

**ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет
народного хозяйства»**

Кафедра «Землеустройство и кадастры»

**СЕЛИМХАНОВ Д.Н.
АБДУЛЛАЕВ А. Р.**

**КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ
ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК**

**Методические указания
к выполнению курсового проекта по дисциплине
«ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»**

для направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»



Махачкала – 2022

Составители: **Селимханов Даниял Нажидинович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры», **Абдуллаев Абдулла Рафикович**, старший преподаватель кафедры «Землеустройство и кадастры», Дагестанского государственного университета народного хозяйства.

Внутренний рецензент: **Мансуров Нажмудин Мансурович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры» Дагестанского государственного университета народного хозяйства.

Внешний рецензент: **Ахмедова Рекият Курбалиевна**, кандидат технических наук, зав.кафедрой «Автомобильные дороги» МФ Московского автомобильно – дорожного университета (МАДИ).

Селимханов Д.Н. Абдуллаев А.Р., Камеральная обработка материалов топографических съемок. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Прикладная геодезия».- Махачкала: ДГУНХ, 2022.– 49 с.

Методические указания предназначены для студентов 2 курса обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины ««Прикладная геодезия» для направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» и содержат необходимые теоретические и практические сведения для выполнения и подготовки курсового проекта.

Печатается по решению Учебно-методического совета ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства»

Содержание

Введение	5
I.Задание 1. Обработка материалов теодолитной съемки и построение контурного плана.....	6
1.1. Сущность теодолитной съемки	6
1.2. Обработка журнала теодолитной съемки	7
1.3. Уравнивание угловых измерений	9
1.4.Вычисление дирекционных углов и румбов.....	10
1.5.Вычисление приращений координат и уравнивание линейных измерений.....	12
1.6.Вычисление координат пунктов теодолитного хода.....	14
1.7.Построение плана теодолитной съемки.....	14
II.Задание 2. Обработка материалов нивелирования поверхности и вертикальная планировка участка местности.....	16
2.1.Сущность нивелирования поверхности.....	16
2.2.Составление схемы нивелирования	17
2.3.Обработка журнала технического нивелирования	18
2.4.Построение плана участка в горизонталях	21
2.5.Вертикальная планировка под горизонтальную площадку	21
2.5.1. Определение проектной отметки площадки	22
2.5.2. Вычисление рабочих отметок	22
2.5.3.Нахождение точек нулевых работ.....	23
2.5.4.Определение объемов земляных работ	24
2.5.5. Определение невязки в суммарных объемах	25
III.Задание 3. Обработка материалов нивелирования трассы и построение продольного и поперечного профилей линейного сооружения.....	26
3.1. Общие сведения о геодезических изысканиях трасс линейных сооружений.....	26
3.2. Обработка журнала технического нивелирования.....	30
3.2.1. Вычисление превышений.....	30

3.2.2. Вычисление теоретической суммы превышений.....	31
3.2.3. Вычисление невязки нивелирного хода.....	31
3.2.4. Определение допустимой невязки.....	32
3.2.5. Увязка нивелирного хода.....	32
3.2.6. Вычисление абсолютных отметок связующих точек.....	32
3.2.7. Вычисление отметок промежуточных точек.....	33
3.3. Построение продольного профиля трассы.....	33
3.4. Построение проектного профиля линейного сооружения.....	34
3.4.1 Определение проектных отметок.....	35
3.4.2. Определение рабочих отметок.....	36
3.4.3 Определение синих расстояний.....	36
3.5. Построение плана прямых и кривых.....	37
3.5.1. Расчет элементов круговых кривых.....	37
3.5.2. Расчёт пикетажных значений главных точек кривых.....	38
3.5.3. Определение длин прямолинейных участков трассы.....	39
3.5.4. Определение расстояний между вершинами углов трассы.....	40
3.5.5. Определение дирекционных углов и румбов участков трассы.....	40
3.6. Составление ведомости углов поворота прямых и кривых.....	42
Приложение.....	43
Список рекомендуемой литературы	49

Введение

Данные методические указания предназначены для студентов инженерного факультета как дневной, так и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры». Объем выполнения проекта в зависимости от формы обучения может корректироваться кафедрой «Землеустройство и кадастры» в соответствии с учебными планами и программами.

Цель выполнения проекта – изучить порядок обработки полевых материалов топографических съемок и приобрести навыки в построении контурного и топографического планов и профилей местности заданного масштаба.

Курсовой проект выполняется в 4-ом семестре. Без сдачи проекта, студенты к сдаче экзамена по прикладной геодезии не допускаются.

Курсовой проект состоит из следующих заданий:

1. Обработка материалов теодолитной съемки и построение контурного плана;
2. Обработка материалов нивелирования поверхности и вертикальная планировка участка местности;
3. Обработка материалов тахеометрической съемки и построение топографического плана местности;
4. Обработка материалов нивелирования трассы и построение продольного и поперечного профилей линейного сооружения.

По первому и третьему заданию необходимо обработать результаты съемок и построить контурный и топографический планы местности.

По второму заданию необходимо обработать журнал технического нивелирования поверхности по квадратам и построить топографический план участка местности, а также провести его планировку под горизонтальную площадку с построением картограммы и вычислением объемов земляных работ.

По четвертому заданию необходимо обработать журнал технического нивелирования трассы, построить продольный и поперечный профили местности по оси трассы и спроектировать на нем ось линейного сооружения.

I.Задание 1. «Обработка материалов теодолитной съемки и построение контурного плана местности».

Цель задания: приобрести знания и навыки в обработке материалов теодолитной съемки и построение контурного плана местности.

Содержание задания:

1. Обработать журнал теодолитной съемки;
2. Заполнить ведомость вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода;
3. Построить контурный план по результатам съемки и ведомости вычисления координат.

Исходные данные:

1. Исходный дирекционный угол стороны 1- 2, $\alpha_{1-2} = 30^0$;
2. Координаты первой точки $X_1=500$; $Y_1= 700$;
3. Журнал теодолитной съемки (Вариант №).
4. Абрис теодолитной съемки.

1.1. Сущность теодолитной съемки.

Теодолитной съемкой называется один из видов наземной съемки, целью которого является построение контурного плана местности без изображения на нем рельефа. Чаще всего теодолитная съемка выполняется на участках с ровным рельефом и сложной ситуацией.

Полевые работы при теодолитной съемке включают в себя следующие этапы :

1. Рекогносцировка на местности и закрепление пунктов ;
2. Создание съемного обоснования и привязка к пунктам опорной геодезической сети ;
3. Съемка ситуации местности.

Съемочным обоснованием теодолитной съемки служат разомкнутые или замкнутые теодолитные ходы (полигоны). Опорные точки, с которых производятся измерения, называются станциями. Они закрепляются на местности деревянными колышками или металлическими штырями. Горизонтальные углы между направлениями на смежные станции измеряются теодолитом способом приемов. Стороны измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях стальными мерными лентами или рулетками. Результаты измерений заносятся в журнал теодолитной съемки. Обязательным условием при проложении теодолитных ходов является их привязка к пунктам плановой опорной сети. По мере создания съемочного обоснования производится съемка ситуации местности. При этом применяются следующие способы: перпендикуляров, полярных координат, углов засечки, линейной засечки, створов. В процессе съемки ситуации составляется абрис – схематический чертеж участка местности. На абрисе показываются станции теодолитного хода, контуры местности со всеми числовыми результатами, измерений и пояснительными записями. Журнал теодолитной съемки и абрис являются исходными документами для построения контурного плана местности.

1.2. Обработка журнала теодолитной съемки.

Проложение теодолитного хода заключается в измерении горизонтальных углов и длин линий этого хода. Измерения углов при вершинах хода выполняется способом приемов при двух положениях вертикального круга - “Круг лево” (КЛ) и “Круг право” (КП). Разность двух значений угла полученных в полуприемах, не должна превышать $\pm 1,0$. Измерения длин производятся стальной двадцатиметровой лентой дважды : в прямом и обратном направлениях. Разность значений длин в двух измерениях не должна превышать $1/2000$. Результаты угловых и линейных измерений приведены в журнале теодолитной съемки (таблица 1.1).

№ станции	№ точки наблюдения	Круг	Отсчет по	Значение угла	Среднее значение	Изм. длина	Угол наклона
-----------	--------------------	------	-----------	---------------	------------------	------------	--------------

			ГК	из полупр.	угла	Стороны (м)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Сомкнутый ход							
1	5	л	156° 48'			(1-2)	
	2	л	43° 18'			206,17	
	5	п	246° 19'			206,14	
	2	п	132° 49'				
2	1	л	220° 16'			(2-3)	- 3° 20'
	3	л	121° 07'			380,69	
	1	п	310° 54'			380,73	
	3	п	211° 45'				
3	2	л	96° 34'			(3-4)	
	4	л	48° 12'			158,06	
	2	п	189° 55'			158,09	
	4	п	141° 32'				
4	3	л	32° 18'			(4-5)	
	5	л	182° 34'			254,88	
	3	п	212° 30'			254,92	
	5	п	2° 45'				
5	4	л	76° 50'			(5-1)	- 3° 30'
	1	л	7° 37'			304,05	
	4	п	256° 41'			304,09	
	1	п	187° 29'				

Таблица 1.1

Журнал теодолитных ходов

Для измерения угла с вершиной в точке 1, теодолит центрируют и горизонтируют над этой точкой. При “КЛ” снимают отсчеты последовательно на точки 5 и 2 (которые равны 156° 48' и 43° 18' соответственно). Затем переводят трубу через зенит и измеряют угол 1 при “КП” в той же последовательности; предварительно повернув лимб на 2 – 3°.

