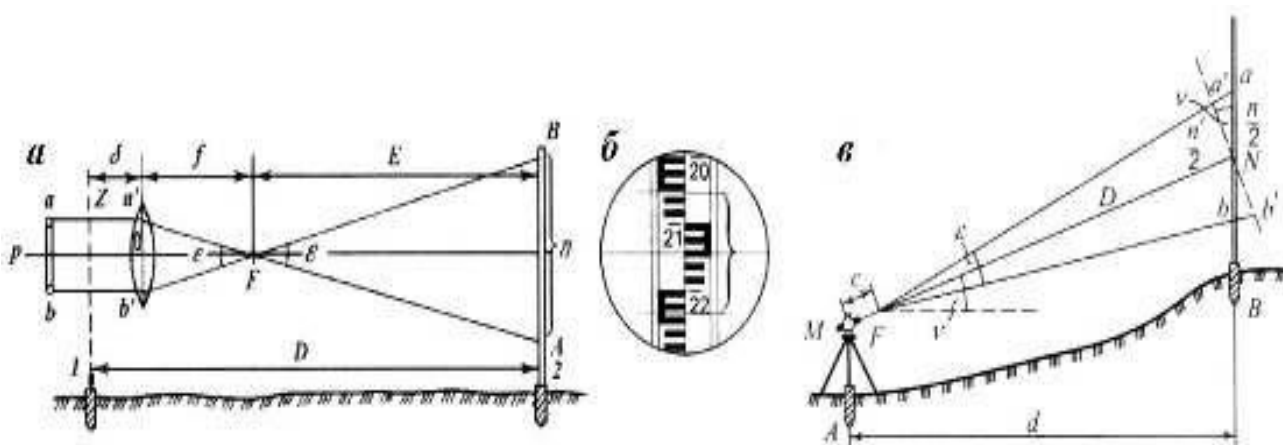
где K – коэффициент дальномера ($K = 100$);

n – дальномерный отсчет.

Дальномерный отсчет – число делений рейки между дальномерными нитями. Находится как разность отсчетов по рейке, взятых по нижней и верхней дальномерным нитям.

$c = f + \delta$ – постоянное слагаемое дальномера; в связи с малостью (4–6 см) им обычно пренебрегают, поэтому искомое расстояние определится как

$$D = Kn = 100n.$$



a – схема хода лучей в зрительной трубе нитяного дальномера при горизонтальном положении линии визирования; b – дальномерный отсчет по рейке; c – схема определения расстояний при наклонном положении линии визирования

Рисунок 9 – Схема определения расстояния нитяным дальномером

Пример. Отсчеты по дальномерным нитям по рейке равны 2225 мм и 2052 мм. Тогда:

$$n = 2225 - 2052 = 183 \text{ мм} = 18,3 \text{ см},$$

$$D = Kn = 100 \cdot 18,3 \text{ см} = 1830 \text{ см} = 18,3 \text{ м}.$$

Как видно из примера, при $K=100$ дальномерный отсчет n по рейке в **сантиметрах** выразит искомое расстояние D в **метрах**.

Если точки А и В находятся на разных высотах (рисунок 9в), то линия визирования не будет перпендикулярна к рейке, установленной отвесно. В этом случае дальномерный отсчет $n = ab$ будет больше необходимого отсчета $n' = a'b'$, соответствующего перпендикулярному положению рейки к линии визирования. Тогда длина наклонной линии D определится как:

$$D = K * n * \cos v.$$

Горизонтальное проложение линии

$$d = D * \cos v = K * n * \cos^2 v = L * \cos^2 v, \text{ или}$$

$$d = L - \Delta L = L - \sin^2 v,$$

где $L = Kn$ – дальномерное расстояние;

$\Delta L = \sin^2 v$ – поправка за наклон в измеренное дальномерное расстояние.

Точность измерения расстояний нитяным дальномером характеризуется относительной погрешностью $1/300 - 1/400$.

2) Сущность тригонометрического нивелирования

Для определения превышения h между точками А и В над точкой А устанавливают в рабочее положение теодолит, а в точке В – веху или рейку. Измеряют высоту прибора i и зрительной трубой теодолита визируют на верх вехи, имеющей длину V (или на определенный отсчет на рейке).

Измеряют вертикальный угол v , а с помощью дальномера – наклонное расстояние D либо его горизонтальную проекцию d .

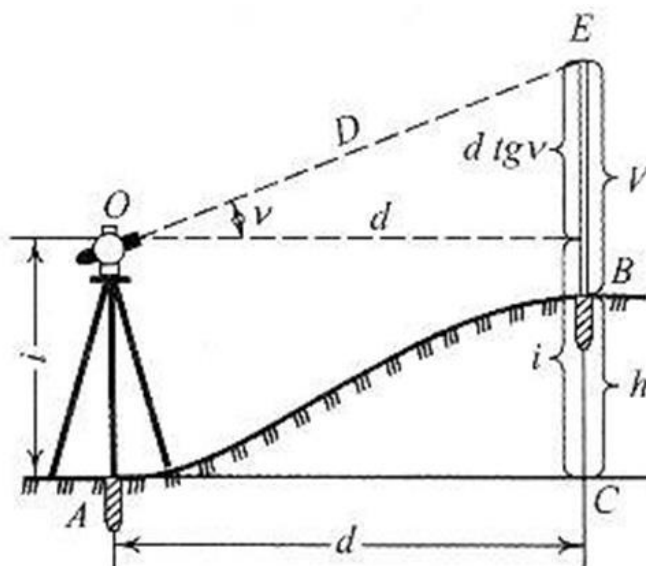


Рисунок 10 – Схема тригонометрического нивелирования

Тогда превышение между точками: $h = d \operatorname{tg} \nu + i - V$

Если расстояние измерено нитяным дальномером, то превышение между точками определится как

$$h = (L/2) \sin 2\nu + i - V,$$

где $L = Kn$ – дальномерное расстояние.

3) Определение расстояний нитяным дальномером

При горизонтальном положении линии визирования ($\nu = 0^\circ$)

1. Теодолит устанавливают на штативе, приводят в рабочее положение.
2. На вертикальном круге теодолита устанавливают отсчет, равный 0° , и вращением алидады визируют на рейку.
3. Берут отсчеты по дальномерным нитям с точностью до 1 мм (0,1 см) и вычисляют дальномерный отсчет n .
4. Вычисляют горизонтальное проложение линии $d = Kn$.

Пример: При угле наклона линии визирования $\nu = 0^\circ$ отсчеты по дальномерным нитям по рейке составили 461 мм и 318 мм.

Дальномерный отсчет: $n = 461 - 318 = 143$ мм = 14,3 см. Горизонтальное расстояние: $d = 14,3$ м.

4) При наклонном положении линии визирования ($\nu \neq 0^\circ$)

1. Теодолит устанавливают на штативе в рабочее положение.
2. Визируют на определенный отсчет V на рейке (например, $V = 2,0$ м) и берут отсчет по вертикальному кругу, т. е. измеряют угол наклона линии визирования ν .
3. Берут отсчеты по дальномерным нитям и вычисляют дальномерный отсчет n .
4. Вычисляют дальномерное, наклонное и горизонтальное расстояния по формулам:

$$L = K * n;$$

$$D = K * n * \cos \nu = D = L * \cos \nu;$$

$$d = D * \cos \nu = L * \cos^2 \nu = L - \sin^2 \nu.$$

Вычисление значений D и d рекомендуется выполнять с точностью до 0,01 м. Расхождения в вычисленных значениях горизонтального проложения d , определенных при горизонтальном и наклонном положении линии визирования, не должны превышать 0,1 м.

Пример

Теодолит установлен в точке А, высота прибора $i = 1,31$ м. Визирование выполнялось на рейку в точке В, высота визирования $V = 2,0$ м.

Отсчеты по дальномерным нитям 2072 мм и 1927 мм. Отсчеты по вертикальному кругу:

$$КЛ = +6^{\circ}26', КП = -6^{\circ}24'.$$

Дальномерный отсчет:

$$n = 2072 - 1927 = 145 \text{ мм} = 14,5 \text{ см}.$$

Дальномерное расстояние:

$$L = Kn = 100 \cdot 14,5 = 1450 \text{ см} = 14,5 \text{ м}.$$

Угол наклона линии визирования:

$$v = (КЛ - КП) / 2 = +6^{\circ}25'.$$

Наклонное расстояние:

$$D = L \cos 6^{\circ}25' = 14,5 \text{ м} \cdot 0,9937 = 14,41 \text{ м}.$$

Горизонтальное расстояние:

$$d = D \cos 6^{\circ}25' = 14,41 \text{ м} \cdot 0,9937 = 14,32 \text{ м};$$

$$d = L \cos^2 6^{\circ}25' = 14,50 \text{ м} \cdot 0,9875 = 14,32 \text{ м};$$

$$d = L - \sin^2 6^{\circ}25' = 14,50 \text{ м} - 0,18 \text{ м} = 14,32 \text{ м}.$$

5) Определение превышений методом тригонометрического нивелирования

Определение превышений между точками выполняют с использованием данных, полученных при определении расстояний нитяным дальномером при наклонном положении линии визирования. При этом измерение угла наклона следует выполнять при двух положениях зрительной трубы ($КЛ$ и $КП$).

Значения превышений определяются по формулам:

$$h = (L/2) \sin 2v + i - V; h = d \operatorname{tg} v + i - V.$$

Расхождение в значениях превышения, определенных по вышеприведенным формулам, не должно превышать 0,01 м.

Пример

Результаты измерений приведены в предыдущем примере:

$$L = 14,5 \text{ м}; d = 14,32 \text{ м}; \nu = 6^{\circ}25'; i = 1,31 \text{ м}; V = 2,00 \text{ м}.$$

$$h = (14,50 \text{ м} / 2) \cdot 0,22212 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = + 0,92 \text{ м}.$$

$$h = 14,32 \text{ м} \cdot 0,11246 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = + 0,92 \text{ м}.$$

Точки, между которыми требуется определить расстояния и превышения, указываются преподавателем.

При выполнении задания каждый обучающийся должен определить с помощью нитяного дальномера теодолита 2Т30П (4Т30П) расстояние при горизонтальном и наклонном положении линии визирования и превышение между точками методом тригонометрического нивелирования.

В пояснительной записке следует привести схемы и методику измерений, рабочие формулы и результаты вычислений.

Устройство нивелира и порядок работы с ним

Нивелир – это геодезический прибор, при помощи которого горизонтальным лучом визирования определяют превышение между точками.

Нивелир Н-3 предназначен для геометрического нивелирования III класса со средней квадратической ошибкой ± 3 мм на 1 км хода. Горизонтальность луча визирования обеспечивается цилиндрическим уровнем.

Основными частями нивелира Н-3 являются зрительная труба с цилиндрическим уровнем, наводящим, элевационным, закрепительным винтами и подставка с тремя подъемными винтами и прижимной пластиной.