Значения горизонтальных углов вычисляются по формуле:

$$\beta = a - b ,$$

где: а – отсчет на правую точку;

b – отсчет на левую точку.

Если отсчет на точку (a) меньше чем отсчет на точку (b), то к нему предварительно прибавляют 360° .

По приведенным в журнале теодолитной съемки результатам измерений длин сторон в прямом и обратном направлениях, вычисляем среднее значение длин сторон по формуле :

$$l_{1-2} = (L_1 + L_2) / 2 ;$$

Учитывая, что некоторые стороны могут быть расположены к горизонту под различными углами то вычисляем их горизонтальные проекции по формуле :

$$d = l * \cos \alpha;$$

1.3. Уравнивание угловых измерений.

Измеренные значения углов и длин сторон необходимо переписать в ведомость вычисления координат в графы 2 и 6 соответственно. Конечной целью обработки результатов измерений является получение координат точек теодолитного хода X_i и Y_i .

Вычисляем сумму измеренных углов полигона.

$$\sum \beta_{изм} = \sum \beta_{ср} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$$

Вычисляем угловую невязку в полигоне по формуле :

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор};$$

$\sum \beta_{изм}$ – сумма измеренных углов полигона;

$\sum \beta_{теор}$ – теоретическая сумма углов полигона.

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2) = 540 ;$$

n – число углов полигона (n – 5).

Величина полученной угловой невязки характеризует качество угловых измерений : чем меньше невязка, тем лучше они выполнены и наоборот. Поэтому f_{β} не может быть больше допустимой угловой невязки, которая для теодолитного хода с числом углов (n) вычисляется по формуле :

$$f_{\beta(\text{доп})} = \pm 1,5 t \sqrt{n};$$

t – точность отсчетного устройства теодолита; $t = 1'$;

В общем случае полученная невязка f_{β} должна распределяться между всеми углами поровну с обратным знаком. Каждый угол должен получить поправку $\Delta\beta$, равную $\Delta\beta = - (f_{\beta} / n)$. Горизонтальные углы получившие поправку называются исправленными и вычисляются по формуле:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{изм.}} + \beta$$

Исправленные углы записываем в графу 3 ведомости вычисления координат.

Сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме, т.е.

$$\Sigma\beta_{\text{испр}} = \Sigma\beta_{\text{теор}}$$

1.4. Вычисление дирекционных углов и румбов

Исходный дирекционный угол стороны 1-2, α_{1-2} задается по заданию.

По исходному дирекционному углу вычисляют дирекционные углы остальных сторон теодолитного хода по формуле:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}}$$

Если вычисленный дирекционный угол окажется больше 360° , то из него вычитают 360° . Для проверки правильности вычисления дирекционных углов вычисляем дирекционный угол исходной стороны, который должен быть равен заданному:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}(1)}$$

Румбы сторон теодолитного хода вычисляют используя формулы взаимосвязи дирекционных углов и румбов приведенные в табл.1. 2 и рис. 1.1.

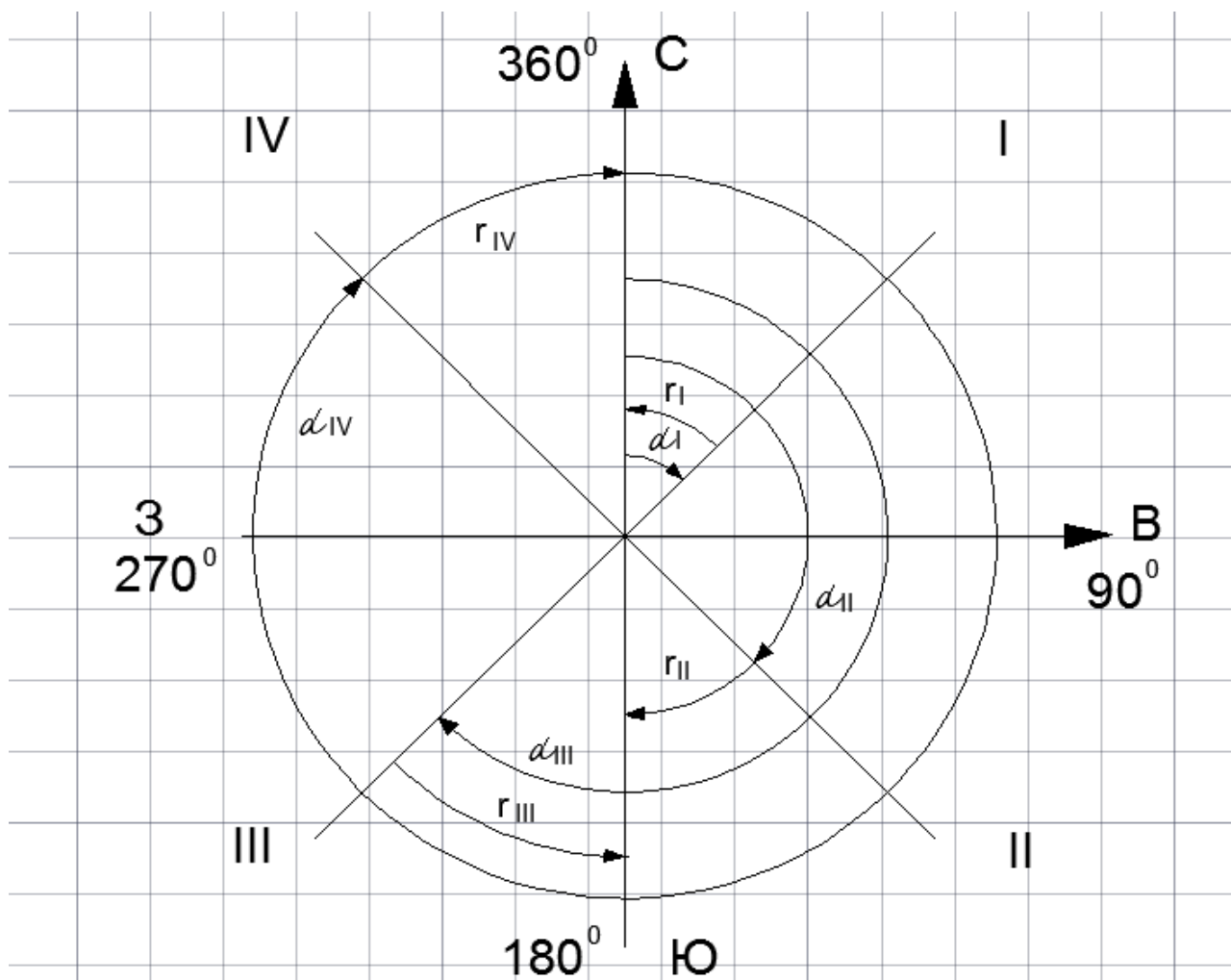


Рис. 1.1.Определение румбов.

Таблица 1.2.

Связь между румбами и дирекционными углами

Направление линии	Дирекционный Угол (α)	Румб (r)
I СВ (0 - 90°)	$\alpha = r$	$r = \alpha$
II ЮВ (90° - 180°)	$\alpha = 180 - r$	$r = 180 - \alpha$
III ЮЗ (180° - 270°)	$\alpha = r + 180$	$r = \alpha - 180$
IV СЗ (270° - 360°)	$\alpha = 360 - r$	$r = 360 - \alpha$

При заполнении ведомости вычисления координат углы и координаты точек записываем в строку, в которой записан номер вершины угла, а остальные

величины относящиеся к сторонам записываем в строках между вершинами углов (Приложение 1).

1.5. Вычисление приращений координат и уравнивание линейных измерений.

Приращения координат вычисляют по формулам :

$$\Delta x = \pm d \cdot \cos r ;$$

$$\Delta y = \pm d \cdot \sin r ;$$

d – горизонтальное проложение ; r – величина румба.

Знаки приращений координат зависят от названий румба и определяются по таблице 1. 3.

Таблица 1.3.

Знаки приращений координат

Приращение	I	II	III	IV
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Полученные значения приращений Δx и Δy записываем в графы 7 и 9 ведомости вычисления координат. Вычисляем алгебраические суммы Δx и Δy , которые характеризуют удаление конечного пункта теодолитного хода по соответствующим осям относительно начального пункта.

Для замкнутого теодолитного хода теоретические значения этих величин должны быть равны нулю :

$$\sum \Delta x = 0 ;$$

$$\sum \Delta y = 0.$$

Но из – за погрешностей в измерениях длин линий значения сумм получаются отличными от нуля. Величины Δx и Δy называются невязками приращений координат по сям X и Y и обозначаются :

$$\sum \Delta x = f_{\Delta x};$$

$$\sum \Delta y = f_{\Delta y};$$

Прежде чем распределять эти невязки, надо убедиться в их допустимости, для чего вычисляем абсолютную невязку периметра теодолитного хода по формуле :

$$f_p = \pm \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)};$$

Точность теодолитного хода оценивается по величине относительной невязки которая не должна превышать 1/2000 доли периметра т. е

$$f_p / p \leq 1/2000 ;$$

P – периметр полигона ;

Учитывая что относительная невязка в периметре полигона допустима, то невязки f_x и f_y распределяем с обратным знаком на все приращения Δx_i и Δy_i прямо пропорционально длинам сторон теодолитного хода. Соответствующие поправки вычисляют по формулам :

$$t_{\Delta x_i} = (-f_x / p) * d_i ;$$

$$t_{\Delta y_i} = (-f_y / p) * d_i ;$$

d_i – длина соответствующей стороны полигона (графа 6).