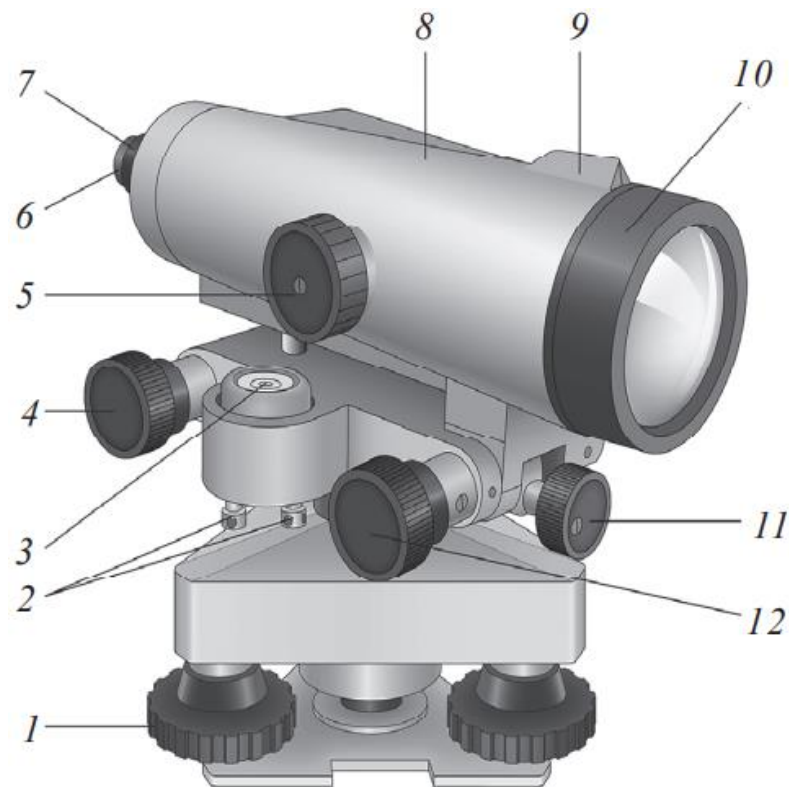


Рисунок 11 – Нивелир Н-3: 1 – подъемные винты; 2 – исправительные винты круглого уровня; 3 – круглый уровень; 4 – элевационный винт; 5 – кремальера; 6 – окуляр; 7 – диоптрийное кольцо; 8 – корпус зрительной трубы; 9 – мушка; 10 – объектив; 11 – закрепительный винт; 12 – наводящий винт

Зрительная труба нивелира Н-3 состоит из металлического корпуса, внутри которого расположено фокусирующее устройство. В корпус трубы с одной стороны ввернут объектив, с другой стороны установлены окуляр и сетка нитей. Корпус трубы с левой стороны имеет прилив, в котором расположены цилиндрический уровень и призменное устройство, передающее изображение концов пузырька в поле зрения трубы. Это позволяет одновременно видеть в поле зрения трубы рейку и следить за положением цилиндрического уровня. Если изображения концов пузырька уровня совмещены, то линия визирования горизонтальная.

Место установки прибора называют станцией. При подготовке прибора к работе необходимо нивелир установить на штатив и закрепить становым винтом, при этом закручивать становой винт штатива следует умеренно, чтобы не затруднять ход подъемных винтов. Верхнюю площадку штатива перед установкой нивелира привести в горизонтальное положение.

Последовательность работы с нивелиром:

- вертикальную ось вращения нивелира привести в отвесное положение: освободить закрепительный винт и повернуть верхнюю часть нивелира так, чтобы исправительные винты круглого уровня заняли положение, соответствующее положению подъемных винтов. Вращением двух подъемных винтов вывести пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Зрительную трубу повернуть на 90°. Если пузырек уровня сместится, то, вращая третий винт, вывести пузырек уровня в нуль-пункт. Для контроля правильности установки вертикальной оси вращения нивелира действия повторить;

- установить резкость изображения сетки нитей: трубу навести на светлый фон и добиться четкого изображения вращением диоптрийного кольца окуляра;

- навести зрительную трубу на рейку с помощью мушки;

- затянуть закрепительный винт трубы;

- установить резкость изображения рейки вращением кремальеры;

- выполнить точное наведение зрительной трубы на рейку с помощью наводящего винта;

- совместить изображение концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом и одновременно произвести отсчет по черной или красной стороне рейки.

Нивелирные рейки и производство отсчетов

Рейки нивелирные РН-3 (рисунок 12а) изготавливают цельными и складными. Надежное скрепление частей складной рейки обеспечивает замок. К нижнему концу рейки (пятке) прибивается металлическая пластина толщиной 2 мм. Рейки имеют на обеих сторонах градуировку, выполненную в виде сантиметровых шашек.

На основной стороне рейки на белом фоне нанесены шашки черного цвета (черная сторона), а на другой (контрольной) – красные на белом фоне (красная сторона). На каждой стороне рейки три цветные шашки каждого

дециметрового интервала соответствуют участку в 5 см, это начало каждого дециметра. Отсчеты по рейке записывают в миллиметрах.

Для контроля взятия отсчетов по двум сторонам рейки начало первого дециметрового интервала красной стороны смещено по отношению к началу первого дециметрового интервала черной стороны. На черной стороне нуль совпадает с пяткой рейки. На красной стороне рейки с пяткой совпадает другой отсчет, например, 4787. Разность отсчетов основания рейки по красной и черной сторонам $4787 - 0 = 4787$ называется пяточной разностью. Таким образом, при производстве отсчетов по черной и красной сторонам одной и той же рейки разность отсчетов должна быть постоянной, что и служит контролем измерений на станции. Для данного примера она должна быть равна 4787.

Произвести отсчет по рейке – значит определить высоту линии визирования над пяткой (основанием) рейки. Отсчет формируется от меньшей цифры к большей.

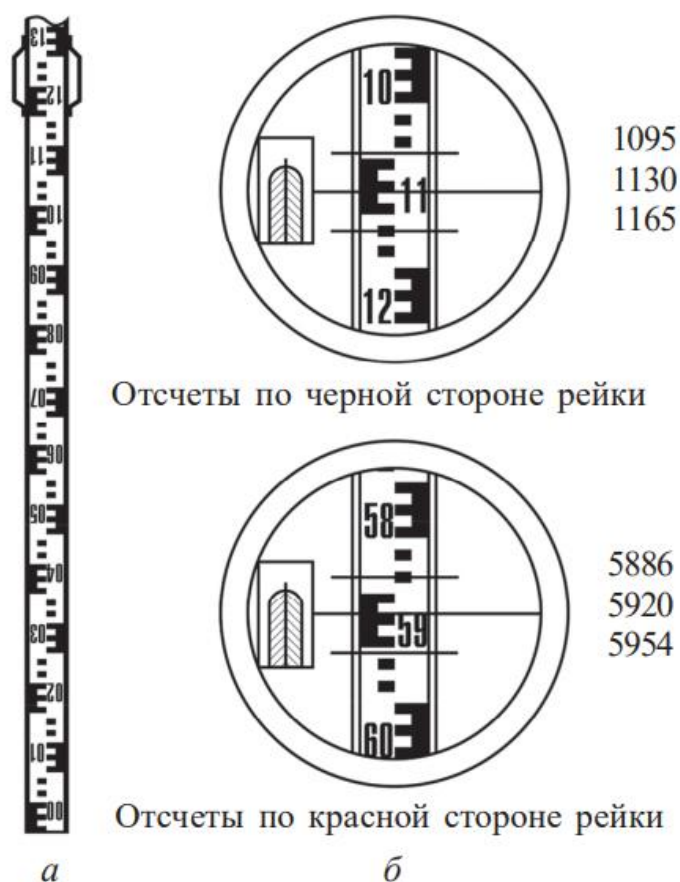


Рисунок 12 – Рейка РН-3: а – общий вид рейки; б – рейка в поле зрения трубы нивелира

Порядок производства отсчетов:

- нивелир установить на штатив и привести вертикальную ось в отвесное положение;

- выбрать точку на местности и установить на нее вертикально нивелирную рейку;

- навести зрительную трубу нивелира на рейку. Элевационным винтом, совмещая изображение концов пузырька цилиндрического уровня, привести линию визирования в горизонтальное положение и только после этого взять отсчет $a^Ч$ по черной стороне рейки. При взятии отсчета дециметры считываются с рейки, сантиметры считаются, миллиметры берутся на глаз. Например, отсчет по средней нити $a^Ч = 1130$ мм, так как от нуля рейки до средней нити 11 дм плюс три деления по 1 см;

- на этой же точке и в той же последовательности взять отсчет a^K по красной стороне рейки, $a^K = 5920$ мм. Для контроля измерений вычислить разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки:

$$P_0 = a^K - a^Ч = 5920 - 1130 = 4790 \text{ мм.}$$

Отсчеты взяты правильно, если выполняется условие $|P_0 - 4787| < 5$ мм, где 4787 – пяточная разность.

Если условие не выполняется, то измерения необходимо повторить.

Определение превышения

Превышением называется разница высот двух точек. Рассмотрим точки В и А.

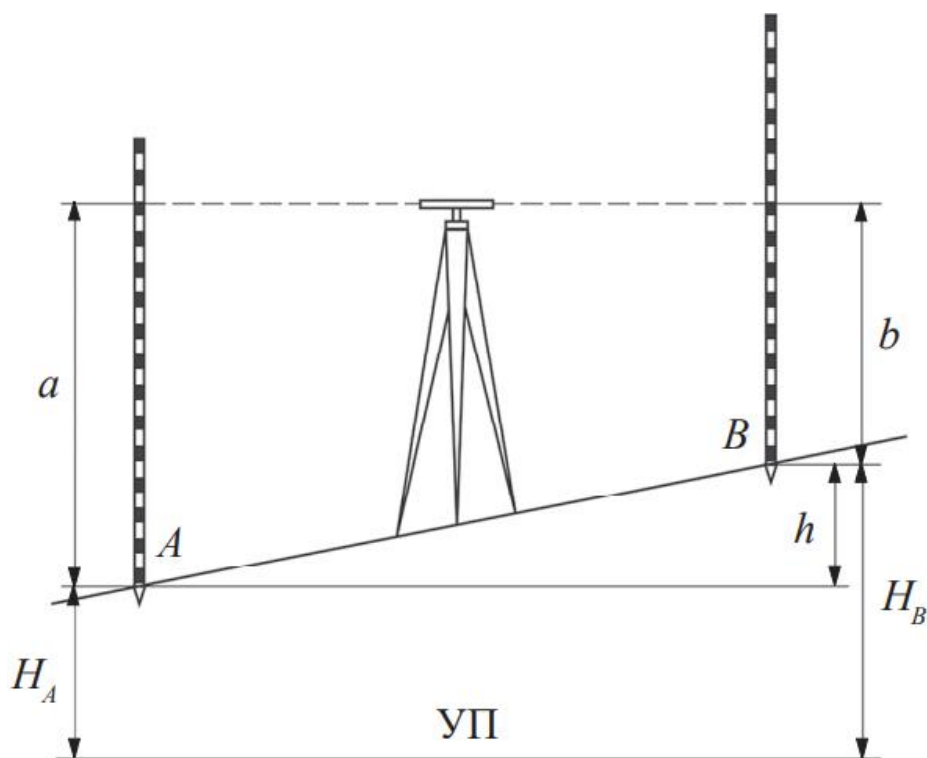


Рисунок 13 – Схема геометрического нивелирования из середины

Наиболее распространенный способ определения превышения между точками – геометрическое нивелирование из середины. При этом штатив с прибором располагают на одинаковом расстоянии от нивелируемых точек. Рейки устанавливают на точки вертикально. Линию визирования нивелира приводят в горизонтальное положение и по средней нити сетки производят отсчеты по рейкам a и b . Превышение h определяют как разность между отсчетами: $h = a - b$.

При выполнении нивелирования в направлении от точки A к точке B рейку, установленную в точке A , считают задней, в точке B – передней. В зависимости от расположения точек относительно друг друга по высоте превышение может принимать «положительное» или «отрицательное» значение.

Порядок измерения превышения: для выполнения лабораторной работы выбрать точки A и B на ступенях лестничного марша. Если измерения будут выполнены правильно, то разность отсчетов (превышение) будет равна высоте ступеней.

Ниже приведен порядок измерений:

- нивелир установить на одинаковом расстоянии между точками А и В.

Привести вертикальную ось прибора в отвесное положение;

- рейку установить на точку А;

• навести зрительную трубу нивелира на заднюю рейку и, совмещая изображение концов пузырька цилиндрического уровня, взять отсчеты по черной $a^Ч$ и красной a^K сторонам рейки. Проконтролировать правильность отсчетов;

- рейку установить в точку В;

• навести зрительную трубу нивелира на переднюю рейку и в той же последовательности взять отсчеты $b^Ч$ и b^K .

Порядок вычисления превышения:

- вычислить превышение по черной стороне рейки: $h^Ч = a^Ч - b^Ч$;
- вычислить превышение по красной стороне рейки: $h^K = a^K - b^K$;
- измерения выполнены правильно, если выполняется условие:

$$| h^Ч - h^K | \leq 5 \text{ мм.}$$

Если условие не выполняется, то измерения необходимо повторить. Если условие выполняется, то за превышение между точками А и В принять среднее превышение $h_{ср}$;

- вычислить значение среднего превышения по формуле $h_{ср} = (h^Ч + h^K)/2$.

Раздел III. Геодезические работы при изысканиях и проектировании инженерных сооружений

Лабораторная работа №6. Геометрическое нивелирование

Цель: научиться выполнять расчеты при выполнении нивелирования.

Задачи: произвести расчеты геометрического нивелирования, расчеты кривой, по полученным данным построить профиль.

Приборы и принадлежности: ведомость геометрического нивелирования, миллиметровая бумага, линейка.

Задание 1 Обработка результатов геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование технической точности производится при инженерно-геодезических изысканиях, трассировании, строительстве железных дорог и сооружений, решении инженерно-геодезических задач.

Нивелирование, выполняемое по оси трассы для получения продольного профиля, называется *продольным*, а по линиям, перпендикулярным к оси трассы, для получения поперечных профилей – *поперечным*. Трасса в плане состоит из прямых участков и кривых. В профиле трасса состоит из прямых отрезков различного уклона.

Главные точки трассы – это начало трассы (НТ), конец трассы (КТ), вершины углов поворота (ВУ). Угол поворота трассы φ – это угол между новым направлением трассы и продолжением старого.

Продольное нивелирование выполняется в следующем порядке.

Полевой этап:

- подготовительные работы;
- рекогносцировка;
- разбивка трассы и ее закрепление;
- привязка трассы к пунктам опорной высотной сети;
- нивелирование трассы;

Камеральный этап:

- вычисление отметок пикетов и плюсовых точек;

- построение профиля;
- проектирование.

Трасса разбивается по прямым направлениям на отрезки по 100 м. Отмеченные точки закрепляются колышками и называются «пикеты». Если на интервале в 100 м встречаются препятствия (дороги, ЛЭП, трассы) или перегибы рельефа, то до них измеряется расстояние от заднего пикета. Такие точки называются «плюсовые» и также закрепляются колышками. В точках поворота трассы измеряется угол между направлениями β и вычисляется угол поворота трассы φ по следующим формулам:

- при правом повороте трассы $\varphi_1 = 180^\circ - \beta_1$;
- при левом повороте трассы $\varphi_2 = \beta_2 - 180^\circ$.

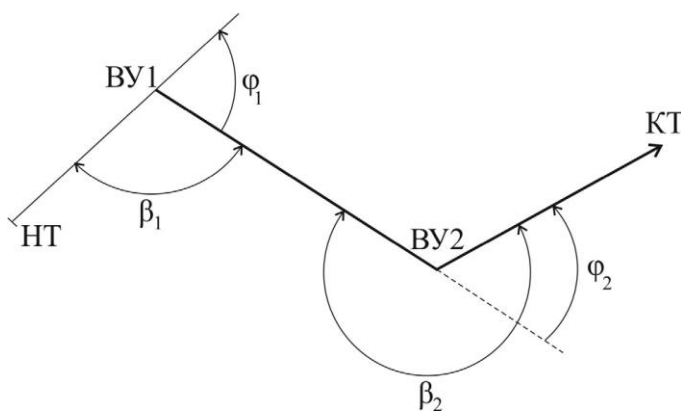


Рисунок 14 – Магистральный ход

Нивелирование трассы выполняется способом «из середины» с использованием двусторонних реек. После установки нивелира и реек в рабочее положение отсчеты по двусторонним рейкам делают в следующей последовательности: задний черный, передний черный, передний красный, задний красный ($Z_{ч}$, $P_{ч}$, $P_{к}$, $Z_{к}$). У нивелиров с уровнем при трубе перед каждым отсчетом концы пузырька контактного уровня должны быть совмещены, в противном случае их совмещают элевационным винтом.

Условия и исходные данные

Трасса длиной $L = 0,5$ км разбита на пикеты по 100 м. Начало трассы совпадает с пикетом 0. Конец трассы совпадает с пикетом 5. Для высотной привязки трассы были использованы репера $Rp19$ (начало) и $Rp20$ (конец),

высотные отметки которых определяются индивидуально в соответствии с вариантом. Трасса имеет один угол поворота – левый. Его величина индивидуальна для каждого студента и вычисляется по формуле:

$$\varphi = 60^{\circ}20' + G^{\circ},$$

где G° – число градусов, равное номеру индивидуального варианта студента. Радиус поворота кривой для всех вариантов $R = 100$ м. Вершина угла поворота – ПКЗ + 88,62 м.

Румб первоначального прямолинейного участка трассы имеет значение $48^{\circ}50'$ СВ для всех вариантов.

Результаты полевых измерений общие для всех вариантов и приведены в стандартной ведомости, в которой записаны отсчеты по задней и передней рейкам и промежуточные отсчеты.

Пикетаж трассы общий для всех вариантов (рис.14). Проект сооружения составляется по следующим условиям:

- на ПК0 запроектирована насыпь высотой 0,5 м.
- на участке от ПК0 до ПК1 + 80 уклон проектной линии $i_1 = -0,020$;
- на участке от ПК1 + 80 до ПК4 уклон $i_2 = 0$;
- на участке от ПК4 до ПК5 уклон $i_3 = +0,015$.

Необходимо:

- вычислить отметки пикетов и плюсовых точек;
- построить продольный и поперечный профили;
- составить проект.

Пример вычисления индивидуальных исходных данных

Значение угла поворота трассы φ

Вариант студента 9, следовательно, $G^{\circ} = 9$. Тогда величина угла поворота $\varphi = 60^{\circ}20' + G^{\circ} = 60^{\circ}20' + 9^{\circ} = 69^{\circ}20'$.

Отметки исходных реперов

Отметка $Rp19 = 100,100 + W,0W$, где W – вариант обучающегося. Например 12, то отметка репера 19 вычисляется следующим образом: $H(Rp19) = 100,100 + W,0W = 100,100 + 12,012 = 112,112$ м. Отметка репера 20 вычисляется

так: $H(Rp20) = H(Rp19) - 2,101 \text{ м} + K$, где K – номер варианта обучающегося, мм. Например, номер варианта – 9. $K = 0,009 \cdot H(Rp20) = H(Rp19) - 2,101 \text{ м} + K = 112,112 - 2,101 + 0,009 = 110,020 \text{ м}$. Отметки реперов 19 и 20 записываются в ведомость геометрического нивелирования в соответствующую графу.

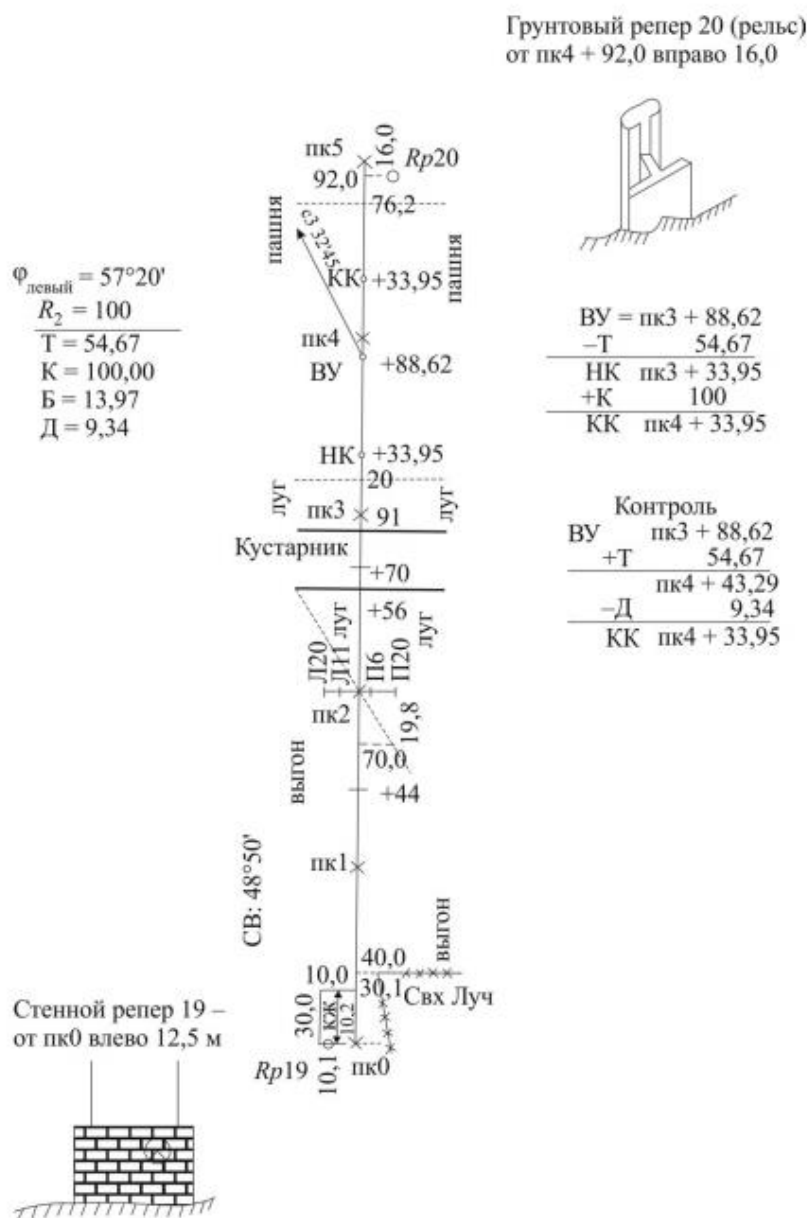


Рисунок 15 – Пикетажная книжка (общая для всех вариантов)

Математическая обработка результатов нивелирования делится на предварительные (обработка полевых журналов) и окончательные вычисления. При окончательных вычислениях оценивается точность результатов нивелирования, уравниваются результаты измерений и вычисляются отметки пикетов и плюсовых точек.

Вычисление превышений между связующими точками

Превышения вычисляются по формулам:

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - П_{\text{ч}}; h_{\text{кр}} = Z_{\text{кр}} - П_{\text{кр}},$$

где $h_{\text{ч}}$ и $h_{\text{кр}}$ – превышения, определяемые по черной и красной сторонам рейки, мм;

$Z_{\text{ч}}$ и $Z_{\text{кр}}$ – отсчеты по черной и красной сторонам задней рейки;

$П_{\text{ч}}$ и $П_{\text{кр}}$ – отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки.