Прибавляя полученные поправки к вычисленным приращениям координат, получаем исправленные приращения :

$$\Delta x_{\text{испр } i} = \Delta x_i + t_{\Delta x_i} ;$$

$$\Delta y_{\text{испр } i} = \Delta y_i + t_{\Delta y_i}.$$

Полученные исправленные приращения координат записываем в графы 11 и 12 ведомости вычисления координат.

Суммы исправленных приращений Δx и Δy должны быть равны нулю.

$$\sum \Delta x_{\text{испр}} = 0 ;$$

$$\sum \Delta y_{\text{испр}} = 0.$$

1.6. Вычисление координат пунктов теодолитного хода.

Координаты начальной точки X_1 и Y_1 теодолитного хода задаются в задании:

По координатам начальной точки и исправленным приращениям вычисляем координаты всех остальных точек полигона по формулам :

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{испр}} ;$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{испр}} ;$$

Правильность вычисления координат точек полигона, проверяют вычисляя координаты начальной исходной точки¹. Если вычисленные координаты исходной точки 1 совпали с заданными координатами этой точки, значит координаты остальных точек полигона вычислены верно.

1.7. Построение плана теодолитной съемки.

Построение плана выполняем на листе чертежной бумаги формата А3 в масштабе М 1:2000. Предварительно строим координатную сетку (сеть квадратов со стороной 5 см). Для построения координатной сетки, вычерчиваем тонкими линиями диагонали (ab) и (cd), которые пересекутся в точке (К). От точки (К) на диагоналях откладываем одинаковые отрезки. Соединяя контуры этих отрезков получаем прямоугольник на сторонах которого откладывают отрезки по 5 см. Стороне квадратов в масштабе М 1 : 2000 соответствует 100 м. Для построения плана вертикальную линию принимают за ось Х, а горизонтальную за ось У. Координатную сетку следует подписать в соответствии со значениями координат пунктов теодолитного хода при этом значения Х возрастают снизу вверх, а Н слева направо. Правильность нанесения на план пунктов теодолитного хода проверяют путем сравнения длин сторон хода, измеренных на плане, с их размерами (горизонтальными проложениями) записанными в ведомости вычисления координат. После нанесения на планы вершин теодолитного хода и контроля, их последовательно соединяют тонкими линиями. Построение таким

образом плановое обоснование служит основой для нанесения контуров местности. Нанесение ситуации и подробностей, их привязка к съемочному обоснованию осуществляется по заданному варианту абриса (рис.) используя способы их нанесения, соответствующие способам съемки ситуации на абрисе (Приложение2).

II.Задание 2. «Обработка материалов нивелирования поверхности и вертикальная планировка участка местности»

Цель задания : освоить сущность нивелирования поверхности по квадратам, научиться обрабатывать журнал технического нивелирования, приобрести навыки построения плана участка в горизонталях.

Содержание задания :

- 1) Составить схему нивелирования поверхности по квадратам;
- 2) Обработать журнал технического нивелирования;
- 3) Построить план участка в горизонталях в масштабе 1: 500 (сечение рельефа 0,25 м).

Исходные данные :

- 1) Схема нивелирования участка размером 100×75 м. с длиной стороны квадратов $d = 25$ м;
- 2) Отметка репера $H_{\text{реп}} = 95,568$;
- 3) Отсчет по рейке на точках В1 – 0685; В4 – 0768.

2.1.Сущность нивелирования поверхности

Нивелирование поверхности как вид топографической съемки производится на открытой местности со слабо выраженным рельефом для составления крупномасштабных планов. Полевые работы при нивелировании поверхности состоят в построении на местности сети точек и производстве угловых, линейных и высотных измерений для определения их координат. Вместе с построением сети точек производится съемка контуров местности. В зависимости от метода построения сети точек различают нивелирование по параллельным линиям (по магистралям), способом полигонов и по квадратам. Нивелирование поверхности по параллельным линиям выполняется как на открытой, так и на закрытой местности со слабовыраженным рельефом. Опорой для съемки является магистраль, прокладываемая по середине участка. Перпендикулярно к магистрали разбивают поперечники. Расстояния между поперечниками зависят от характера рельефа местности и масштаба плана. По магистрали к поперечникам через

равные промежутки закрепляют точки – разбивают пикетаж. Одновременно ведут съемку ситуаций. По магистрали прокладывают теодолитный ход, а по пикетажу производят геометрическое нивелирование. Результаты съемки ситуации заносят в абрис, а результаты нивелирования в нивелирный журнал. Способ полигонов применяют на местности с хорошо выраженным рельефом. Опорой съемки являются сомкнутые между собой ходы прокладываемые по водоразделам. Перпендикулярно к ходам разбивают поперечники. По теодолитным ходам и поперечникам разбивают пикетаж и одновременно ведут съемку ситуаций. Нивелирование поверхности по квадратам применяется при вертикальной планировке участков под горизонтальную площадку. Опорой для производства нивелирования является сеть квадратов, разбиваемая на местности. Построение сети квадратов выполняют при помощи теодолита и ленты. Порядок работы в заполняющих квадратах предусматривает нивелирование с одной станции вершин нескольких квадратов. При этом каждые две смежные станции должны иметь общие связующие точки. Высоты вершин заполняющих квадратов вычисляют через горизонт инструмента. Для построения топографического плана по результатам нивелирования поверхности по квадратам наносят на бумагу в заданном масштабе сеть квадратов против вершин, которых выписывают высоты округленные до сотых долей метра. Метод интерполирования проводят горизонтали.

2.2. Составление схемы нивелирования.

Нивелируемая поверхность разбита на квадраты со стороной $d = 25$ м. Для установки нивелира определено три станции, для чего нивелируемая поверхность разбита на три участка, границы участков для каждой станции показаны на схеме штриховыми линиями, а сами станции кружочками с точкой. Вершины квадратов нивелировались с трех станций нивелиром Н – 3 и односторонними рейками. Для образования замкнутого хода были взяты связующие точки А 1, репер 1 и Б 5. На

схеме они показаны двойными кружочками. Отсчеты на связующие точки, произведенные при двух горизонтах инструмента записаны на соответствующих лучах основного хода, причем отсчеты взятые при первом горизонте, заключены в скобки, а отсчеты на остальные точки, взятые при втором горизонте, записаны у соответствующих точек.(Приложение 3).

2.3.Обработка журнала технического нивелирования.

Обработку журнала технического нивелирования проводим в следующем порядке:

1. *Записываем в журнал технического нивелирования данные из схемы нивелирования поверхности (графы 1,2,3,4,5);*

2. *Определяем превышения на каждой станции.*

Превышения вычисляются при двух горизонтах инструмента по формуле:

$$H_{\text{вычис.}} = a - b ;$$

затем принимается среднее арифметическое из полученных значений.

На I- ой станции для точек Репер1 и Б 5 имеем:

$$h_1 = a_1 - b_1 \text{ (мм) ;}$$

$$h_2 = a_2 - b_2 \text{ (мм) ;}$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2} \text{ (мм) ;}$$

3. *Вычисляем невязку в превышениях по формуле:*

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} \text{ (мм)}$$

4. *Определяем допустимую невязку по формуле:*

$$f_{h,\text{доп.}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n};$$

где n—число станций ;

$$f_h \leq f_{h,\text{доп.}}$$

5. Полученную невязку распределяем с обратным знаком на все средние превышения. Поправка на каждое превышение определяется по формуле:

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

где n – число превышений.

6. Вычисляем исправленные превышение по формуле:

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср}} + U ;$$

Для замкнутого хода $\sum h_{\text{испр}} = 0$.

7. Определяем отметки связующих точек по формуле:

$$H_n = H_{n-1} + h ;$$

Для точки Б5, $H_{Б5} = H_{\text{реп1}} + h_{\text{испр}}$;

Для точки А1, $H_{А1} = H_{Б5} + h_{\text{испр}}$;

Для реп ера Р1, $H_{\text{реп1}} = H_{А1} + h_{\text{испр}}$.

Вычисленные отметки связующих точек записываем в графу 10 журнала технического нивелирования напротив соответствующих точек.

8. Вычисляем второй горизонт инструмента на каждой станции, при котором нивелировались промежуточные точки (вершины квадратов).

$ГИ = H_A + a$, где H_A – отметки точки ;

a – отсчет по рейке на этой точке .

На I – ой станции: $ГИ = H_{\text{реп}} + a$;

На II- ой станции : $ГИ = H_{Б5} + a$;

На III – ей станции: $ГИ = H_{А1} + a$;

Таблица 2.1

Журнал технического нивелирования

№ Ст.	№ Нив точек	Отсчеты			Превышения			Горизонт инструм. h	От.точ. Н(м)
		Задни й а	Перед. b	Промеж .с	Вычис. h	Средн. h	Исправ. h		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ст.1	Р 1	(1276) 1178							
	Б 5		(1648) 1552						
	Г 3			2422					
	Г 4			1602					
	Г 5			1052					
	В 5			0997					
	В 4			0583					
	В 3			1906					
Ст.2	Б 5	(2417) 2335							
	А 1		(2569) 2487						
	Б 3			1323					
	Б 4			0370					
	А 5			2002					
	А 4			1563					
	А 3			2040					
Ст.3	А 1	(1816) 1706							
	Р 1		(1285) 1179						
	Г 1			0901					
	Г 2			1212					
	В 2			0891					
	В 1			0300					
	Б 1			0780					
	Б 2			1682					
	А 2			1350					

Вычисленные горизонты инструментов на каждой станции записываем в графу 9 журнала технического нивелирования.

9. *Вычисляем отметки вершин квадратов по второму горизонту инструмента на каждой станции по формуле:*

$$H_{\text{пром}} = \text{ГИ} - c;$$

где c – отсчет по рейке на промежуточной точке ;

Полученные отметки записываем в графу 10 журнала технического нивелирования напротив соответствующих точек.

2.4. Построение плана участка местности в горизонталях

План – это изображение в уменьшенном и подобном виде горизонтальных проекций контуров местности.

Горизонталь – линия равных высот на плане или карте.

Для построения плана вычерчиваем сетку квадратов на формате А3. План строим в масштабе $M 1:500$, высоту сечения рельефа принимаем 0,25 м. У каждой из вершин квадратов справа внизу подписываем соответствующие отметки из журнала технического нивелирования. Для нахождения на сторонах квадратов точек кратных 0,25 м применяем способ графического интерполирования с помощью палетки. Точки с одинаковыми отметками полученные на сторонах квадратов, последовательно соединяем плавной кривой линией – горизонталью. Отметки горизонталей записывают в листах разрыва горизонталей, основание цифр располагают к подошве ската.

2.5. Вертикальная планировка участка под горизонтальную площадку.

Задачей вертикальной планировки является преобразование топографической поверхности для нужд строительства и благоустройства гражданских и промышленных сооружений. Основой для проектирования

вертикальной планировки служат крупномасштабные топографические планы, составленные по результатам нивелирования поверхности по квадратам. Для планировки участка по горизонтальную площадку будем использовать фактические отметки вершин квадратов полученные в результате нивелирования поверхности участка по квадратам. Сторона квадрата равна 25м.

2.5.1. Определение проектной отметки площадки.

Если рельеф участка должен быть спланирован под горизонтальную площадку с условием нулевого баланса земляных работ, то проектная отметка такой площадки вычисляется по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4_n},$$

Где n – число квадратов;

$\sum H_1$ – сумма отметок вершин, общих для 1 – го квадрата;

$\sum H_2$ – сумма отметок вершин, общих для 2 – х квадратов;

$\sum H_3$ – сумма отметок вершин, общих для 3 – х квадратов;

$\sum H_4$ – сумма отметок вершин, общих для 4 – х квадратов.

$$\sum H_1 = H_{Г1} + H_{Г5} + H_{А5} + H_{А1};$$

$$\sum H_2 = H_{Г2} + H_{Г3} + H_{Г4} + H_{В5} + H_{В5} + H_{А4} + H_{А3} + H_{А2} + H_{В1} + H_{В1} ;$$

$$\sum H_4 = H_{В2} + H_{В3} + H_{В4} + H_{В2} + H_{В3} + H_{В4} ;$$

2.5.2. Вычисление рабочих отметок.

Рабочие отметки определяем по формуле:

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

Вычисленные рабочие отметки подписываем с соответствующими знаками красным цветом у каждой из вершин квадратов справа наверху. Квадраты

рабочие отметки которых имеют одинаковые знаки, называют полными, а имеющие разные знаки неполными.

2.5.3.Нахождение точек нулевых работ

На тех сторонах квадратов рабочие отметки которых имеют противоположные знаки находим точки нулевых работ. Расстояние от вершин квадратов до точек нулевых работ определяем по формуле:

$$X_1 = d * \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|}, \text{ где}$$

h_1 и h_2 – рабочие отметки вершины квадратов;

d – длина стороны квадрата;

$d = 25$ м.

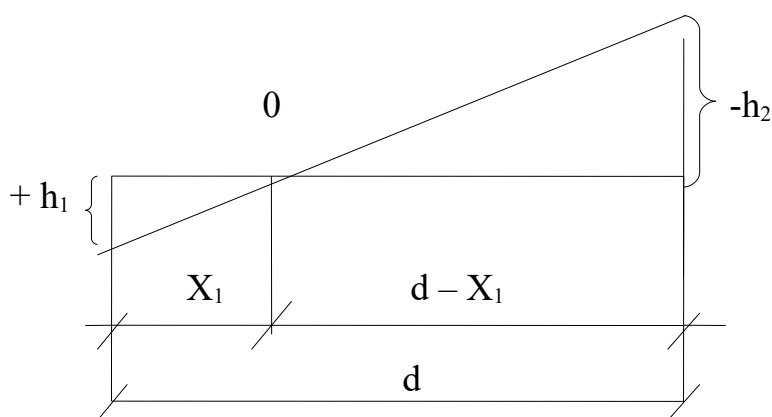
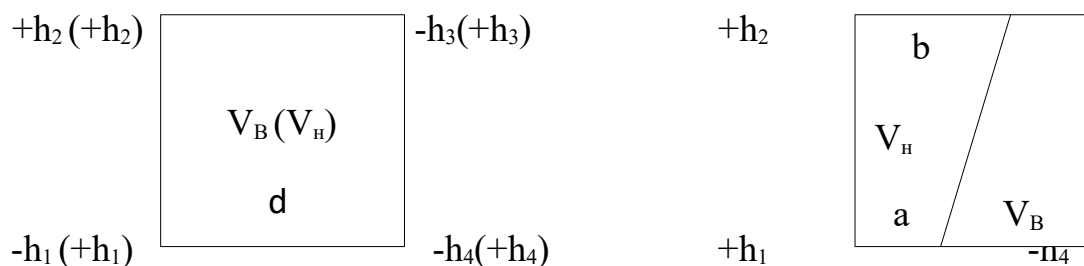


Рис.2.1. К определению точек нулевых работ.

Полученные значения до точек нулевых работ в масштабе плана (М 1:500) откладываем на сторонах квадратов и фиксируем в виде точки. Соединив все смежные точки нулевых работ получают линию нулевых работ, которая отделяет насыпь то выемки. Выемку закрашиваем желтым цветом, а насыпь – красным. При пересечении квадратов линией нулевых работ образуются различные фигуры (треугольники, четырехугольники, пятиугольники, шестиугольники).

2.5.4. Определение объемов земляных работ

Объем земляных работ определяют умножая площадь каждой получившейся фигуры на среднее арифметическое из рабочих отметок ее вершин. Объемы вычисляем по следующим формулам:



$$\left\{ \begin{array}{l} V_B = d^2 * \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}; \\ V_H = d^2 * \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}; \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} V_n = \frac{a+b}{2} * d * \frac{h_1 + h_2}{4}; \\ V_B = \left(d^2 - \frac{a+b}{2} * d \right) * \frac{h_3 + h_4}{4}; \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} V_B = S_{\Delta} * \frac{h_4}{3} = \frac{a * b}{2} * \frac{h_4}{3}; \\ V_H = (d^2 - S_{\Delta}) * \frac{h_1 + h_2 + h_3}{5}; \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} V_B^I = S_{\Delta}^I * \frac{h_2}{3}; \quad V_B^{II} = S_{\Delta}^{II} * \frac{h_4}{3}; \\ V_H = \left[d^2 - (S_{\Delta}^I + S_{\Delta}^{II}) \right] * \frac{h_1 + h_3}{6}. \end{array} \right.$$

Вычисленные объемы земляных работ записываем в ведомость подсчета объемов земляных работ (табл. 2.2). Полученные объемы выписываем также на картограмме в каждом квадрате сетки в виде дроби : в числителе – насыпь, в знаменателе – выемку.

Таблица 2.2.

Ведомость подсчета объемов земляных работ

№ фигур	Средняя раб. отметка (м)	Площадь фигуры (м ²)	Объемы земляных работ(м ³)	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	2	3	4	5
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
и.т.д.	Итого:	7500		

2.5.5. Определение невязки в суммарных объемах.

Невязку в суммарных объемах определяют по формуле:

$$f = \frac{\sum V_H - \sum V_B}{0,5(\sum V_H + \sum V_B)} * 100 \% \leq \pm 5 \%$$

III. Задание 3. «Обработка материалов нивелирования трассы и построение продольного и поперечного профилей линейного сооружения»

Цель задания: приобретение знаний и навыков в обработке журнала технического нивелирования трассы, построении профиля и нанесении на профиль трассы проектной линии.

Содержание задания:

1. Обработать журнал технического нивелирования;
2. Построить продольный и поперечный профиль трассы;
3. Построить проектную линию трассы и произвести связанные с ней расчёты;
4. Построить план прямых и кривых и произвести связанные с ними расчёты;
5. Составить ведомость углов поворота, прямых и кривых;

Исходные данные:

1. Полевой журнал технического нивелирования трассы;
2. Пикетажный журнал;
3. Отметки реперов: $H_{\text{реп.1}} = 68,564$; $H_{\text{реп.2}} = 72,346$;
4. Радиус круговых кривых: $R_1 = R_2 = 100\text{м}$;
5. Углы поворота трассы : $\varphi_{\text{прав}} =$; $\varphi_{\text{лев}} =$;
6. Дирекционный угол исходного направления $\alpha_{0-1} =$.