Если $h_{\text{ч}} - h_{\text{кр}} \leq \pm 5$ мм, то вычисляются средние превышения $h_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}})$.

Средние превышения вычисляются до целых миллиметров, т.е. при необходимости результат округляется по правилу округления.

Превышения h и средние превышения $h_{\text{ср}}$ записывают в графы 6; 7; 8 и 9 с соответствующим знаком.

Постраничный контроль

Затем на каждой странице производят постраничный контроль, т.е. контрольные вычисления с целью выявления возможных погрешностей, допущенных в процессе вычислений превышений.

Данный контроль выполняется для каждой страницы отдельно.

Для контроля вычисления превышений суммируются числа по столбцам $\Sigma(3)$; $\Sigma(4)$; $\Sigma(6)$; $\Sigma(7)$; $\Sigma(8)$; $\Sigma(9)$ для каждой страницы. Если вычисления превышений и средних превышений выполнены без ошибок, то выполняется равенство $\Sigma(3) - \Sigma(4) = \Sigma(6) - \Sigma(7) \approx 2[\Sigma(8) - \Sigma(9)]$.

За счет округления величина $2[\Sigma(8) - \Sigma(9)]$ может отличаться от разности $\Sigma(6) - \Sigma(7)$ не более чем на 4–5 мм. Расхождения объясняются возможными отклонениями вследствие округлений при выведении среднего.

Если постраничный контроль не выполняется, то необходимо пересчитать превышения h , средние превышения $h_{\text{ср}}$ и суммы по столбцам 3; 4; 6; 7; 8 и 9.

Вычисление высотной невязки нивелирного хода

Невязка (расхождение) между суммой полученных из нивелирования превышений и теоретической суммой превышений допускается не больше определенной величины, устанавливаемой техническими условиями на производство данного вида работ. Если невязка хода окажется больше допустимой, измерения в нивелирном ходе переделывают.

Невязка f_h разомкнутого нивелирного хода вычисляется по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}),$$

где $\sum h_{\text{ср}}$ – сумма средних превышений по всему ходу, мм;

$H_{\text{кон}}$ и $H_{\text{нач}}$ – отметки конечной и начальной точек хода (подставляются в мм). В задании $H_{\text{нач}} = HRp19$ и $H_{\text{кон}} = HRp20$.

Вычисленная невязка хода f_h сравнивается с допустимой $f_{h \text{ доп.}}$:

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

где L – длина трассы, км.

Сравниваются невязки вычисленная и допустимая. Если вычисленная невязка больше допустимой ($f_h > f_{h \text{ доп.}}$), то тщательно проверяют вычисления, записи и знаки чисел. Если вычисленная невязка f_h меньше или равна допустимой ($f_h \leq f_{h \text{ доп.}}$), то невязка f_h распределяется поровну на каждое среднее превышение с противоположным знаком.

Поправка в превышения вычисляется по формуле: $\delta_h = -\frac{f_h}{n}$,

где n – число станций.

Поправки округляются до целых миллиметров и подписываются над средними превышениями.

Контроль вычисления и распределения поправок: сумма поправок должна равняться невязке с противоположным знаком, т.е. $\sum \delta_h = -f_h$.

Вычисление отметок связующих точек

Отметки связующих точек нивелирного хода вычисляются по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + (h_{\text{ср}} + \delta_h),$$

где H_{n+1} – отметка последующей точки, м;

H_n – отметка предыдущей точки, м;

$h_{\text{ср}}$ – среднее превышение;

δ_h – поправка в среднее превышение.

Вычисление элементов кривой

Для построения профиля необходимо вычислить элементы кривой: Т – тангенс, К – кривая, Д – домер, Б – биссектриса.

Элементы кривой вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{aligned}T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \\K &= 2\pi R \frac{\varphi}{360}; \\D &= 2T - K; \\B &= R \frac{1}{\cos 0,5 \varphi} - 1;\end{aligned}$$

где R – радиус кривой, м;

φ – угол поворота трассы.

Пример вычисления элементов кривой

В примере угол поворота $\varphi = 43^\circ 26'$, радиус кривой $R = 150$ м.

$$\begin{aligned}T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 150 \operatorname{tg} \frac{43^\circ 26'}{2} = 59,74 \text{ м}; \\K &= 2\pi R \frac{\varphi}{360} = 2 \cdot 3,14 \cdot 150 \frac{43^\circ 26'}{360} = 113,65 \text{ м}; \\D &= 2T - K = 2 \cdot 59,74 - 113,65 = 5,83 \text{ м}; \\B &= R \left(\frac{1}{\cos 0,5 \varphi} - 1 \right) = 150 \left(\frac{1}{\cos 0,5 \cdot 43^\circ 26'} - 1 \right) = 11,46 \text{ м}.\end{aligned}$$

Вычисление пикетажного значения главных точек кривой

Главные точки кривой – это начало кривой (НК), середина кривой (СК) и конец кривой (КК). Пикетажное значение показывает расстояние от начала трассы (НТ) до соответствующей точки.

Вычисление пикетажного значения главных точек кривой выполняется по следующим формулам:

$$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкНК} + 0,5K.$$

Контроль:

$$\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - Д;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкСК} + 0,5K.$$

Пример вычисления пикетажных значений главных точек кривой

В примере вершина угла поворота $\text{пкЗ} + 15$.

По приведенным исходным данным вычисляются пикетажные значения главных точек кривой:

$$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T = \text{пкЗ} + 15 - 59,74 = 315 - 59,74 = 255,26 = 2 + 55,26;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K = 255,26 + 113,65 = 368,91;$$

$$\text{пкСК} = \text{пкНК} + 0,5K = \text{пкЗ} + 15 + 55,26 + 0,5 \cdot 113,65 = 312,08$$

Контроль:

$$\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - Д = \text{пкЗ} + 15 + 59,74 - 5,83 = 368,91;$$

$$\text{пкКК} = \text{пкСК} + 0,5K = 312,08 + 0,5 \cdot 113,65 = 368,905.$$

Все вычисленные пикетажные значения измеряются в метрах. Вычисление элементов кривой и пикетажного значения главных точек кривой приводится в форме таблицы.

Наименование и формула	Вычисления
Угол поворота трассы φ	$\Phi = 43^{\circ}26'$
Радиус круговой кривой R	150м
Тангенс $T = R * tg * \frac{\varphi}{2}$	$T = 150tg \frac{43^{\circ}26'}{2} = 59,74\text{м}$
Кривая $K = 2\pi R * \frac{\varphi}{360}$	$K = 2 * 3,14 * 150 * \frac{43^{\circ}26'}{360} = 113,65 \text{ м}$
Домер $D = 2T - K$	$D = 2 * 59,74 - 113,65 = 5,83 \text{ м}$
Биссектриса $B = R \left(\frac{1}{\cos 0,5\varphi} - 1 \right)$	$B = 150 \left(\frac{1}{\cos 0,5 * 43^{\circ}26'} - 1 \right) = 11,46 \text{ м}$
Вершина угла поворота	$\text{пкЗ} + 15 = 315 \text{ м}$
$\text{пкНК} = \text{пкВУ} - T$	$\text{пк(НК)} = 315 - 59,74 = 2 + 55,26$
$\text{пкКК} = \text{пкНК} + K$	$\text{пк(КК)} = 255,26 + 113,65 = 368,91$
Контроль: $\text{пкКК} = \text{пкВУ} + T - Д$	$\text{пкКК} = 315 + 59,74 - 5,83 = 368,91$

Вычисление ориентирующих углов прямых участков после углов поворота

Начальное направление трассы выдается в задании. После поворота направление трассы меняется. Для вычисления ориентирующего угла прямого участка после поворота сначала вычисляется дирекционный угол первоначального направления по формулам зависимости дирекционных углов и румбов, затем дирекционный угол прямого участка после поворота.

Для правого поворота трассы дирекционный угол прямого участка после поворота (конец кривой – конец трассы КК–пк7) вычисляется по формуле:

$$\alpha_{\text{КК–пк7}} = \alpha_{\text{пк0–НК}} + \varphi.$$

Для левого поворота трассы дирекционный угол направления КК–пк7 вычисляется по формуле

$$\alpha_{\text{КК–пк7}} = \alpha_{\text{пк0–НК}} - \varphi.$$

Пример вычисления ориентирующих углов трассы

Румб начального направления пк0–НК, в примере $r = \text{ЮЗ } 62^{\circ}15'$, тогда дирекционный угол направления пк0–НК вычисляется по формуле III четверти:

$$\alpha_{\text{пк0–НК}} = r + 180^{\circ} = 62^{\circ}15' + 180^{\circ} = 242^{\circ}15'.$$

Для правого поворота трассы дирекционный угол направления КК–пк7 вычисляется по формуле:

$$\alpha_{\text{КК–пк7}} = \alpha_{\text{пк0–НК}} + \varphi = 242^{\circ}15' + 43^{\circ}26' = 285^{\circ}41'.$$

И тогда румб прямого участка после поворота будет

$$r = 360^{\circ} - 285^{\circ}41' = 74^{\circ}19'(\text{СЗ}).$$

Завершив обработку журнала нивелирования, приступают к построению профиля и проектированию.

Построение профиля

Профиль продольного нивелирования строится на миллиметровой бумаге формата А3, светлой, хорошо читаемой.

Нивелирование трассы завершают графическим оформлением полевых наблюдений – составлением профиля трассы по результатам вычислений в журнале геометрического нивелирования и пикетажной книжки. Для придания профилю наглядности вертикальный масштаб на профиле в десять раз более

крупный, чем горизонтальный. В задании горизонтальный масштаб М 1:2000 и вертикальный М 1:200.

Составление профиля производят в следующей последовательности:

– От нижнего края миллиметровой бумаги отступают вверх на 15–17 см и проводят горизонтальную прямую – линию условного горизонта. Отметку условного горизонта принимают такой, чтобы ни одна точка трассы, построенная в масштабе профиля для вертикальных расстояний, не была ближе 4–6 см от линии условного горизонта.

– Ниже линии условного горизонта строят сетку профиля. Размеры сетки профиля показаны в миллиметрах на рисунке 16.

– От сетки профиля вправо на расстоянии 0,5 см строится профиль.

– В графе «Расстояния» наносят пикетные и плюсовые точки в масштабе для горизонтальных расстояний; откладывают вначале полные пикеты по 100 м, а затем промежуточные точки между пикетами; в графе они отмечаются вертикальными линиями; подписывают расстояния между смежными точками.



Рисунок 16 – Сетка профиля и её размеры

Заполняется графа «Пикеты». В этой графе подписываются пикеты около вертикальных линий, начиная с пикета 0. Репера на профиле не строятся.