3.1. Общие сведения о геодезических изысканиях трасс линейных сооружений.

Трассой называется ось проектируемого сооружения линейного вида, обозначенная и закреплённая на местности. Основными элементами трассы являются план — её проекция на горизонтальную плоскость и продольный профиль — вертикальный разрез вдоль проектируемой линии сооружения.



Рис.3.1. Пикетажный журнал

Основная задача инженерно – геодезических изысканий для проектирование сооружений линейного типа, независимо от их назначения сводится к определению на местности оси сооружения (трассы) в плане и по высоте. Такие работы называются полевым трассированием.

Полевое трассирование начинается с определения и закрепления на местности планового положения оси сооружения. Главные её точки, к которым относятся начало и конец трассы, вершины углов поворота, точки пересечения с осями различных сооружений, закрепляются специальными геодезическими знаками.

После перенесения на местность главных точек, по трассе прокладывают теодолитный ход, который разбивается с помощью пикетов на стометровые отрезки. Пикеты закрепляются деревянными кольями забиваемыми вровень с землёй. Начало трассы обозначается пикетом с номером 0, в результате чего номер каждого пикета обозначает число сотен метров трассы от её начала. Характерные части рельефа встречающиеся между пикетами, отмечаются плюсовыми точками, на которых указываются расстояния до ближайшего заднего пикета, например ПК1 +30,65.

Плюсовые точки предназначены для уточнения рельефа между пикетами. При разбивке пикетажа ведётся полевой пикетажный журнал (рис.3.1) в котором помимо пикетов, плюсовых и иксовых точек, наносится ситуация при трассовой полосы. Для съёмки рельефа в при трассовой полосе производится разбивка поперечников перпендикулярно трассе. Геодезический ход пролагается от репера №1 до репера №2, которые находятся за пределами трассы, с целью получения исходной отметки и контроля нивелирования.

Нивелирование производится геометрическим методом “из середины” по чёрной и красной стороне реек. Все отсчёты записываются в соответствующие графы журнала технического нивелирования (табл. 1).

Таблица 3.1

Журнал технического нивелирования трассы

№ станции	№ точка наблюдения	Отсчеты (мм)			Превышение (мм)						Горизонт инстр	Отметки
		задний	передний	промежуточный	вычисленные		средние		исправленные		ГИ(м)	Н(м)
		(а)	(в)	(с)	+	-	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Р1 ПК0	0934 5620	2135 6823									
2	ПК0 +60 ПК1	2539 7226	1353 6042	0326								
3	ПК1 Пр11 Пр20 Лев5 Лев20 ПК2	0226 4911	1036 5723	2167 0403 1067 1221								
4	ПК2 Х	0256 4943	2414 7102									
5	Х ПК3	0378 5064	1951 6637									
6	ПК3 +10 +25 +50 +60 ПК4	1182 5867	0256 4943	1425 2935 2936 0683								
7	ПК4	2987 7676										

	+60		0256 4945									
8	+60	2375 7061										
	ПК5		2795 7483									
9	ПК5	2848 7534										
	X		0312 5000									
10	X	2916 7603										
	ПК6			0336								
	P2		0250 4936									
		80146	72392		20085	12331	10042	6165				

3.2. Обработка журнала технического нивелирования.

3.2.1. Вычисление превышений

Для вычисления превышений h между связующими точками на каждой станции необходимо из отсчётов по рейке на заднюю точку вычесть отсчёты по рейке на переднюю точку, т.е.

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2, \text{ где}$$

a_1 и a_2 - отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки на заднюю точку;

b_1 и b_2 - отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки на переднюю точку.

Полученные превышения записываем в графы 6 или 7 журнала технического нивелирования с учётом знака (табл. 3.1.)

Средние превышения на каждой станции вычисляем по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Эти превышения также записываем в графы 8 или 9 журнала технического нивелирования.

После обработки связующих точек производим контроль по формуле:

$$\sum a - \sum b = \sum h(+) + \sum h(-)$$

$\sum a$ - сумма всех задних отсчётов (графа 3)

$\sum b$ - сумма всех передних отсчётов (графа 4)

$\sum h(+)$ - сумма всех вычисленных превышений со знаком “(+)” (графа 6)

$\sum h(-)$ - сумма всех вычисленных превышений со знаком “(-)” (графа 7)

Вычисляем сумму всех средних превышений:

$$(1) \sum h_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (\sum h(+) + \sum h(-)) \text{ (мм)}.$$

$$(2) \sum h_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (\sum h_{\text{ср}}(+) + \sum h_{\text{ср}}(-)) \text{ (мм)}.$$

Вычисленные $\sum h_{\text{ср}}$ по формуле (1) равно $\sum h_{\text{ср}}$ вычисленному по формуле (2), значит превышения определены верно.

Вычисленная сумма средних превышений является суммой практической.

$$h_{\text{ср}} = h_{\text{практ.}} \text{ (м)}.$$

3.2.2. Вычисление теоретической суммы превышений

Теоретическая сумма превышений вычисляется по формуле:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{реп.2}} - H_{\text{реп.1}} \text{ (м)}.$$

3.2.3. Вычисление невязки нивелирного хода

Невязку нивелирного хода определяем по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{пр}} - \sum h_{\text{теор}}$$

3.2.4. Определение допустимой невязки

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

L – длина хода выраженная в километрах

$$f_{h, \text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,6} = \pm 50 * 0,77 = \pm 38,5 \text{ мм}$$

$$38,5 = f_{h, \text{доп}} > f_h = 15,0$$

Допустимая невязка больше чем вычисленная, поэтому производим увязку нивелирного хода.

3.2.5. Увязка нивелирного хода

Распределяем вычисленную невязку f_h (мм.), с обратным знаком по средним превышениям в графах 8 и 9 журнала технического нивелирования. Распределения производим по формуле

$$V_h = -\frac{f_n}{N}$$

V_h - вносимая поправка

N - количество станций

Исправленные значения превышений вычисляем по формуле:

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср}} + V_h$$

Значения исправленных превышений записываем в графы 10 или 11 журнала технического нивелирования в зависимости от знака.

3.2.6. Вычисление абсолютных отметок связующих точек

По отметке репера Р1 и исправленным превышениям последовательно вычисляем отметки всех связующих точек нивелирного хода.

Например: на 1-ой станции вычисляем отметку ПК0

$$H_{пк0} = H_{реп1} + H_{испр(1)} \text{ (м)}.$$

на 2-ой станции вычисляем отметку ПК 1

$$H_{пк1} = H_{пк0} + H_{испр(2)} \text{ (м)} ; \text{ и т.д.}$$

Контролем вычисления по определению отметок связующих точек будет получение отметки репера 2.

3.2.7. Вычисление отметок промежуточных точек

Для вычисления отметок промежуточных точек определяем значения горизонта инструмента на тех станциях, где есть промежуточные точки по формуле:

$$ГИ = H_a + a, \text{ где}$$

H_a - отметки точки;

a - отсчёт на этой точке по рейке

Определяем отметки промежуточных точек на этих станциях: по формуле

$$H_{\text{промежут.}} = ГИ - c$$

3.3. Построение продольного профиля трассы

Графическая обработка результатов нивелирования трассы заключается в построении продольного профиля трассы на листе миллиметровой бумаги формата А3.

Для построения продольного профиля строим сетку продольного профиля. Вначале проводим линию условного горизонта на расстоянии 12 – 15 см. от нижнего края листа. Ниже линии условного горизонта строим графы сетки профиля (Приложение 6).

Графы сетки заполняются в следующем порядке. Вначале заполняется графа “Расстояния”. Она разбивается на интервалы при помощи вертикальных чёрточек,

согласно расстояниям между пикетами и плюсовыми точками в соответствующем масштабе .

Для построения профиля применяют масштаб M_r 1:2000 для горизонтальных расстояний и масштаб M_v 1:200 для вертикальных расстояний.

Расстояния в графу выписываем только тогда, когда между пикетами есть плюсовые точки, причём сумма длин отрезков, на которые разбито пикетное расстояние, должна быть равна ста метрам. Затем в графе “Пикеты” подписываем номера пикетов, а в графу “Фактические отметки” выписываем отметки пикетов и плюсовых точек из графы 13 журнала технического нивелирования. В графу “План трассы” наносим в масштабе ситуацию, снятую вдоль трассы и взятую из пикетажного журнала (рис.1). Ось трассы изображается прямой линией, а повороты показываются стрелками с обозначением величины угла поворота.

Остальные графы сетки заполняем в процессе проведения проектной линии сооружения.

Для построения продольного профиля задаём отметку линии условного горизонта. Она выбирается таким образом, чтобы низшая точка профиля была выше линии условного горизонта на 4-5 см. Далее на линии условного горизонта отмечаем: положения пикетов и плюсовых точек, восстанавливаем перпендикуляры к ней из этих точек и откладываем на них в соответствующем масштабе разности между фактическими отметками земли и отметкой линии условного горизонта. Соединяя полученные точки, получаем профиль земной поверхности вдоль трассы.

3.4. Построение проектного профиля линейного сооружения

Выбор положения трассы проектируемого сооружения на продольном профиля обусловлен выполнением ряда требований технического и экономического характера. К ним в частности относятся:

1. Соблюдение продольных уклонов в зависимости от категории дороги

($i = 0,25 - 0,030$);

2. Обеспечение минимального объёма земляных работ, сохранения их примерного баланса, т.е. равенство объёмов насыпей и выемок;

3. Обязательное прохождение проектной линии через зафиксированные на высоте контрольные точки;

4. Условие перехода проектной линии через реку.

Перед нанесением проектной линии на продольный профиль, вычисляем начальную проектную отметку – отметку проектируемого мостового перехода, которая равна отметке уровня высоких вод плюс высота моста (4 – 5 м).

$$H_{\text{мост.пр.}} = H_{\text{ГВВ}} + h_{\text{мост.}}$$

$H_{\text{ГВВ}}$ – отметка горизонта высоких вод;

$h_{\text{мост.}}$ – высота моста над горизонтом высоких вод;

Наносим на продольный профиль проектную горизонтальную линию мостового перехода по её вычисленной проектной отметке. Из точек примыкания этой линии с профилем местности проводим последующие проектные линии в соответствии с перечисленными выше требованиями. (Приложение 6).

3.4.1 Определение проектных отметок

Для определения проектных отметок концов линий необходимо сначала определить их графически по профилю, а затем вычислить уклон линий.

Определяем уклон линии от точки примыкания мостового перехода до ПК0 по формуле:

$$i = \frac{h}{d_1} = \frac{H_{\text{мост.пр.}} - H_{\text{ПК0}}}{d_1} ;$$

где d_1 – горизонтальное расстояние от ПК0 до точки примыкания мостового перехода с профилем.

Определяем уклон линии от ПК6 до точки примыкания мостового перехода с профилем.

$$i = \frac{h}{d_2} = \frac{H_{\text{ПК6}} - H_{\text{мост. пр.}}}{d_2}$$

d_2 - горизонтальное расстояние от ПК6 до точки примыкания мостового перехода с профилем.

По проектной отметке мостового перехода и вычисленному уклону определяем точные проектные отметки на всех пикетах и плюсовых точках по формуле :

$$H_{\Pi} = H_{\text{мост.п.}} + i * d$$

H_{Π} – определяемая проектная отметка

$H_{\text{мост.п.}}$ – отметка мостового перехода

i – проектный уклон

d – горизонтальное расстояние между точками

3.4.2. Определение рабочих отметок

Рабочие отметки вычисляем на каждом пикете и плюсовой точке по формуле:

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

Полученные рабочие отметки записываем на выемках под проектной линией, а на насыпях над нею. Над точками “нулевых работ” (точками, где проектная линия пересекает линию профиля местности) записываем рабочую отметку 0,00 .

3.4.3 Определение синих расстояний

Из точек нулевых работ опускаем перпендикуляры на линию условного горизонта и вычисляем синие расстояния – горизонтальные расстояния x и y от

этой точки до ближайших пикетов или плюсовых точек. Эти расстояния вычисляем по формулам:

$$x = h_1 \vee \frac{h_1 \vee h_2}{h_1 + h_2} * d, \quad y = h_2 \vee \frac{h_1 \vee h_2}{h_1 + h_2} * d$$

h_1 и h_2 – рабочие отметки задней и передней точек профиля, между которыми находится точка нулевых работ.

d – горизонтальное расстояние между точками

$$d = x + y$$

Таким же образом находим синие расстояния для остальных точек нулевых работ. Полученные расстояния записываем над линией условного горизонта справа и слева от опущенного перпендикуляра на него из точек нулевых работ.

3.5. Построение плана прямых и кривых

В местах поворота трассы, её сложные участки сопрягаются кривыми, чаще всего круговыми, т.е. дугами определённого радиуса. Разбивка круговой кривой сводится к определению пикетного положения трёх её точек: начала (Н К), конца (К К) и середины (С К).

3.5.1. Расчет элементов круговых кривых

Элементами круговой кривой являются:

1. Угол поворота трассы Φ – угловая величина отклонения трассы от первоначального направления;
2. Радиус кривой R – радиус кривизны сопряжения в плане;
3. Тангенс T – расстояние от вершины угла поворота (ВУ) до начала (Н К) или до конца кривой;
4. Длина кривой (К) – длина дуги между началом и концом кривой;
5. Домер D – линейная разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой;

6. Биссектриса Б – расстояние по биссектрисе от внутреннего угла поворота (В У) до середины (С К) кривой;

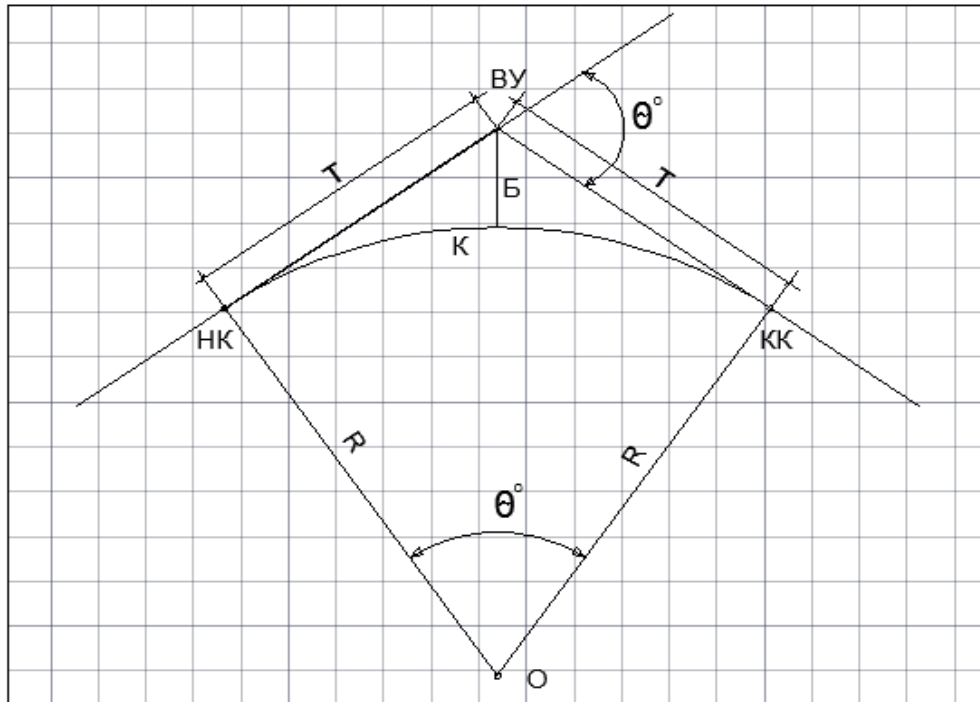


Рис. 3.2. Элементы и главные точки круговой кривой.

Для заданных двух углов поворота трассы φ_1 прав и φ_2 лев, радиуса кривых $R_1 = R_2 = 100$ м, вычисляем элементы круговой кривой по формулам:

$$T = R * \operatorname{tg}(\varphi/2);$$

$$K = \pi * R * \varphi / 180^\circ ;$$

$$Б = \sqrt{TT} - R ;$$

$$Д = 2T - K ;$$

3.5.2. Расчёт пикетажных значений главных точек кривых

Расстояние от начала трассы, т.е. ПК0 до вершины первого угла ВУ №1 равно 130,65 м, (рис.3.1) следовательно пикетажное положение для этого угла будет ПК 1 + 30,65, а расстояние от ПК0 до вершины второго угла ВУ №2 равно 514,10 м, значит пикетажное положение для второго угла будет ПК5 + 14,10

Производим расчёт пикетажных значений главных точек для каждого угла по формулам:

Проверка:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ВУ}\text{№}1 & \text{ПК}1 + 30,65 \\
 - & \text{T1} \quad 27,18 \\
 \text{НК}1 & \text{ПК}1 + 3,47 \\
 + & \text{K1} \quad 53,08 \\
 \text{КК}1 & \text{ПК}1 + 56,55
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ВУ}\text{№}1 & \text{ПК}1 + 30,65 \\
 + & \text{T1} \quad 27,18 \\
 & \text{ПК}1 + 57,83 \\
 - & \text{Д1} \quad 1,28 \\
 \text{КК}1 & \text{ПК}1 + 56,55
 \end{array}$$

Проверка:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ВУ}\text{№}2 & \text{ПК}5 + 14,10 \\
 - & \text{T2} \quad 21,41 \\
 \text{НК}2 & \text{ПК}4 + 92,69 \\
 + & \text{K2} \quad 42,18 \\
 \text{КК}2 & \text{ПК}5 + 34,87
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ВУ}\text{№}2 & \text{ПК}5 + 14,10 \\
 + & \text{T2} \quad 21,41 \\
 & \text{ПК}5 + 35,51 \\
 - & \text{Д2} \quad 0,64 \\
 \text{КК}2 & \text{ПК}5 + 34,87
 \end{array}$$

По полученным значениям главных точек кривых строим план прямых и кривых в графе 6 сетки продольного профиля трассы и план трассы (Приложение 6).

3.5.3.Определение длин прямолинейных участков трассы.

Прямолинейные участки обозначаем на плане P_1 , P_2 и P_3 .

Длина вставки P_1 вычисляется, как разность пикетажных значений начала первой кривой и ПК0:

$$P_1 = \text{НК}_1 - \text{ПК}0$$

Длина вставки P_2 вычисляется, как разность пикетажных значений начала второй кривой и конца первой:

$$P_2 = \text{НК}_2 - \text{КК}_1$$

Так общая длина трассы равна 6 пикетам, то длина вставки P_3 равна:

$$P_3 = \text{ПК}6 - \text{КК}_2$$

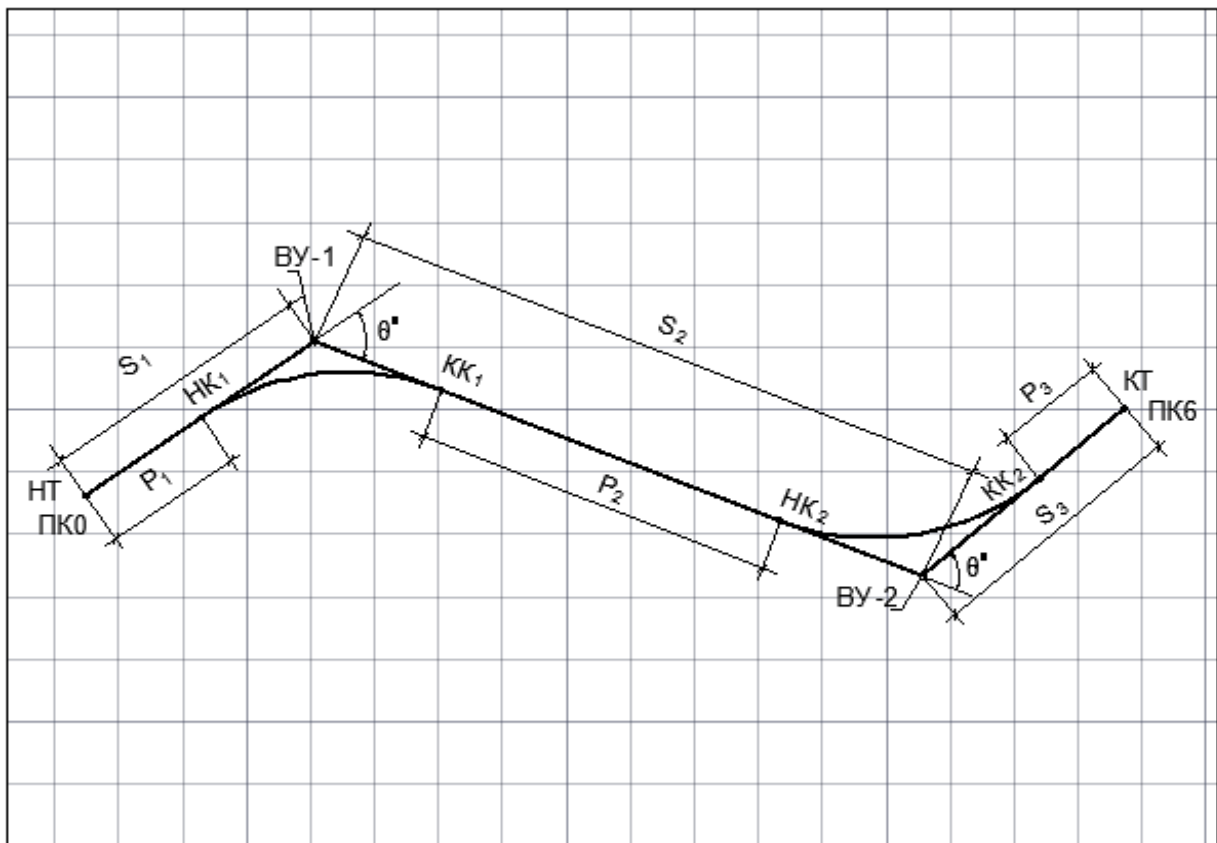


Рис.3.3 План трассы

3.5.4. Определение расстояний между вершинами углов трассы

Расстояния между вершинами углов определяем по следующим формулам:

- 1) От начала трассы до ВУ №1

$$S_1 = \text{ВУ}\text{№}1 - \text{НТ. (м)}.$$

- 2) От ВУ №1 до ВУ №2

$$S_2 = \text{ВУ}\text{№}2 - \text{ВУ}\text{№}1 + Д_1 \text{ (м)}.$$

- 3) От ВУ №2 до конца трассы

$$S_3 = \text{КТ} - \text{ВУ}\text{№}2 + Д_2 \text{ (м)}.$$

Домер во 2-ом и 3-ьем случае прибавляется потому, что его длина в счет пикетажа не вошла, но была отложена на местности .

3.5.5. Определение дирекционных углов и румбов участков трассы

Дирекционные углы и румбы участков трассы определяем по дирекционному углу исходного направления трассы α_{0-1} (по заданию).

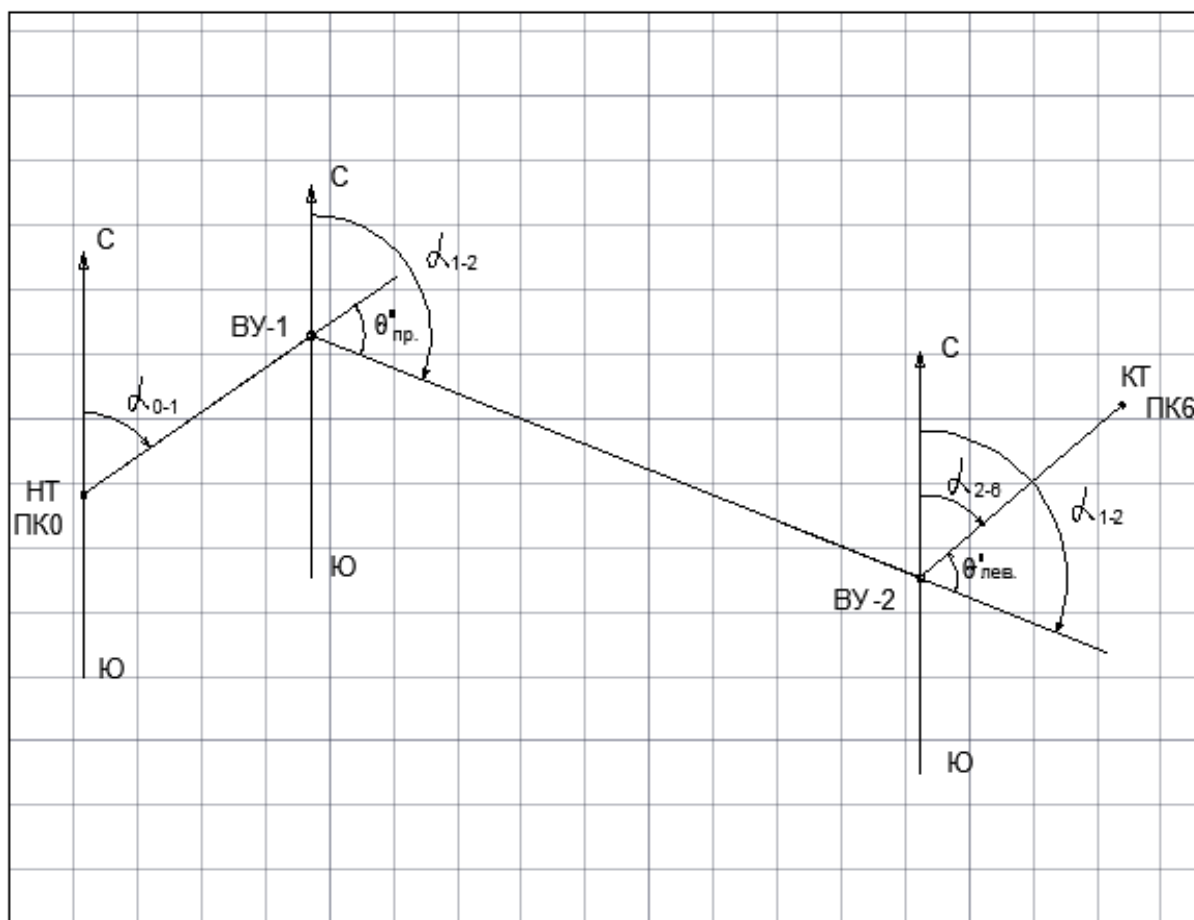


Рис.3.4. К определению дирекционных углов и румбов

Зная дирекционный угол исходного направления α_{0-1} и угол поворота трассы $\varphi_{1,пр}$ определяем дирекционный угол α_{1-2} участка трассы от ВУ№1 до ВУ№2:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{0-1} + \varphi_{1,пр}$$

Дирекционный угол участка трассы от ВУ№2 до ПК6 определяем по формуле:

$$\alpha_{2-6} = \alpha_{1-2} - \varphi_{2,лев}$$

Румбы сторон определяем используя формулы взаимосвязи между румбами и дирекционными углами по четвертям.

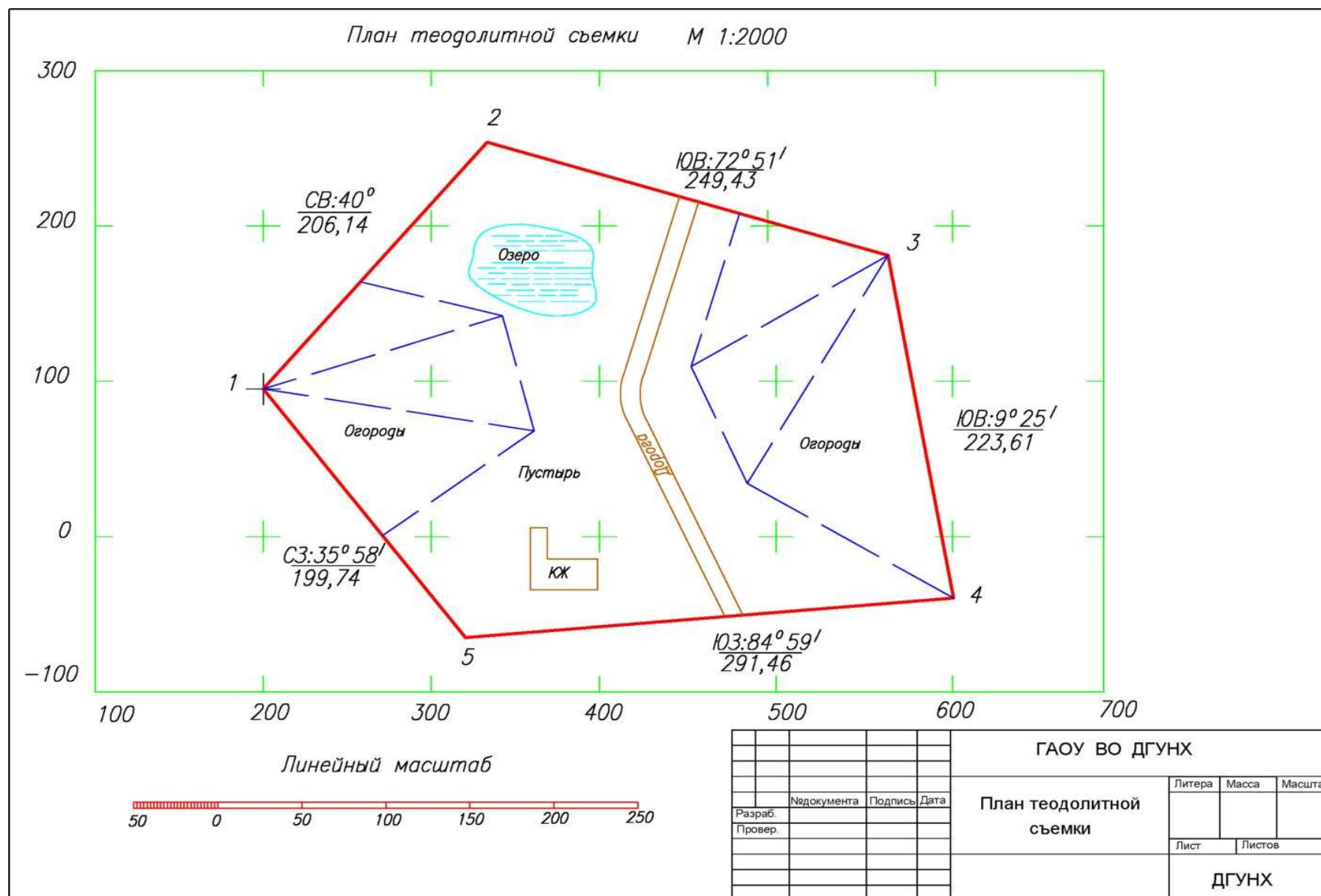
Значение румбов подписываем на плане прямых и кривых в графе 6 сетки продольного профиля на соответствующих участках трассы.

3.6. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых

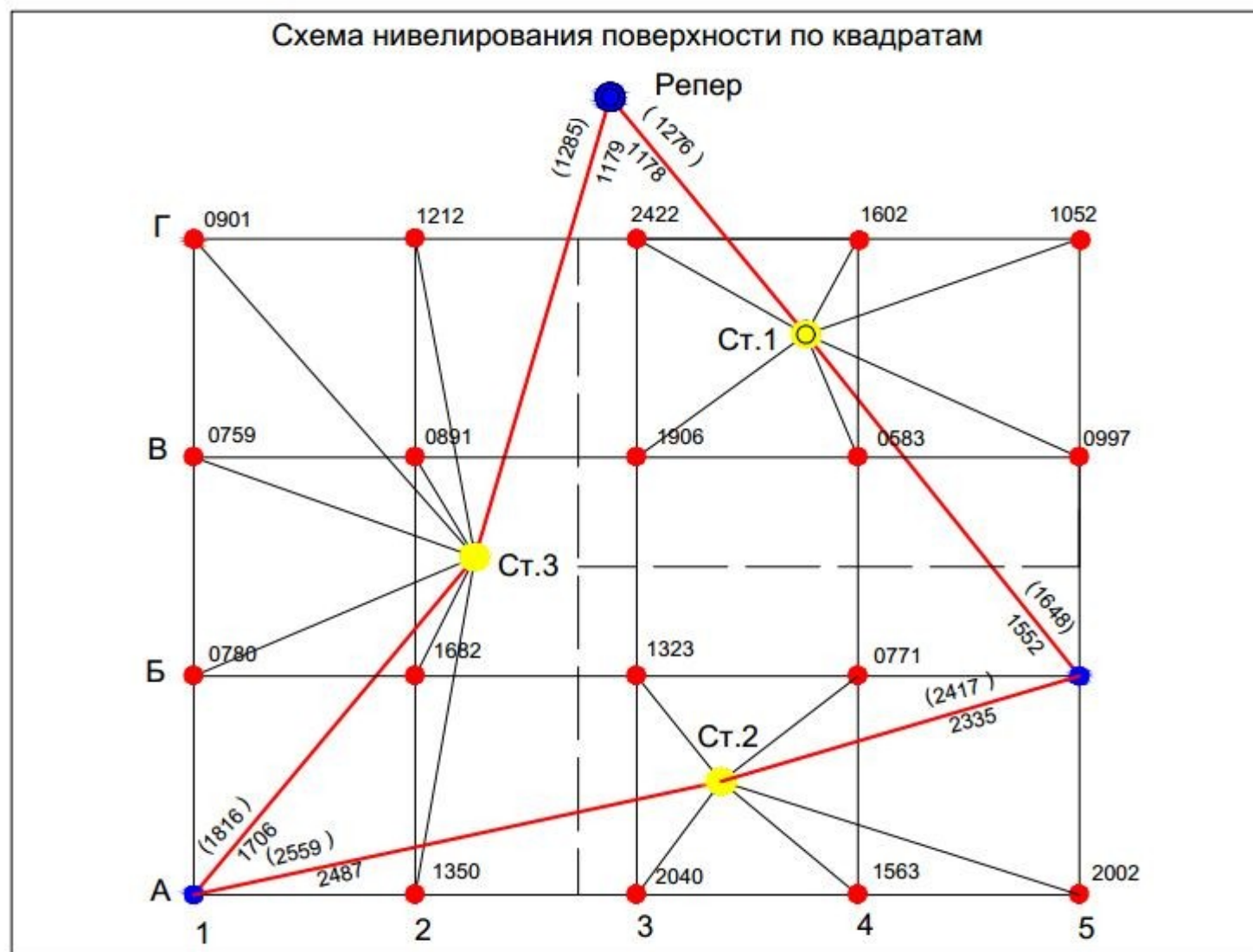
Зная первоначальное направление трассы, пикетажные значения вершин углов поворота и точек начала и конца кривых, названия и величину углов поворота трассы, составляют ведомость углов поворота, прямых и кривых, которая необходима для контроля вычислений связанных с положением трассы в плане и является основным документом для разбивки трассы на местности (Приложение 5).

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

№ № точ ек	Измерен- ные углы	Исправ- ленные углы	Дирек- ционные углы	Румбы	Длина линий	Вычисленные приращения				Исправленные приращения		Координаты	
						ΔX	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$	ΔY	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													



Приложение 4



№ точек	Пикетаж. значение	Угол поворота		Элементы кривых					Пикетажное положение точек		Прямая вставка	Расстоя- ние между ВУ	Диррекц. угол	Румб
		Пр.	Лев.	R	T	K	Д	Б	НК	КК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПК0	0 + 00,00													СВ
											103,47	130,65	80°30′	80°30′
ВУ - 1	1 + 30,65	30°25′		100	27,18	53,08	1,28	3,62	1 + 3,47	1 + 56,55				ЮВ
											336,14	384,73	110°55′	69°05′
ВУ - 2	5 + 14,10		24°10′	100	21,41	42,18	0,64	2,26	4 + 92,96	5 + 34,87				СВ
											65,13	86,54	86°45′	86°45′
ПК6	6 + 00,00													
Суммы						95,26	1,92				504,74	601,92		

Приложение 5

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Контроль:	$\sum P = 504,74$	$\sum S = 601,92$
	$+ \sum K = 95,26$	$- \sum D = 1,92$
	$L = 600,00$	$L = 600,00$

Приложение 6



Список рекомендуемой литературы:

1. К. Н. Макаров. Инженерная геодезия: учебник для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 243 с.
2. Кузнецов О.Ф. Инженерная геодезия: учебное пособие. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 267 с.
3. Инженерная геодезия / Е.Б.Клюшин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 8-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 384 с.
4. Геодезия / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2016. – 430 с.
5. Михайлов, А.Ю. Геодезическое обеспечение строительства: учебное пособие. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. – 275 с.
6. Полежаева Е.Ю. Геодезия с основами кадастра и землепользования: учебник. – Самара: СГАСУ, 2009. – 260 с
7. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. – 256с.
8. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия: учебник. – Москва: Горная книга, 2012. – 723 с
9. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. М.: Академический проект, 2009.– 284 с.
10. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. 5-е изд. М.: Высшая школа, 2009.– 342 с.
11. Юнусов А.Г. Геодезия. – М.: Академический проект, 2011.– 364с.
12. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – 6-е изд., перераб.доп. – М.: Колосс, 2010. – 432с.