ПРОФИЛЬ

Масштабы: горизонтальный 1:5000
вертикальный 1:200

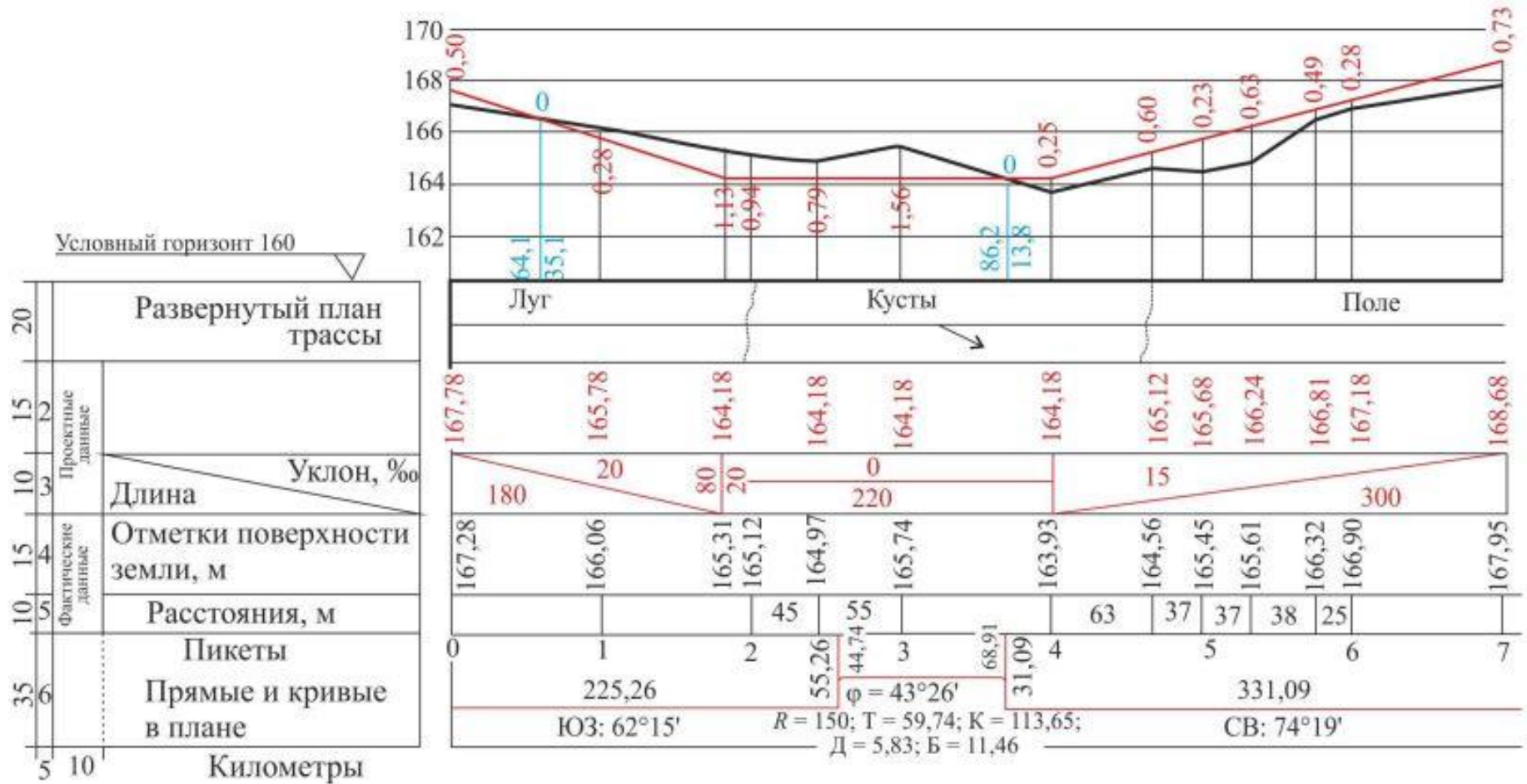


Рисунок 17 – Образец профиля

В примере между пикетами 5 и 6 расположены две плюсовые точки: +37 и +75. Расстояния подписываются 37 и 38 ($75 - 37 = 38$ м) и 25 ($100 - 75$ м). Сумма отрезков $37 + 38 + 25 = 100$ м.

– Графа «Отметки поверхности земли» заполняется из «Ведомости геометрического нивелирования». Отметки выписываются к соответствующим пикетам и плюсовым точкам с точностью 0,01 м.

На нулевом пикете над линией условного горизонта перпендикулярно к ней строят шкалу высот в масштабе для вертикальных расстояний.

Выбор отметки линии условного горизонта

Из отметок поверхности земли выбирается самое маленькое значение. В примере – 163,93. Это число округляется до четного. В примере – 164. Затем отсчитывают 3–6 см по шкале и полученное значение подписывается (164). От этого значения строится шкала, т.е. «+2 м» вверх и «–2 м» вниз.

По выписанным отметкам пикетов и плюсовых точек строится линия профиля. Для этого от линии условного горизонта перпендикулярно к ней откладываются вверх значения отметок пикетов и плюсовых точек с учетом вертикального масштаба и отметки линии условного горизонта. В примере – вертикальный масштаб 1:200.

Все построенные точки соединяются ломаной линией. Получается профиль земной поверхности по линии трассы. От линии условного горизонта до линии профиля проводятся вертикальные линии на пикетах и плюсовых точках.

Графа «Прямые и кривые в плане» заполняется по результатам вычисления пикетажных значений главных точек кривых. В графе проводится прямая линия на расстоянии 10 мм от нижней границы. По пикетажному значению точки «Начало кривой» она наносится на профиль на линии пикетажа от нулевого пикета с учетом горизонтального масштаба. До точки «Начало кривой» трасса показывается прямой линией. Аналогично показывается точка «Конец кривой». От нее трасса также показывается прямой. Между точками

«Начало кривой» и «Конец кривой» ось дороги прерывается и кривая показывается скобой. Если поворот правый, то скоба направлена вверх, если поворот левый, то скоба обращена вниз. Скоба отклоняется на 5 мм.



Рисунок 18 – Заполнение графы «Прямые и кривые на плане»

Вдоль перпендикуляров от пикетажной линии до оси дороги у точек «Начало кривой» и «Конец кривой» подписываются расстояния от заднего пикета до точки и от точки до переднего пикета.

Внутри кривой подписываются угол поворота трассы ϕ , радиус R , тангенс T , кривая K , домер D , биссектриса B .

Над серединой каждой прямой вставки записывают ее длину, а под ней дирекционный угол или румб.

Контролем расстояний служит сумма длин всех прямых вставок и кривых, которая должна быть равна длине всей трассы.

Графа «Развернутый план трассы» заполняется по данным пикетажа трассы (пикетажной книжки). По середине графы проводят ось дороги, условно развернутую в прямую линию. Вдоль линии наносят план местности, прилегающей к трассе, и все объекты, которые находятся в полосе 25 м влево и вправо от оси трассы, показывают границы между угодьями и строения. В точках, соответствующих вершинам углов поворота, показывают направление поворота трассы (вправо или влево).

Нанесение проектной линии

Проектная линия может быть построена различными способами, которые зависят от выданного задания.

В данной работе проектирование выполняется по заданным уклонам и длинам проектной линии.

Исходные данные для проектирования:

- на пикете 0 запроектирована насыпь высотой 0,5 м, тогда проектная отметка на ПК0 вычисляется $H_{\text{проект}} = H_{(\text{отм.п.з})} + 0,5$;

- $H_{\text{проект}}$ – проектная отметка на ПК0;

- $H_{(\text{отм.п.з})}$ – отметка поверхности земли на ПК0 (берется из ведомости «Геометрическое нивелирование»).

Трасса разбивается на три участка: длина первого $S_1 = 180$ м с уклоном проектной линии $i_1 = -0,020$; второй участок $S_2 = 220$ м с уклоном $i_2 = 0$; третий $S_3 = 100$ м с уклоном $i_3 = +0,015$. В графе «Проектные уклоны» проводится вертикальная линия в соответствии с длинами участков. Между этими линиями в зависимости от направления уклона проводят диагональ (слева вверх направо при положительном и слева вниз направо при отрицательном уклоне). Посередине над этими линиями подписывают заданные уклоны, а под линией подписывают расстояние, на котором действует данный уклон. Участки проектной линии с нулевым уклоном показывают горизонтальными линиями. Их проводят посередине графы «Уклоны».

Начальная проектная отметка первого участка:

$$H_{\text{н1}} = H_{\text{проект}} = H_{\text{отм.п.з}} + 0,5.$$

Проектная отметка конца первого участка $H_{\text{к}}$ вычисляется по формуле:

$$H_{\text{к1}} = H_{\text{н1}} + i_1 S_1$$

На втором участке уклон $i_2 = 0$, поэтому отметки проектной линии на пикетах второго участка равны вычисленному значению $H_{\text{к1}}$.

На третьем участке начальная отметка проектной линии $H_{\text{н3}}$ равна значению $H_{\text{к1}}$, т.е начальная отметка третьего участка равна конечной отметке

первого участка $H_{н3}=H_{к1}$. Конечная отметка третьего участка вычисляется аналогично конечной отметке первого участка.

Вычисление проектных отметок на пикетах

Эти вычисления выполняются по формуле:

$$H_{n+1}=H_n+i*d,$$

где H_{n+1} – проектная отметка последующей точки, м;

H_n – проектная отметка предыдущей точки, м;

i – уклон проектной линии на данном участке;

d – расстояние между точками.

Проектные отметки вычисляются с точностью до сотых долей метра (0,01м).

Пример вычисления проектных отметок на пикетах

Первый участок:

$$H_{пк0}=H_{отмп.з}+0,5=167,28+0,5=167,78;$$

$$H_{пк1}=H_{пк0}+i_1*d=167,78+(-0,020)\cdot 100=165,78;$$

$$H_{пк1+80}=H_{пк1}+i_1*d=167,58+(-0,020)\cdot 80=164,18;$$

Второй участок: на этом участке нулевой уклон, поэтому отметки на всех пикетах и плюсовых точках принимают значение 164,18.

Третий участок:

$$H_{пк5}=H_{пк4}+i_2*d=164,18+0,015\cdot 100=165,68;$$

$$H_{пк6}=H_{пк5}+i_2*d=165,68+0,015\cdot 100=167,18.$$

Вычисленные отметки заносятся в графу «Отметки оси проезжей части» красным цветом.

Вычисление проектных отметок на плюсовых точках

Проектные отметки на плюсовых точках $H_{пл.т}$ вычисляются по формуле:

$$H_{пл.т}=H_{задн.пк}+i_1l,$$

Где $H_{задн.пк}$ – проектная отметка заднего пикета, м;

i_1 – уклон данного участка;

l – расстояние от заднего пикета до плюсовой точки, м.

Вычисленные отметки записываются в графу «Отметки оси проезжей части».

Пример вычисления проектных отметок плюсовых точек

Между пикетами 4 и 5 находится плюсовая точка +63. Ее проектная отметка:

$$H_{+63} = H_{\text{пк4}} + i \cdot l = 164,18 + 0,015 \cdot 63 = 165,12 \text{ м.}$$

Вычисление рабочих отметок

Рабочие отметки обозначают объемы насыпи (знак плюс) или выемки (знак минус) на каждом пикете или плюсовой точке и вычисляются по формуле:

$$r = H_{\text{кр}} - H_{\text{ч}},$$

Где r – рабочая отметка на пикете или плюсовой точке, м;

$H_{\text{кр}}$ – проектная отметка на пикете или плюсовой точке, м;

$H_{\text{ч}}$ – отметка земли на том же пикете или плюсовой точке, м.

Рабочие отметки со знаком «плюс» подписываются над проектной линией, со знаком «минус» – под проектной линией красным цветом.

Пример вычисления рабочих отметок

Рабочие отметки на пикетах и плюсовых точках:

$$\text{Для пк0} \cdot r = 167,78 - 167,28 = 0,5;$$

$$\text{Для пк1} \cdot r = 165,78 - 166,06 = 0,28;$$

$$\text{Для пк1+80} \cdot r = 164,18 - 165,31 = -1,13;$$

$$\text{Для пк2} \cdot r = 164,18 - 165,12 = -0,94;$$

$$\text{Для пк2+45} \cdot r = 164,18 - 164,97 = -0,79;$$

$$\text{Для пк3} \cdot r = 164,18 - 165,74 = -1,56;$$

$$\text{Для пк4} \cdot r = 164,18 - 163,93 = 0,25;$$

$$\text{Для пк4+63} \cdot r = 165,12 - 164,52 = 0,60;$$

$$\text{Для пк5} \cdot r = 165,68 - 165,45 = 0,23;$$

$$\text{Для пк6} \cdot r = 167,18 - 166,90 = 0,28;$$

$$\text{Для пк7} \cdot r = 168,68 - 167,95 = 0,73;$$

Отметка поверхности земли на пикете 1 + 80 вычисляется методом пропорций.

Разность отметок поверхности земли между пикетами 1 и 2:

$$165,120-166,062=-0,942 \text{ м,}$$

Тогда $(-0,942) \cdot 100$ м

$X - 80$ м,

следовательно, $X=(-0,942) \cdot 80/100 = -0,753$

На данном участке рельеф понижается от пикета 1 к пикету 2, поэтому отметка пк₁₊₈₀ равна $H_{\text{пк1+80}}=H_{\text{пк1}}+X=166,062+(-0,753)=165,31$.

Точки нулевых работ

На интервалах, где у рабочих отметок меняется знак, находятся точки нулевых работ. До этих точек вычисляются расстояния от заднего пикета l_1 до переднего пикета l_2 по формулам:

$$l_1=(r_1 d)/(r_1+r_2);$$

$$l_2=(r_2 d)/(r_1+r_2).$$

Контроль: $l_1+l_2=d$,

Где l_1 – расстояние от заднего пикета до точки нулевых работ, м;

l_2 – расстояние от точки нулевых работ до переднего пикета, м;

d – расстояние между пикетами, м.

В формулах рабочие отметки подставляются без учета знака.

Пример.

Смена знаков у рабочих отметок наблюдается на интервале пк0 и пк1.

Тогда расстояние от пикета до точки нулевых работ вычисляется по формулам:

$$l_1=(r_1 d)/(r_1+r_2)=(0,5 \cdot 100)/(0,5+0,28)=64,10 \text{ м;}$$

$$l_2=(r_2 d)/(r_1+r_2)=(0,28 \cdot 100)/(0,5+0,28)=35,90 \text{ м.}$$

Контроль: $64,10+35,90=100$ м.

Значения расстояний l_1 , l_2 и отметка точки нулевых работ записываются на профиле синим цветом над линией условного горизонта.

Синие отметки. Отметку точки нулевых работ называют синей отметкой.

Эту отметку вычисляют дважды (для контроля) от двух соседних с ней точек:

$$H_0 = H_{\text{задн.пк}} + i \cdot l_1 \text{ и } H_0 = H_{\text{передн.пк}} + i \cdot l_2,$$

Где $H_{\text{задн.пк}}$ и $H_{\text{передн.пк}}$ – красные (проектные) отметки заднего и переднего пикетов соответственно;

i – проектный уклон на участке между пикетами;

l_1 – расстояние от заднего пикета до точки нулевых работ, м;

l_2 – расстояние от точки нулевых работ до переднего пикета, м.

Пример:

$$H_0 = H_{\text{пк0}} + i \cdot l_1 = 167,78 + (-0,020) \cdot 64,10 = 166,50;$$

$$H_0 = H_{\text{пк1}} + i \cdot l_2 = 165,78 + (-0,020) \cdot 35,80 = 166,50.$$

В графу «Отметки оси проезжей части» синей тушью записывают синюю отметку. На профиле над точкой нулевых работ ставят нуль и вычерчивают синей тушью перпендикуляр, опущенный из этой точки на линию условного горизонта.

Построение поперечника

Поперечники строят в одном масштабе, чаще всего в масштабе, принятом для вертикальных расстояний продольного профиля. Поперечники вычерчивают на отдельном листе.

На поперечном профиле показываются расстояния от пикета влево и вправо, отметки точек поперечника и линия земной поверхности.



Рисунок 19 – Схема для построения поперечника

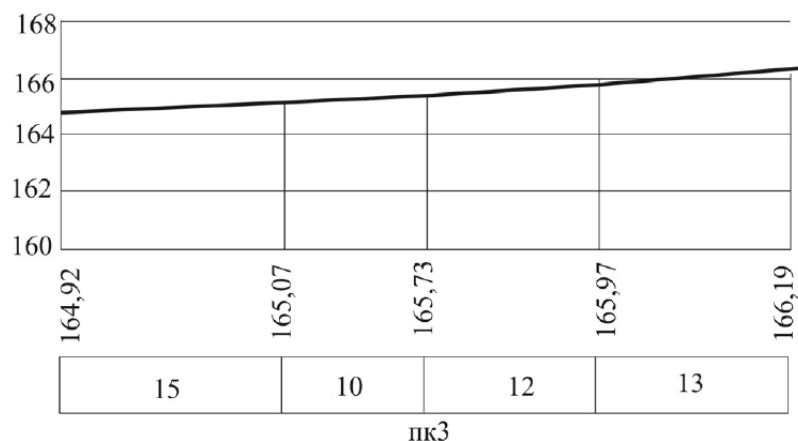


Рисунок 20 – Общий вид поперечника на ПК3

Оформление профиля

Окончательное оформление профиля выполняется в цвете капиллярными ручками или тушью.

Все проектные данные (проектная линия, рабочие отметки, уклоны, проектные отметки, линия в графе «Прямые и кривые») выполняются красным цветом.

Точки нулевых работ и относящиеся к ним расстояния и отметки выполняются синим цветом.

Все остальные элементы продольного профиля и поперечники выполняются черным цветом.

Площадь насыпи показывается желтым цветом, а выемки – красным. Можно цветным карандашом.

Задание 2. Расчет объемов земляных работ

Основой для составления проекта вертикальной планировки служат топографические планы местности в масштабах 1:1000 – 1:500, полученные в результате нивелирования по квадратам.

Вертикальная планировка под горизонтальную площадку предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, т.е. равенство грунта по выемке и насыпи. Для решения задачи используют фактические отметки вершин квадратов.

Объемы земляных работ подсчитывают на основании рабочих отметок вершин квадратов, отдельно по выемке и насыпи. Данные отметки получают в результате проведения работ нивелирования по квадратам.

При составлении проекта вертикальной планировки на основе нивелирования по квадратам, обычно используют способ призм. При этом объем насыпи и выемки приравнивают к объему призмы, с основанием в виде треугольника, квадрата, трапеции и высотой равной средней рабочей отметке фигуры.

$$V_{\text{квадрата}} = \frac{\sum h_{\text{раб.}}}{4} * S, \text{ где } S - \text{площадь основания призмы (квадрата).}$$

В смещенных квадратах, которые пересекает линия проектных работ, части квадрата обычно делят на треугольники и объем каждой трехгранной призмы находят как:

$$V_{\text{тр.}} = \frac{\sum h_{\text{раб.}}}{3} * S, \text{ при этом в подсчет средних рабочих отметок, в число}$$

точек включают и нулевые точки.

Выполнение работы.

1. Рассчитываем проектную отметку.

Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается созданием горизонтальной площадки с проектной отметкой:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum h_3 + 4\sum H_4}{4n}$$

где ΣH_1 – сумма фактических отметок, входящих в один квадрат;

ΣH_2 – сумма фактических отметок, общих для двух квадратов;

ΣH_4 – сумма фактических отметок, общих для четырех квадратов;

n – количество квадратов.

Для облегчения расчетов вычисления проектной отметки, удобнее выполнять по следующей формуле:

$$H_{пр} = H_0 + \frac{\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 4\Sigma h_4}{4n}$$

где H_0 – минимальное значение отметки вершины квадрата, округленное до метров.

$$h_1 = H_1 - H_0, \quad h_2 = H_2 - H_0, \quad h_4 = H_4 - H_0$$

Проектные отметки вершин квадрата

№ п/п	h_1 , м	h_2 , м	h_4 , м
1	1,48	2,05	0,93
2	3,00	3,18	1,03
3	3,53	2,49	2,15
4	2,00	2,98	1,23
5		2,78	1,43
6		3,00	2,01
7		3,01	2,15
8		2,93	2,18
9		2,02	2,98
10		2,10	
11		1,40	
12		1,12	
Σ	10,01	29,06	16,09
$H_{пр} = H_0 + \frac{\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 4\Sigma h_4}{4n} = 14 + \frac{10,01 + 2 \cdot 29,06 + 4 \cdot 16,09}{64} = 16,07 \text{ м}$			

2. По проектной отметке $H_{пр}$ и фактическим значениям отметок вершин квадрата рассчитываем рабочие отметки:

$$H_{раб} = H_{пр} - H_i$$

H_i – фактическая отметка вершины квадрата

$$h_1^{раб.} = H_{пр.} - H_1$$

$$h_2^{\text{раб.}} = H_{\text{пр.}} - H_2$$

$$h_n^{\text{раб.}} = H_{\text{пр.}} - H_n$$

Расчет рабочих отметок

№ точек	Н _і , м	h _{раб.} , м	№ точек	Н _і , м	h _{раб.} , м	№ точек	Н _і , м	h _{раб.} , м
1а	15,48	+0,59	3а	17,18	-1,11	5а	17,00	-0,93
1б	15,12	+0,95	3б	15,03	+1,04	5б	16,98	-0,91
1в	15,40	+0,67	3в	15,43	+0,64	5в	16,78	-0,71
1г	16,10	-0,03	3г	16,18	-0,11	5г	17,00	-0,93
1д	16,00	+0,07	3д	16,93	-0,86	5а	17,53	-1,46
2а	16,05	+0,02	4а	16,49	-0,42	$h_{(+)}^{\text{раб.}} = 6,07 \text{ м}$ $h_{(-)}^{\text{раб.}} = -9,48 \text{ м}$ $h_{(\pm)}^{\text{раб.}} = -3,41 \text{ м}$		
2б	14,93	+1,14	4б	16,15	-0,08			
2в	15,23	+0,84	4в	16,01	+0,06			
2г	16,15	-0,08	4г	16,98	-0,91			
2д	16,02	+0,05	4д	17,01	-0,94			

Рабочие отметки полученные со знаком «+» - насыпь, а со знаком « - » - это выемка грунта.

3. После расчета рабочих отметок они выписываются на план вертикальной планировки возле каждой вершины квадрата.

4. Вычисляем расстояния от точки нулевых работ до сторон квадрата (сторона квадрата d= 40 мм.):

$$l_1 = \frac{h_1^{\text{раб.}}}{h_1^{\text{раб.}} + h_2^{\text{раб.}}} * d$$

$$l_2 = \frac{h_2^{\text{раб.}}}{h_1^{\text{раб.}} + h_2^{\text{раб.}}} * d$$

Контроль: $l_1 + l_2 = d = 40 \text{ мм.}$

Расчет расстояния до точек нулевых работ

Сторона квадрата	Рабочие отметки, м		Расстояние до вершин квадрата, мм	
	+h	-h	+	-
1в-1г	+0,67	-0,03	38	2
2в-2г	+0,84	-0,08	37	3
3в-3г	+0,64	-0,11	34	6
4в-4г	+0,06	-0,91	2	38
4в-5в	+0,06	-0,71	3	37
4в-4б	+0,06	-0,08	17	23
3б-4б	+1,04	-0,08	37	3
3б-3а	+1,04	-1,11	19	21
3а-2а	+0,02	-1,11	1	39
1г-1д	+0,07	-0,03	28	12
2г-2д	+0,05	-0,08	15	25
2д-3д	+0,05	-0,86	2	38

5. Вычисляем средние рабочие отметки $h_{\text{ср.}}$ по количеству сторон фигуры:

$$h_{\text{ср.}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}, \text{ где}$$

n – количество сторон фигуры. Где проходит линия нулевых работ, там отметка $h_{\text{раб.}}$ будет равна нулю ($=0$).

6. Вычисляем площади фигур по формулам:

Площадь квадрата: $S_{\text{кв.}} = a^2$

Площадь треугольника: $S_{\text{тр.}} = \frac{1}{2} * a * h$

Площадь трапеции: $S_{\text{трап.}} = \frac{1}{2} * (a + b) * h$

7. Вычисляем объемы каждой фигуры по следующей формуле:

$$V = S_{\text{фигуры}} * h_{\text{ср.}}$$

Расчет объема земляных работ

Насыпь (+)				Выемка (-)			
№ фигур	$h_{\text{ср}}^{\text{раб}}$	Площадь, $S_{\text{н}}, \text{м}^2$	Объем, $V_{\text{н}}, \text{м}^3$	№ фигур	$h_{\text{ср}}^{\text{раб}}$	Площадь, $S_{\text{в}}, \text{м}^2$	Объем, $V_{\text{в}},$ м^3
1	0,675	1600	1080	1	0,377	409,138	154,245
2	0,828	1189,781	985,139	2	0,322	1248,5	402,017
3	0,347	351,161	121,853	3	0,585	1600	936
4	0,900	1600	1440	4	0,027	34,074	0,92
5	0,915	1600	1464	5	0,340	1574,5	735,33
6	0,348	1565,5	544,794	6	0,028	98,214	2,75
7	0,02	25,5	0,51	7	0,048	176,25	8,64
8	0,378	1498,016	566,25	8	0,255	880	224,4
9	0,370	1420	525,4	9	0,51	1597	914,47
10	0,175	720	126	10	0,028	740	20,72
11	0,03	860	25,8	11	0,21	1585	432,85
12	0,017	14,706	0,25	12	0,705	1600	1128
				13	1,06	1600	1696
ИТОГО		12444,665	6879,996			13142,676	6656,342

8. Проводим контроль вычислений.

$$S_{\text{уч}} = S_{\text{н}} + S_{\text{в}}$$

$$\Delta V = \Sigma V_{\text{н}} - \Sigma V_{\text{в}}$$

$$V = \Sigma V_{\text{н}} + \Sigma V_{\text{в}}$$

$$S_{\text{уч}} = S_{\text{н}} + S_{\text{в}} = 1244,665 + 13142,676 = 25587,342 \text{ м}^2$$

$$\Delta V = \Sigma V_{\text{н}} - \Sigma V_{\text{в}} = 6879,996 - (-6656,342) = 13536,34 \text{ м}^3$$

$$V = \Sigma V_{\text{н}} + \Sigma V_{\text{в}} = 6879,996 + (-6656,342) = 223,654 \text{ м}^3$$

9. Определяем разницу между объемом выемки и насыпи и сравниваем с допустимым значением (допуск не более 2%).

$$\frac{\Delta V}{V} 100\%$$

$$\Delta V_{\text{доп}} \leq 2\%$$

$$\frac{V}{\Delta V} 100\% = 223,654 / 13536,34 * 100\% = 1,65\%$$

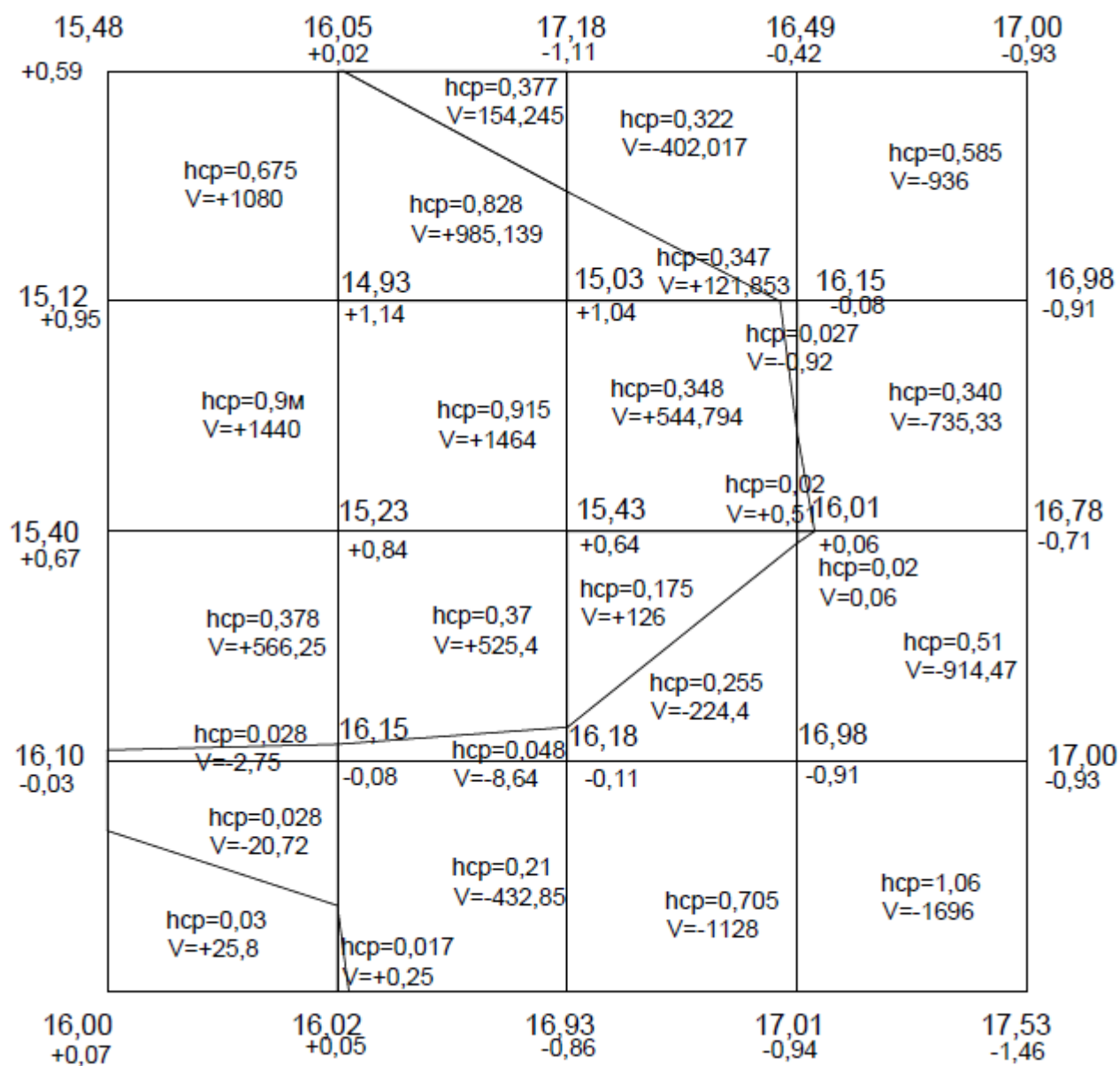


Рисунок 21 – Образец оформления работы

Раздел IV. Геодезические разбивочные работы. Исполнительные съемки

Лабораторная работа №7. Подготовка данных для выноса проекта в натуру

Цель: изучить основные элементы геодезических разбивочных работ.

Задачи: подготовить данные для разбивки строительной сетки. Составить план.

Приборы и принадлежности: инженерный калькулятор.

Задание 1. Подготовить данные для разбивки строительной сетки.

На плане масштаба 1:500 нанести по координатам пункты опорной сети 1 и 2. Произвольно нанести точки строительной сетки А и В (расстояния между точками рекомендуется 40; 50 или 60м.).

Расчеты рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Определить графически координаты точки А и В.
2. Вычислить дирекционный угол α_1 решая обратную геодезическую задачу.

$$\Delta X = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$$

$$\Delta Y = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}$$

$$\text{tgr} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}; r = \text{arctg} \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|$$

Дирекционный угол вычисляем в зависимости от знаков приращения координат.

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов	Связь румбов и дирекционных углов	Знаки приращений координат	
			ΔX	ΔY
I – СВ	0° - 90°	$\alpha = r$	+	+
II – ЮВ	90° - 180°	$\alpha = 180^\circ - r$	-	+
III – ЮЗ	180° - 270°	$\alpha = 180^\circ + r$	-	-
IV – СЗ	270° - 360°	$\alpha = 360 - r$	+	-

3. Решая обратную геодезическую задачу вычислить горизонтальное проложение ℓ_{1-A} и дирекционный угол α_{1-A} .

$$\ell = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

4. Вычислить угол β_1 .

$$\beta_2 = \alpha_{A-1} + 180^\circ - \alpha_{1-2}.$$

5. Решая обратную геодезическую задачу вычислить горизонтальное проложение ℓ_2 –ви дирекционный угол α_{2-B} .

6. Вычислить угол β_2 .

7. Вычислить дирекционный угол α_{A-B} – решая обратную геодезическую задачу.

8. Зная дирекционный угол α_{A-B} и дирекционные углы α_{1-A} и α_{2-B} вычислить β_A и β_B .

9. Вычислить $\ell_{A-ви}$ сравнить с запроектированным расстоянием.

Варианты исходных данных для решения задачи

№ варианта	Координаты пунктов (м)			
	I		II	
	X	Y	X	Y
1	310,64	58,13	360,87	16,10
2	311,53	59,26	361,94	10,10
3	314,29	61,39	373,29	12,46
4	315,86	62,84	374,15	14,21
5	316,74	63,14	365,29	13,35
6	318,65	67,28	358,83	12,84
7	324,15	68,34	376,15	14,38
8	322,46	69,37	375,84	17,23
9	324,49	70,84	369,81	19,35
10	325,64	73,15	383,15	19,18
11	327,73	74,26	382,29	21,16
12	328,16	75,39	379,15	22,83
13	329,45	76,15	381,46	23,19
14	330,39	77,83	380,48	24,10
15	331,15	78,16	379,45	26,85
16	336,73	81,26	378,36	31,16
17	338,25	82,39	375,15	30,74
18	339,16	83,35	374,26	32,18
19	340,23	84,38	388,31	33,95
20	341,16	87,69	383,12	37,90
21	610,27	525,14	652,13	455,29
22	612,38	529,36	655,24	456,12
23	618,14	528,74	656,93	457,32

24	617,25	526,15	657,18	457,94
25	618,84	539,74	658,39	458,10
26	620,38	510,24	661,12	459,35
27	621,84	512,36	662,37	460,12
28	622,35	535,14	662,94	461,83
29	623,19	512,89	663,84	462,14
30	624,56	503,64	664,25	463,25

Задание 2. Проектом предусмотрена прокладка нефтепровода через лесной массив. Для этого необходимо прорубить просеку шириной 20 м. В целях ускорения работ просеку целесообразно вести встречно с противоположных концов. По обе стороны от лесного массива имеются пункты геодезической сети, используя которые следует задать направления просеке.

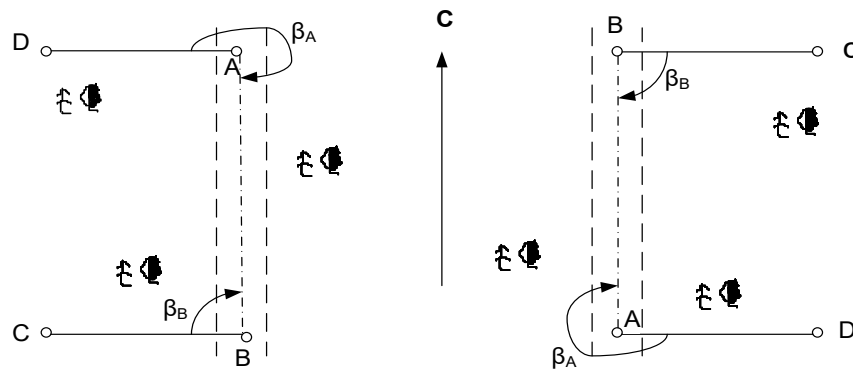


Рисунок 22 – Возможные схемы просеки

Для задания направления просеке по оси трубопровода АВ необходимо вычислить углы направления: $\angle DAB$ и $\angle CBA$

Кроме этого, следует определить:

- 1) длину просеки;
- 2) уклоны i_{AB} и i_{BA} (при горизонтальной местности);

$$i_{AB} = \frac{H_B - H_A}{l_{AB}},$$

- 3) угол наклона (при наклонном рельефе).

$$\delta_{A-B} = \arctg \frac{H_B - H_A}{l_{AB}},$$

План просеки составить в масштабе 1: 2000.

Варианты исходных данных для решения задачи

№ варианта	Координаты точки (м)						Дирекционный угол	
	А			В			α_{AD}	α_{BC}
	Х	У	Н	Х	У	Н		
1	144,56	325,05	150,50	38,65	310,50	151,05	273° 35'	273° 42'
2	145,84	323,16	150,40	40,83	309,26	151,30	272° 15'	273° 18'
3	146,83	324,12	150,30	42,64	310,85	150,80	273° 06'	273° 54'
4	152,40	324,95	150,10	46,50	311,05	150,50	271° 10'	270° 15'
5	150,36	321,18	160,10	45,34	310,23	160,40	273° 15'	272° 18'
6	149,12	320,85	165,20	42,28	312,86	165,80	273° 40'	273° 10'
7	139,48	325,30	221,45	33,56	310,75	222,08	272° 25'	272° 40'
8	141,68	327,16	224,45	36,71	312,83	225,16	273° 11'	273° 46'
9	142,15	329,46	224,80	37,45	313,94	225,93	272° 18'	272° 36'
10	144,70	335,10	225,05	38,65	320,75	225,80	273° 40'	273° 25'
11	146,19	332,26	200,83	40,15	324,38	201,04	272° 06'	272° 18'
12	148,19	333,29	210,18	41,45	326,39	211,41	272° 25'	272° 30'
13	156,11	336,60	110,08	50,20	322,05	110,88	272° 15'	272° 15'
14	152,34	330,26	105,14	46,29	320,12	106,03	272° 34'	272° 08'
15	150,48	328,29	104,26	47,34	321,56	105,15	272° 44'	272° 14'
16	56,40	105,30	95,15	166,35	96,25	95,90	81° 10'	80° 50'
17	56,84	105,43	95,40	165,15	96,93	94,85	82° 15'	82° 43'
18	56,94	105,08	98,10	166,83	96,44	97,10	82° 30'	82° 35'
19	57,25	104,80	95,20	167,40	105,30	96,05	89° 50'	90° 25'
20	58,11	105,20	95,74	168,39	106,34	95,13	88° 15'	81° 24'
21	59,36	105,94	97,18	168,90	108,12	96,83	86° 14'	82° 13'
22	59,30	106,58	95,40	169,30	109,35	96,11	91° 35'	92° 12'
23	62,40	108,26	97,35	173,12	111,42	99,34	90° 29'	93° 18'
24	63,14	110,84	102,16	175,24	113,29	108,25	86° 18'	87° 35'
25	170,55	225,40	150,50	44,50	240,75	150,90	258° 18'	258° 45'
26	168,36	223,20	145,50	43,16	238,57	145,90	261° 15'	262° 38'
27	170,94	229,15	147,20	42,24	239,14	149,36	260° 33'	261° 13'
28	171,20	230,75	145,35	43,85	242,15	146,05	258° 40'	257° 40'
29	172,34	231,19	162,36	44,18	243,26	160,39	261° 18'	262° 30'
30	173,45	230,84	74,03	46,39	244,30	75,94	259° 14'	258° 42'

Раздел V. Основные виды специальных геодезических работ.

Геодезические наблюдения за смещениями и деформациями инженерных сооружений

Лабораторная работа №8. Способы измерения смещений и осадок сооружений

Цель: освоить методику обработки результатов измерений сдвига зданий.

Задачи: вычислить значение сдвига. Составить схему сдвига.

Приборы и принадлежности: бланк задания, инженерный калькулятор, рабочая тетрадь.

В практике строительства наиболее широкое применение получил створный метод для определения сдвига прямолинейных контуров – ряда фундаментов, плотин и т.п., а также для смещения оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа.

Сущность створного метода заключается в измерении величин $C_1, C_2, C_3,$ и C_4 , представляющих собой отклонения в перпендикулярном направлении деформационных марок M_1, M_2, M_3, M_4 от створа опорных знаков А и В. Наряду с другими способами отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу АВ. При этом над опорным пунктом А устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом В. Берут отсчеты C_1, C_2, C_3 и C_4 по рейке, приставленной пяткой к деформационной марке. Затем теодолит переносят на другую марку, а по рейке берут отсчеты C_1', C_2', C_3', C_4' . Первые отсчеты относят к «ходу прямо» и записывают в графу 2 ведомости вычислений сдвигов, а вторые – к «ходу обратно» (графа 3).

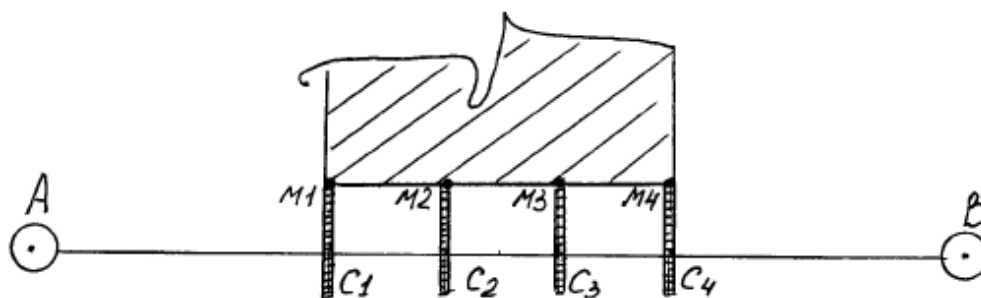


Рисунок 23 – Схема наблюдения за сдвигами створным методом с помощью рейки

По полученным отсчетам определяют среднее значение отклонений всех марок по формуле $C_i = 0,5 (C + C')$ и записывают их в графу 4 ведомости вычислений.

После аналогичных измерений в следующем цикле наблюдения вычисляют величину смещения всех марок Δ_i как разность отсчетов по рейке в нулевом C_0 и текущем C_i i -м циклах измерения: $\Delta_i = C_0 - C_i$

В нашем примере среднее значение отклонения для марки M_1 в нулевом цикле измерения (графа 4) составит: $C_1^0 = 0,5 (388,6 + 389,2) = 388,9$ мм.

В последующем первом цикле измерения (графа 7) среднее значение отклонения для марки №1 составит: $C_1^1 = 0,5 (385,5 + 384,5) = 385,0$ мм.

Значение сдвига (графа 8) составит: $\Delta_1 = 388,9 - 385,0 = +3,9$ мм.

Ведомость вычислений значений сдвига

Составил: Фасахов М.А.

Теодолит – 2Т30П

Номер деформационной марки	Циклы наблюдений						Значение сдвига Δ , мм
	нулевой 06.09.2023			первичный 24.12.2023			
	Отсчет по рейке, мм			Отсчет по рейке, мм			
	прямо	обратно	среднее	прямо	обратно	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8
M_1	388,6	389,2	388,9	385,5	384,5	385,0	+3,9
M_2	361,5	360,9	361,2	359,9	360,5	360,2	+1,3
M_3	372,0	372,6	372,3	378,0	377,5	377,7	-5,4
M_4	388,5	389,5	389,0	396,5	396,5	396,0	-7,2

M ₁	568,6	569,4		565,0	564,8		
M ₂	461,0	459,6		459,0	461,5		
M ₃	478,2	476,0		472,6			
M ₄	508,5	510,3		496,5			

Для наглядности составляют схему сдвига по каждому из последующих циклов наблюдения.

На схеме обозначают контур объекта с расположением деформационных марок. Сдвиги на схеме показывают стрелками и подписывают их значение.

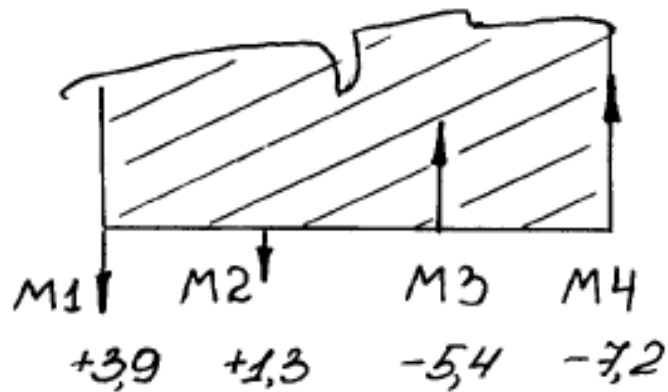


Рисунок 24 – Схема сдвига деформационных марок

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях изложен порядок выполнения лабораторных работ по инженерной геодезии для обучающихся очной формы обучения, направления подготовки 08.03.01 – Строительство, направленность (профиль) – Автомобильные дороги.

В методических указаниях подробно описаны способы определения координат, масштабы. Описаны геодезические приборы и методика работы с ними, а также пошагово расписаны действия при выполнении расчетных работ.

Методические указания способствуют:

- ознакомлению обучающихся с основами геодезических работ при изыскании и строительстве автомобильных дорог и различных объектов;

- привитию обучающимся умения выбора правильного геодезического оборудования для осуществления проектно-изыскательских и инженерно-геодезических работ;

- привитию обучающимся умения самостоятельно создавать съемочное обоснование для перенесения в натуру проектных данных, проведению разбивочных работ при строительстве автодорог; развитию логического мышления при выполнении работ.

- формированию умения и навыка работы с геодезическим оборудованием (оптическими теодолитами и нивелирами) и использованием его для осуществления проектно-изыскательских и топографо-геодезических работ при строительстве объектов.

Список рекомендованных источников

1. Геодезия : учебник для вузов / А. Г. Юнусов, А. Б. Беликов, В. Н. Баранов, Ю. Ю. Каширкин. — Москва : Академический проект, 2020. — 409 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/109985.html>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
2. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс : учебник для вузов / М. Я. Брынь, Е. С. Богомолова, В. А. Коугия [и др.] ; редакция В. А. Коугия. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. // Лань : электроннобиблиотечная система [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187587>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
3. Кочетова, Э. Ф. Инженерная геодезия в автомобильном строительстве : учебное пособие / Э. Ф. Кочетова. — 2-е изд. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 93 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80897.html>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
4. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. — 3-е изд. — Москва : Академический проект, 2020. — 538 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110090.html>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
5. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие* / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. - Москва : Академический Проект, 2013. - 538 с.
6. Чудинов, С. А. Инженерно-геодезические работы при изысканиях и проектировании автомобильных дорог : учебное пособие / С. А. Чудинов. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. — 110 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142514>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст :