

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра инженерной геодезии

НАЗЕМНЫЕ
ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

Методические указания и задания
к расчётно-графической работе
для студентов дневной формы обучения
специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

Минск
БНТУ
2012

УДК 528 (084.3-12) (075.8)

ББК 26.12я7

И 39

С о с т а в и т е л и:

М.С. Нестерёнок, А.Ю. Будо, Н.О. Курприенко

Р е ц е н з е н т ы

В.П. Подшивало, О. И. Киричок

Методические указания и задания разработаны в соответствии с типовой программой по предмету «Геодезия» и предназначены для закрепления теоретических знаний по разделу «Наземные топографические съемки», включающему темы «Тахеометрическая съемка», «Нивелирование поверхности», «Мензульная съемка», приобретения исходных практических навыков по математической и графической обработке материалов соответствующих видов полевых топографо-геодезических работ, составлению топографического плана местности с соблюдением требований к топографическому черчению.

Издание предназначено для студентов 1 курса дневной формы обучения специальности 1-56 02 01 «Геодезия».

© БНТУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: усвоить сущность наземных топографических съемок (тахеометрической, нивелированием поверхности и мензульной) путем рассмотрения теоретических и практических основ их производства, личного выполнения вычислительной обработки учебных журналов угловых и линейных измерений по созданию съемочного обоснования, журналов планово-высотных съемок местности и заданий по составлению топографического плана.

Содержание заданий по разделам работы

– ознакомиться со съемочным обоснованием участка тахеометрической съемки, участка нивелирования поверхности по квадратам, участка нивелирования по контурному плану и технологией соответствующих полевых работ; произвести вычислительную обработку учебных полевых журналов, с числовыми данными, полученными при создании съемочного обоснования и при производстве тахеометрической съемки и нивелирования поверхности;

– вычислить координаты пунктов теодолитно-тахеометрического хода;

– дополнить ранее составленный контурный план участка местности материалами тахеометрической съемки;

– ознакомиться с сущностью тахеометрической съемки, выполняемой посредством электронного тахеометра;

– дополнить тот же контурный план материалами нивелирования по квадратам;

– дополнить контурную часть плана данными ее вертикальной съемки, произведенной при помощи нивелира;

– выполнить задания по изучению основ мензульной съемки.

Техническое оснащение

1. Студент ксерокопирует:

а) журнал тахеометрической съемки (2 страницы);

б) ведомость вычисления координат теодолитного хода;

в) абрис тахеометрической съемки.

г) журнал-схему нивелирования поверхности по квадратам.

2. На аудиторных занятиях по мере надобности студентам выдаются: образец топографического плана, линейка масштабная ЛМП, транспортир тахеометрический, таблицы условных топографических знаков, мензульный комплект и др.

3. Каждый студент должен приобрести и использовать по мере надобности:

- инженерный калькулятор;
- тетрадь в клетку 12 стр.;
- линейку металлическую или деревянную с наклеенной шкалой, длиной 25–30 см, проверенные на точность шкалы, угольник с четко видимыми миллиметровыми делениями;
- транспортир диаметром не менее 10 см;
- циркуль-измеритель (с игольчатыми наконечниками);
- набор инструментов для топографического черчения, а также карандаш твердости ТМ, тушь черную, синюю, зеленую, коричневую, резинки для стирания карандашных линий, лезвия.

Оформление отчетности по расчетно-графической работе

1. По результатам выполненных расчетно-графических заданий дополняется план, составленный ранее в итоге выполнения расчетно-графической работы «Теодолитная съемка».

2. Отдельные поэтапные задания студент представляет на текущую проверку и на промежуточные зачеты, оформленными в тетради или на отдельных листах бумаги вручную или при помощи компьютера. Схемы, поясняющие геометрическую сущность расчетов, вычерчиваются под линейку. Надписи на схемах должны быть ровными, выполненными по предварительной разметке.

3. В папку окончательного отчета включаются: задание 1 (рисунок 1.1; таблица 1.1); задание 2 (п. 2.4; 2.5); задание 2.7 (журнал тахеометрической съемки); задание 2.8 (ведомость вычисления отметок пунктов тт 12, тт 13, тт 14); задание 2.9 (ведомость вычисления координат теодолитно-тахеометрического хода); задание 2.10; задание 3 (п.3.1; 3.2); задание 4 (журнал-схема нивелирования по квадратам; п. 4.2; 4.3; 4.4; 4.5); задание 5 (таблица 5,1; п. 5.3; 5,4; 5.5; абрисы 1 и 2); задание 6 (введение; п. 6.4.1; 6.4.2; 6.4.3; 6.4.4; 6.4.5; 6.4.6, 6.4.7; 6.4.8). Титульный лист отчета см. в приложении (с. 45). После титульного листа помещается страница «Содержание».

УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1

ИЗУЧЕНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Для выполнений расчетно-графических заданий по разделам «Тахеометрическая съемка», «Нивелирование участка по квадратам», «Нивелирование участка теодолитной съемки» и нанесения их результатов на единый план необходимо соответственно развить планово-высотное съемочное обоснование на базе исходных геодезических пунктов, принятых при выполнении расчетно-графической работы «Теодолитная съемка» [4].

1.1. **Развитие планового съемочного обоснования.** Ознакомьтесь с нормативными требованиями к допустимой длине теодолитных ходов съемочного планового обоснования, приведенными в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические требования к теодолитным ходам съемочного обоснования при топографических съемках

Масштаб топографи- ческой съемки	Открытая и застроенная местность				Заросшая местность		
	1/Т 1 : 3000	1/Т 1 : 2000	1/Т 1 : 1000	висячий ход	1/Т 1 : 2000	1/Т 1 : 1000	вися- чий ход
	Допустимая длина теодолитного хода, км						
1 : 5000	6,0	4,0	2,0	0,35	6,0	3,0	0,5
1 : 2000	3,0	2,0	1,0	0,2	3,6	1,5	0,3
1 : 1000	1,8	1,2	0,6	0,15	1,5	1,5	0,2
1 : 500	0,9	0,6	0,3	0,1	—	—	—

Через участок тахеометрической съемки проложен разомкнутый теодолитный ход $A-12-13-14-1-B$ (рисунок 1.1).

Координаты x и y исходных пунктов A , B и 1 известны по результатам выполнения работы «Теодолитная съемка» согласно заданному варианту (выбираются из ведомости вычислений координат замкнутого теодолитного хода на участке теодолитной съемки).

На участке нивелирования по квадратам контур сетки квадратов опирается на пункты тт 12 , тт 1 , пп B и тт 9 теодолитных ходов.

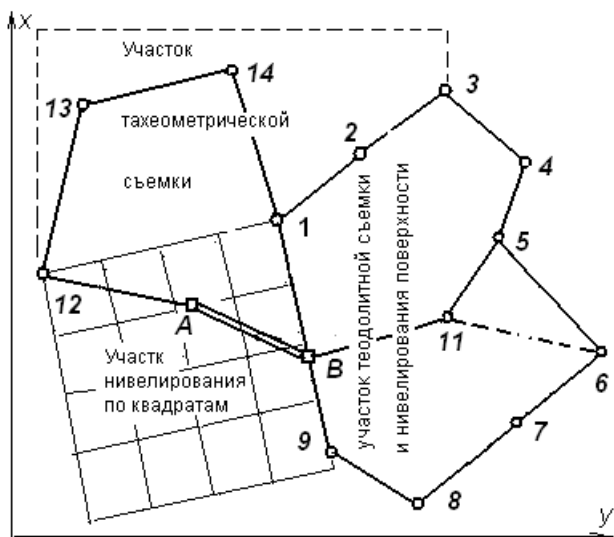


Рисунок 1.1 – Схема съёмочного обоснования и участков съёмки

Планово-высотное обоснование мензуральной съёмки рассматривается отдельно, технология мензуральной съёмки изучается с учетом знаний, полученных при изучении съёмки тахеометрической.

1.2. Съёмочное высотное обоснование.

В таблице 1 приведены отметки H_A и H_B исходных полигонометрических пунктов A и B . Относительно названных пунктов соответствующим способом нивелирования определяется высотная координата каждой станции тахеометрической съёмки, а также горизонт прибора на участках нивелирования по квадратам и контурной (теодолитной) съёмки.

Примечания.

1) В производственных условиях и во время учебной полевой практики через пункты теодолитного хода предусматривается прокладка хода технического нивелирования от исходных реперов нивелирной сети. Такой ход именуется *теодолитно-нивелирным*.

2) В учебных целях в настоящем задании съёмочное высотное обоснование рассмотрено на основе разновидности тригонометрического – *нивелирования тахеометрического*. В данном случае планово-высотный ход съёмочного обоснования называется *теодолитно-тахеометрическим*.

СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ПО ПОЛЕВЫМ ДАННЫМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Учебный топографический план участка составляется в масштабе 1 : 1000. Технические требования к выбору реечных точек при крупномасштабных топографических съемках при помощи теодолита приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические требования к выбору реечных точек при производстве тахеометрической съемке посредством теодолита

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа	Максимальное расстояние, м			
		от теодолита до рейки при съемке контуров		между пикетами при съемке рельефа	от теодолита до рейки
		четких	нечетких		
1 : 500	0,5	60	80	15	100
	1	80	80	20	150
1 : 1000	0,5	80	100	20	150
	1	80	100	50	200
1 : 2000	0,5	100	150	40	200
	1	100	150	60	250
	2	100	150	60	250

Примечание. В случае применения реек РНТ с сантиметровыми делениями максимальное расстояние до рейки ограничивается до 150 м соответственно видимости ее шкалы

А – исходные сведения о работе на станции тахеометрической съемки

Общий вид теодолита Т30 приведен на рисунке 2.1. Данный теодолит является базовой моделью теодолитов серий 2Т30П – 4Т30П.

2.1. **Подготовка теодолита.** Подготовка теодолита к съемке предусматривает его полевые поверки [3, § 4.3], определение коэффициента нитяного оптического дальномера [3, § 5.3] и места нуля (МО) вертикального круга [3, § 4.5].

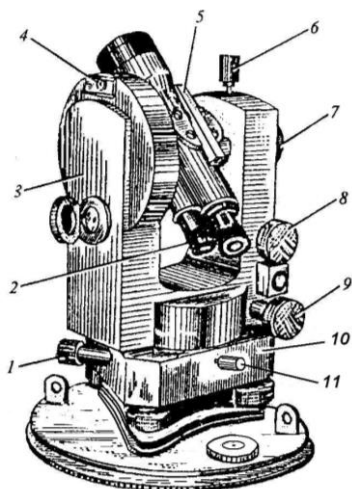


Рисунок 2.1 – теодолит Т30:
 1 – наводящий винт горизонтального круга; 2 – окуляр отсчетного микроскопа; 3 – боковая крышка; 4 – гнездо крепления ориентир-буссоли; 5 – диоптр; 6 – закрепительный винт вертикального круга; 7 – кремальера (фокусирующий винт зрительной трубы); 8, 9 – наводящие винты трубы и алидады; 10 – подставка; 11 – закрепительный винт горизонтального круга

Для нахождения величины МО, удерживая пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункте, визируют средним горизонтальным штрихом трубы на четко видимую точку при КП и КЛ, берут отсчеты П и Л по вертикальному кругу и вычисляют МО для теодолитов Т30 и 2Т30П по соответственно следующим формулам:

$$МО = (Л + П + 180^\circ)/2; \quad МО = (Л + П)/2. \quad (1)$$

Если значение МО отличается от нуля свыше $1-2'$, то желательно его уменьшить, как описано в учебниках, например, [3, § 4.5].

2.2. Работа на станции при тахеометрической съемке состоит из установки теодолита, производстве съемочных измерений с заполнением журнала съемки (таблица 2.2) и составлением абриса съемки участка (рисунок 2.3).

Теодолит устанавливают в рабочее положение и центрируют по отвесу над вершиной 13 (см. рисунок 1.1) теодолитно-тахеометрического (теодолитно-нивелирного) хода. Соседнюю вершину 14 обозначают вехой. Погрешность центрирования теодолита и вехи не должна превышать 3-5 мм.

Измеряют и записывают в журнал тахеометрической съемки (таблица 2.1) для станции 13 высоту i прибора над колышком (в метрах, например $i = 1,35$). На черной стороне нивелирной рейки отмечают высоту i резиновым кольцом или полоской липкой ленты.

В положении КЛ теодолит ориентируют и закрепляют горизонтальный угломерный круг так, чтобы при визировании на веху в точке 14, отсчет по горизонтальному лимбу равнялся $\Gamma = 0^\circ 00'$. Для этого:

1) отпустив закрепительный алидады поворачивают верхнюю часть теодолита и винтом 9 (см. рисунок 2.1) устанавливают на отсчет по горизонтальному кругу $\Gamma = 0^\circ 00'$, закрепляют винт алидады;

2) отпускают закрепительный винт 11 горизонтального круга и винтом 7 окончательно наводят зрительную трубу на веху, закрепляют винт 11, проверяют отсчет $\Gamma = 0^\circ 00'$;

В журнале записывают: «При КЛ нуль горизонтального круга ориентирован на передний по ходу пункт 14». Этим завершают установку и ориентирование теодолита.

Абрис участка съемки составляют на листе плотной бумаги в масштабе, обеспечивающем разборчивость данных съемки. Сначала на нем изображают наиболее крупные контуры, относительно которых наносят более мелкие. Абрис дополняют в процессе съемки.

Съемку ведут в положении теодолита КЛ. Рейку ставят на характерные места рельефа и ситуации, отмечают их на абрисе точкой и номером по порядку. В журнале результаты измерений отмечают под теми же номерами. При наблюдениях рейки теодолитом нужно действовать в следующей последовательности:

1) визировать на рейку и совместить один дальномерный штрих с метровым штрихом рейки, по второму штриху взять отсчет D по нитяному дальномеру (на рисунке 2.2 приведено поле зрения трубы обратного изображения), в журнал записать номер реечной точки и значение D ;

2) перевести среднюю горизонтальную нить на метку i высоты теодолита, снять и записать в журнал отсчеты по горизонтальному и вертикальным кругам теодолита.

Примечание. Если нижняя часть рейки не видна за препятствием, то средним горизонтальным штрихом трубы нужно визировать на деление рейки $v = 2$ м, или на верх рейки ($v = 3$ м), или на иное деление и в журнал записать высоту наведения v .

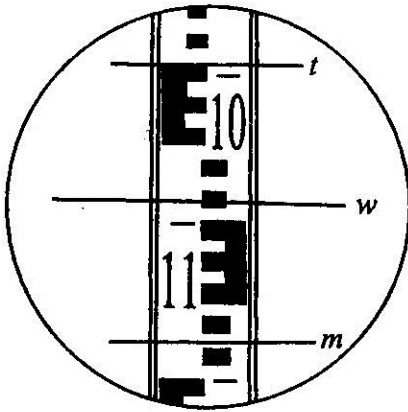


Рисунок 2.2 – Определение расстояния по нитяному дальномеру зрительной трубы обратного изображения теодолита Т30 (отсчет по дальномерным штрихам t и m равен $D = 17,6$ м)

2.3. Контроль высотного положения и устойчивости теодолита состоит в следующем:

1) приступая к съемке, рейку ставят на соседнюю вершину хода, например на теодолитную точку 14 , и выполняют действия 1) и 2) пункта 2.2 с записью их результатов в журнал съемки (расстояние D должно совпасть с расстоянием S , измеренным лентой, отсчет по горизонтальному кругу должен быть в пределах $0^\circ 00' \pm 3'$, вычисленное превышение не должно отличаться от измеренного нивелиром свыше 4 см на 100 м расстояния);

2) в процессе съемки после наблюдения каждых 10–12 реечных точек и последней реечной точки на станции необходимо проверять неизменность ориентирования теодолита и положение пузырька цилиндрического уровня.

2.4. Применяются следующие формулы для вычисления углов наклона, превышений и отметок в журнале тахеометрической съемки:

- угол наклона $v = \text{Л} - \text{МО}$;
- превышение $h = h' + i - v$;
- отметка реечной точки $H_{\text{п.т}} = H_{\text{ст}} + h$.

Здесь тригонометрическая часть превышения $h' = 0,5D \sin 2v$.

Упрощаются вычисления превышения h' по приближенной формуле $h' \approx D \sin v$, которая практически точна, если углы наклона от-

носителем невелики $v \leq |\pm 3^\circ|$ и ограничены расстояния $D \leq 200$ м (погрешность превышения допустима и составляет менее 0,015 м).

Когда высота прибора и высота наведения равны, тогда разность $i - v = 0$ и искомое превышение $h = h'$, соответственно тахеометрические формулы упрощаются: $h = 0,5D \sin 2v$; $h \approx D \sin v$.

2.5. В случае применения геометрического нивелирования для определения отметок реечных точек визирный луч зрительной трубы теодолита 2Т30П переводят в горизонтальное положение, установив в нуль-пункт пузырек цилиндрического уровня, закрепленного на трубе. Берут отсчет v по рейке в метрах, записывают в журнал тахеометрической съемки, вычисляют отметку реечной точки по формуле $H_{р.т} = ГП - v$, где горизонт прибора $ГП = H_{ст} + i$.

2.6. Минимальное количество реечных точек принимается для съемки ровного рельефа открытой малоконтурной местности, но число таких точек не должно быть меньше количества, указанного в таблице 2.1.

Б – выполнение задания 2

2.7. Выполните вычислительную обработку учебного журнала тахеометрической съемки

Полевые материалы тахеометрической съемки представлены журналом тахеометрической съемки (таблица 2.2) и абрисом (рисунок 2.3), которые студент должен ксерокопировать.

2.7.1. В копию журнала тахеометрической съемки запишите № вашего варианта.

2.7.2. В графу 13 журнала запишите горизонтальные углы между сторонами теодолитно-тахеометрического хода съемочного обоснования для станций п.п. А, тт 12, тт 13, тт 14 и тт 1 (см. схему хода в журнале). Углы вычисляются как разность отсчетов по горизонтальному кругу при визировании на заднюю по ходу точку (отсчет a_3) и на переднюю (отсчет a_n), т.е. $\beta = a_3 - a_n$. Например, на станции п.п. А при положении теодолита КЛ первое значение угла $\beta' = 303^\circ 26' - 101^\circ 21' = 202^\circ 05'$; второе – $\beta'' = 126^\circ 39' - 284^\circ 34' = (126^\circ 39' + 360^\circ) - 284^\circ 34' = 202^\circ 05'$, допустимое расхождение значений угла составляет $\pm 1'$; итоговое среднее $\beta_A = 202^\circ 05'$.

2.7.3. Для каждой станции вычислите место нуля (МО) вертикального круга: в случае теодолита 2Т30П – по формуле $МО =$

= $(Л + П)/2$. Например, на станции пп A при визировании на точку B в графе 6 указаны отсчеты $Л = +0^\circ 53'$ и $П = -0^\circ 51'$; здесь $МО = [+0^\circ 53' + (-0^\circ 51')]/2 = +0^\circ 01'$ и записывается в заголовке данной станции.

2.7.4. В графу 7 журнала на каждой станции для точек визирования внесите значения углов наклона, вычисленные по формуле $v = Л - МО$ или $v = МО - П$.

Пример 1: на станции п.п. A для точки B угол наклона $v = Л - МО = +0^\circ 53' - (+0^\circ 01') = +0^\circ 52'$, или же $v = МО - П = +0^\circ 01' - (-0^\circ 51') = +0^\circ 52'$.

Пример 2: на станции тт 13 для речной точки b отсчет $Л = -0^\circ 21'$, здесь $v = Л - МО = -0^\circ 21' - (+0^\circ 01') = -0^\circ 22'$.

2.7.5. Если угол наклона превышает $\pm 1,5^\circ$, то в графу 8 запишите горизонтальное проложение, вычисленное по формуле $s = D \cos^2 v$.

При $v \leq |\pm 1,5^\circ|$ имеем $s \approx D$ и в графу 8 можно переписать данные графы 3.

2.7.6. В графу 9 запишите значения тригонометрической части превышений h . Учтите замечание по п. 2.4, что при углах наклона, меньших $|\pm 3^\circ|$, расстояниях $D \leq 200$ м, применяется формула $h' = D \sin v$ (значение h' округляется до 0,01 м).

2.3.7. Если в графу 2 для данной точки записана высота наведения $v = 3$ м, или $v = 2$ м, или иная, отличная от высоты прибора i на данной станции, то в графе 10 укажите величину разности $i - v$.

2.7.8. В графу 11 запишите искомое превышение $h = h' + i - v$, причем при $i = v$ имеем $h = h'$.

2.8. Выполните вычисление отметок вершин теодолитно-тахеометрического хода.

2.8.1. В ведомость вычисления отметок пунктов тт 12, тт 13, тт 14, помещенную в журнал тахеометрической съемки (см. таблицу 2.2 – продолжение), запишите исходные отметки H_A и H_B пунктов пп A и пп B , указанные в таблице 2.3 для вашего варианта (округленные до 0,01 м соответственно точности тахеометрического нивелирования). Затем внесите вычисленные прямые и обратные превышения, известные по графе 11 журнала тахеометрической съемки (таблицы 2.2).

Таблица 2.2

Вариант № _____

Студент _____

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Теодолит 2Т30П,

$MO = (Л + П - 180^\circ)/2$; $v = (Л - MO)$; $v = (MO - П)$;

№ тчк., станции	Высота наведения v , м	Лента, S , м; дальномер, D , м	КРУГ	Отсчеты по кругу		Угол наклона $\pm v$	Горизонтальное пролож. $D \cos^2 v = s$, м	Превышение, м			Отметка съёмочного пункта H , м	Горизонтальный угол β ; примечания
				горизонтальному ГК	вертикальному ВК			$\pm h'$	$i - v$	$(h' + i - v) = h$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Станция п.п. В												
$i = 1,35$				МО =						$H_B =$		м
тт 1	1,35	96,76	Л		+0° 32'							
тт 1	-"-		П		-0° 32'							
Станция п.п. А												
$i = 1,40$				МО =						$H_A =$		м
пп В	1,40	103,63	Л	303°26'								$\beta' =$
тт 12	-"-	122,74	Л	101°21'	+0° 40'							$\beta'' =$
пп В	-"-		П	126°39'								$\beta_1 =$
тт 12	-"-		П	284°34'	-0° 38'							
Станция тт 12												
$i = 1,42$				МО =						$H_{12} =$		м
пп А	1,42	122,74	Л	198°35'	-0° 39'							$\beta' =$
тт 13	-"-	138,41	Л	111°43'	+0° 20'							$\beta'' =$
пп А	-"-		П	16°30'	+0° 41'							$\beta_{12} =$
тт 13	-"-		П	289°38'	-0° 18'							
Станция тт 13 При КП ноль горизонтального круга ориентирован на тт 14												
$i = 1,40$				МО =						$H_{13} =$		м
тт 12	1,40		П	320°49'	+0° 21'							$\beta' =$
тт 14	-"-		П	210°12'	+0° 31'							$\beta'' =$
тт 12	-"-	138,41	Л	110°36'	-0° 19'							$\beta_{13} =$
тт 14	-"-	176,53	Л	0°00'	-0° 29'							
1		104,5	Л	9°00'	-	-	-	-	-	-	-	ограда
2	3,00	104,8	Л	15°02'	+0° 12'							
3	3,00	46,0	Л	20°26'	+0° 35'							
4	2,00	110,0	Л	30°30'	-0° 12'							
5		56,8	Л	51°00'	-	-	-	-	-	-	-	дорога
6	1,40	148,1	Л	47°48'	-0° 21'							высотн.
7	-"-	115,0	Л	53°33'	-0° 15'							
8	-"-	178,5	Л	39°06'	-0° 10'							
9	-"-	98,0	Л	71°07'	-0° 35'							
10	-"-	95,8	Л	114°31'	-0° 21'							
11	-"-	44,0	Л	138°24'	-0° 44'							
12	-"-	26,6	Л	177°54'	+1° 03'							
13		31,7	Л	296°36'	-	-	-	-	-	-	-	угол здн
14	1,40	79,5	Л	288°03'	-0° 27'							
15	-"-	90,6	Л	264°15'	-0° 12'							забор
16	-"-	98,6	Л	318°54'	-0° 35'							
17	-"-	65,7	Л	344°50'	-0° 37'							угол здн
Станция тт 14												
$i = 1,36$				МО =						$H_{14} =$		м
тт 13	1,36		П	339°39'	-0° 28'							$\beta' =$
тт 1	-"-		П	260°11'	-0° 37'							$\beta'' =$
тт 13	-"-	176,53	Л	0°00'	+0° 30'							$\beta_{14} =$
тт 1	-"-	138,07	Л	280°31'	+0° 39'							

Окончание таблицы 2.2

№	v, м	D, м	Кр.	ГК	ВК	±v	s, м	±h'	i - v	±h	H, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Продолжение. Станция тт 14. При КЛ нуль горизонтального круга ориентирован на тт 13												
$i = 1,36$			МО =			ГП ₁₄ = H ₁₄ + i =			H ₁₄ =			м
18	3,00	103,6	Л	40°15'	+0°53'							забор
19	3,00	82,4	Л	44°05'	+0°36'							ограда
20	3,00	60,5	Л	66°02'	+0°34'							
21		44,6	Л	118°16'	-	-	-	-	-	-	-	уг. огр.
22	3,00	52,6	Л	123°32'	+1°46'							уг. заб.
23	1,36	111,1	Л	167°24'	+0°30'							дорога
24	-"-	161,4	Л	176°36'	+0°32'							высотн
25	-"-	68,5	Л	182°24'	+0°37'							
26		13,0	Л	226°36'	-	-	-	-	-	-	-	уг огр
27		21,4	Л	221°50'	-	-	-	-	-	-	-	уг заб
28	1,36	40,5	Л	229°31'	+0°51'							дорога
29	-"-	95,2	Л	228°07'	+0°52'							высотн
30	-"-	157,3	Л	205°12'	+0°44'							
31	0,22	91,7	Л	264°26'	Геометри-ское нивелирование H _{0,т} = ГП ₁₄ - v							
32		45,1	Л	276°12'	-	-	-	-	-	-	-	дорога
33	1,34	27,5	Л	290°00'	Геометри-ское нивелирование							
34		22,6	Л	303°30'	-	-	-	-	-	-	-	
35	1,50	54,7	Л	326°50'	Геометри-ское нивелирование							забор
36	1,30	68,5	Л	313°34'	Геометри-ское нивелирование							
37	0,89	101,5	Л	307°37'	Геометри-ское нивелирование							
38		50,5	Л	333°33'	-	-	-	-	-	-	-	ограда
39	1,43	78,7	Л	22°15'	Геометри-ское нивелирование							высотн.
40	1,91	36,9	Л	36°54'	Геометри-ское нивелирование							высотн.
Станция тт 1												
$i = 1,33$			МО =			H ₁ =			м			
тт14	1,33	138,07	Л	19°56'	-0° 38'							β' =
ппВ	-"-	96,76	Л	191°11'	+0° 33'							β" =
тт14	-"-		П	204°49'	+0° 40'							β ₁ =
ппВ	-"-		П	16°04'	-0° 31'							

Ведомость вычисления отметок пунктов тт 12, тт 13, тт 14 геодезито-тахеометрического хода

№ п-та	Даль-номер D, м	Превышение ±h, м			Поправки δ, м	Превыш. урavn. ±h, м	Отметка пункта (станции) H _с , м	Схема тахеометрического хода съемочного обоснования
		прямое h _{пр}	обратн. h _{обр}	среднее h _{ср}				
пп А						H _н		
	122,7							
тт 12	138,4							
тт 13	176,5							
тт 14	138,0							
тт 1	96,8							
пп В						H _к		

$\Sigma D =$ _____ $\Sigma h_{ср} =$ _____ Невязка превышений фактическая $f_h = \Sigma h_{ср} - \Sigma h_{теор} =$ _____
 $\Sigma D_c =$ _____ $\Sigma h_{теор} = H_k - H_n =$ _____ Невязка превышений допустимая $f_{h доп} = 0,04 \Sigma D_c / \sqrt{n} =$ _____

Вычислил студент _____

**Абрис тахеометрической съемки участка местности относительно пунктов ТТ 13 и ТТ 14
теодолитно-тахеометрического хода**

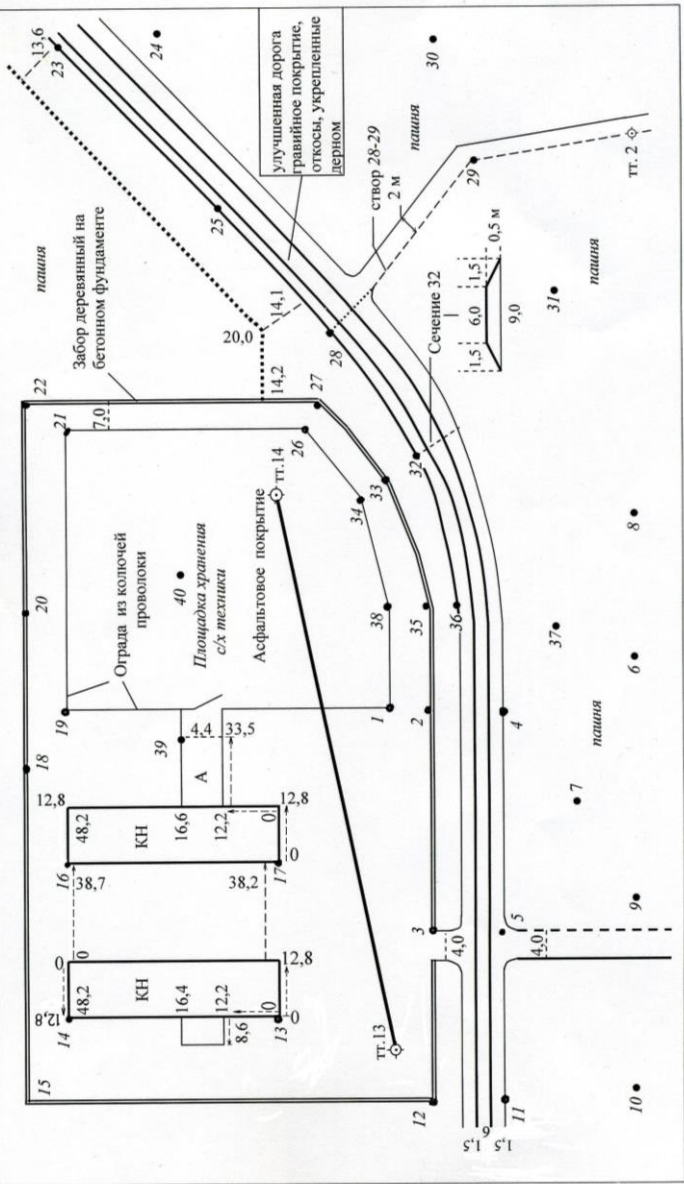


Рисунок 2.3 – Абрис тахеометрической съемки

Таблица 2.3 – Варианты отметок исходных пунктов

№ варианта	Отметки пунктов, м		№ варианта	Отметки пунктов, м	
	пп А	Пп В		пп А	пп В
	H_A	H_B		H_A	H_B
0	211,40	213,00	16	194,45	196,05
1	212,41	214,01	17	195,46	197,06
2	213,42	215,02	18	196,47	198,07
3	214,43	216,03	19	197,48	199,08
4	215,44	217,04	20	198,49	200,09
5	216,45	218,05	21	200,50	202,10
6	217,46	219,06	22	201,48	203,08
7	218,47	220,07	23	202,47	204,07
8	219,48	221,08	24	203,46	205,06
9	220,49	222,09	25	204,45	206,05
10	221,50	223,10	26	205,44	207,07
11	223,51	225,11	27	206,43	208,03
12	190,40	192,00	28	207,42	209,02
13	191,42	193,02	29	208,41	210,01
14	192,43	194,03	30	209,40	211,00
15	193,44	195,04	31	203,47	205,07

2.8.2. Вычислите средние превышения h_{cp} по модулям прямого и обратного превышений (значение h_{cp} берется со знаком прямого превышения, например, если $h_{пр} = +1,36$ м; $h_{обр} = -1,39$ м, то $h_{cp} = (|+1,36| + |-1,39|)/2 = +1,375 = +1,38$ м). Найдите фактическую невязку средних превышений f_h .

2.8.3. Вычислите длину хода, т.е. сумму $\sum D$, м и ее значение в сотнях метров $\sum D_c = \sum D/100$, которое учитывается в формуле определения допустимой невязки превышений $f_{h доп}$.

2.8.4. Исправьте (приблизительно уравнийте) средние превышения. Для этого фактическую невязку превышений f_h разбейте на поправки δ_j (округленные до 0,01 м). Поправки δ_j теоретически принимаются пропорциональными длинам D_j соответствующих сторон хода, т.е. $\delta_j = KD_j$, где $K = -f_h / \sum D$ (знак поправок противоположен знаку невязки, сумма поправок равна невязке с обратным знаком). Прак-

тически в результате округления наибольшая поправка соответствует стороне длиной 176,4 м, наименьшая – стороне длиной 96,8 м, остальные поправки принимаются одинаковыми.

Сумма исправленных превышений должна равняться теоретической, т.е. $\sum h_{\text{ср}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}$.

Отметки H_{cj} станций последовательно вычислите через средние уравненные превышения по формуле $H_{j+1} = H_j + h_j$ с контролем по значению $H_{\text{к}}$.

2.8.5. Отметку каждой станции H_{cj} запишите в журнал тахеометрической съемки при названиях станций.

Для станций тт 13 и тт 14 вычислите и запишите в графе 12 отметки съемочных пикетов, вычисленные по формуле $H_j = H_{\text{с}} \pm h_j$, здесь $H_{\text{с}}$ – постоянная отметка данной станции; h_j – превышения из графы 11 (или из графы 9 при $i - v = 0$).

2.8.6. Отметки $H_{\text{р.т}}$ речных точек 31-40, полученные геометрическим нивелированием на станции 14 (отсчеты v по рейке соответствуют горизонтальному лучу теодолита), определите по формуле $H_{\text{р.т.}} = \text{ГП}_{14} - v$, где горизонт прибора $\text{ГП}_{14} = H_{14} + i$.

2.9. Вычислите координаты вершин теодолитно-тахеометрического хода

2.9.1. В графу 1 ведомости вычислений координат теодолитно-тахеометрического хода (см. таблицу 2.4) через строку последовательно запишите названия пунктов пп B_i , пп A_i , тт 12, тт 13, тт 14, тт 1, пп B . В графу 2 запишите средние значения горизонтальных углов β , полученные из графы 13 журнала тахеометрической съемки; в графу 6 – длины сторон хода (округленные до 0,01 м) – из графы 3 журнала.

2.9.2. Из ведомости вычислений координат замкнутого теодолитного хода (работа «Теодолитная съемка» – свой вариант) выберите: начальный и конечный дирекционные углы $\alpha_{\text{н}} = \alpha_{B-A}$, $\alpha_{\text{к}} = \alpha_{1-B}$; координаты $x_{\text{н}}$, $y_{\text{н}}$ начального пункта пп A и $x_{\text{к}}$, $y_{\text{к}}$ конечного пункта тт 1.

Таблица 2.4. – Веломость вычисления координат вершин теодолитно-тахеометрического хода

Вариант № _____ Студент _____

Г.к. _____ гр. _____ фак. _____

Номер вершины	Горизонтальный угол		Дирекционный угол α	Румб, Γ	Горизонтальное проложение $S, \text{ м}$	Приращение координат, м						Координаты, м			Номер вершины	
	измеренный β'	исправленный β				поправки – приращ. вычисленные			исправленные			x	y	11		12
						$\pm \Delta x'$	$\pm \Delta y'$	$\pm \Delta x''$	$\pm \Delta y''$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
□ B	-															
□ A	β_A		α_{B-A}							x_A	y_A	□ A				
Т 12	β_{12}				S_{4-12}							Т 12				
Т 13	β_{13}				S_{2-13}							Т 13				
Т 14	β_{14}				S_{13-14}							Т 14				
Т 1	β_1				S_{14-1}					x_1	y_1	Т 1				
□ B	-		α_{1-B}													

$\Sigma \beta' =$ _____ $\Sigma \Delta x' =$ _____ $\Sigma \Delta y' =$ _____ $\Sigma \Delta x =$ _____ $\Sigma \Delta y =$ _____ $x_k - x_n =$ _____ $y_k - y_n =$ _____
 $\Sigma \beta_{кор} =$ _____ $\Sigma \Delta x_{кор} =$ _____ $\Sigma \Delta y_{кор} =$ _____ $x_k - x_n =$ _____ $y_k - y_n =$ _____
 $f_\beta =$ _____ $f_x =$ _____ $f_y =$ _____
 $f_{\beta, доп} =$ _____ $f_x =$ _____ $f_y =$ _____
 Невязка абс. фактич. $f_s = \sqrt{\quad} = \quad$, м
 Невязка абс. доп. $(f_s)_{доп} = \Sigma s / 1500 = \quad$, м
 Невязка относительная фактич. $\Sigma s / 1500 = 1 / \quad < 1 / 1500$

2.9.3. Вычислите координаты вершин теодолитно-тахеометрического хода, как описано в методических указаниях «Теодолитная съемка» [4] и в учебниках, например, [3, § 7.1]. .

2.10. Дополните топографический план результатами тахеометрической съемки

2.10.1. На план нанесите пункты теодолитно-тахеометрического хода по их координатам с контролем. Подпишите их отметки.

2.10.2. Относительно станций тт 13 и тт 14 при помощи простого карандаша, транспортира и линейки или же тахеометрического транспортира (тахеографа) нанесите на план съемочные пикеты по их полярным координатам, записанным в журнале тахеометрической съемки. Нулевое полярное направление (ориентирование нуля горизонтального круга) указано в заголовке станции; полярный угол пикета записан в графе 5, полярное расстояние – в графе 3 журнала.

Нанесение точек и контуров контролируется сверкой с абрисом (см. рисунок 2.3).

Номера точек и значения их отметок подписывайте карандашом без нажима – впоследствии будут стираться!

2.10.3. Горизонтالي, нанесенные карандашом, не вычерчивайте преждевременно тушью, поскольку впоследствии их потребуется плавно соединить с одновысотными горизонтальными участками нивелирования по квадратам и нивелирования по контурному плану. Горизонтали должны быть плавными, как показано в таблице 2.5 знаком № 329.

Таблица 2.5 – Примеры условных знаков для топографических Планов

№ знака КА	Название и характеристика топографических объектов	Условные знаки топографических объектов для планов масштабов	
		1 : 5000; 1 : 2000	1 : 1000; 1 : 500
14	Строения: Здания огнестойкие (3-этажное жилое, 2-этажное нежилое)		
84	Откосы неукрепленные (цифры высоты в м)		
475	Заборы деревянные: 1) садовые с воротами 2) решетчатые из штакетника и т.д. 3) на каменном, бетонном или кирпичном фундаменте 4) с капитальными опорами		
329	Горизонтали 1) горизонтали утолщенные 2) горизонтали основные 3) бергштрихи - указатели направления ската 4) отметка горизонтали в м		
330	Отметки высот: 1) выше нуля Кронштадского футштока 2) ниже нуля Кронштадского футштока		

ИЗУЧЕНИЕ ОБЩИХ СВЕДЕНИЙ О ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

3.1. Рассмотрите общие сведения о технологических возможностях электронных тахеометров применительно к тахеометрической съемке. Используйте литературные источники и приведенные в настоящем пункте ознакомительные данные.

Тахеометрическая съемка при помощи электронных тахеометров. Электронные тахеометры обеспечивают высокую степень автоматизации процессов измерения углов и расстояний и обработки данных измерений [2, § 8.7; 8.8; 8.9]. Предусмотрена комбинация ряда конструкций названных тахеометров со спутниковыми приемниками, у которых точность местоопределения составляет 5–10 мм в плане и 10–20 мм по высоте и достаточна для создания съемочного обоснования при крупномасштабных съемках.

Электронные тахеометры снабжены вычислительным блоком с дисплеем, блок работает по программам, например, вычисления горизонтальных проложений, превышений, дирекционных углов, плановых и высотных координат пунктов съемочного обоснования и аналогичных данных для съемочных пикетов. Числовые и описательные результаты измерений, записанные в карту памяти, можно передавать на компьютер для хранения и автоматического составления цифровых моделей местности и получения топографических планов в графическом виде.

При работе электронный тахеометр устанавливают над пунктом съемочного обоснования, ориентируют. В вычислительный блок вводят координаты x , y , H этого пункта, высоту прибора. Над съемочными точками местности ставят на штанге или на штативе призму светоотражателя, на нее визируют зрительной трубой и нажимают клавишу исполнения измерений. На дисплее прибора, в соответствии с заданной программой, высвечиваются отсчеты по угломерным кругам, дальность и пространственные прямоугольные координаты съемочной точки. Семантические (описательные) данные об объектах местности записываются на электронный носитель в кодовой форме. Один из исполнителей съемки может находиться рядом со светоотражателем и там вести абрис.

Электронные тахеометры дают возможность создавать съемочное обоснование с более высокой точностью и более протяженными полигонометрическими ходами, чем указано в действующих инструкциях. Съёмку местности часто совмещают с работами по определению координат пунктов съемочного обоснования. Если топографический план будет составляться по координатам съемочных пикетов, рассчитанных процессором электронного тахеометра, то допустимые расстояния от прибора до съемочных пикетов принимают до 0,5 км и более в зависимости от условий видимости.

3.2. Пользуясь литературными источниками, подобранными в библиотеке и, по возможности, в геодезических отделах проектно-изыскательских учреждений, составьте краткие сведения об электронных тахеометрах с учетом сведений, изложенных в п. 3.1:

- примеры геодезических работ, эффективно выполняемых при помощи электронных тахеометров;
- примеры фирменных названий приборов;
- фотографии двух – трех приборов с детализировкой их основных частей;
- типичные точностные характеристики приборов;
- примеры меню встроенных программ по автоматизации различных геодезических работ;
- другие сведения по выбору студента.

Задание 4

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА ПО ДАННЫМ НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

Сущность данного вида топографической съемки. *Нивелирование по квадратам* – это топографическая съемка, при которой отметки земной поверхности определяются относительно горизонтального луча нивелира в точках, обозначенных вершинами сетки квадратов [3, § 6.13]. На местности вершины сетки квадратов закрепляются временными колышками, относительно которых определяется положение других высотных точек и контуров ситуации. Граничный контур сетки квадратов привязывается к опорной геодезической сети теодолитно-нивелирным ходом. Топографическая съемка нивелированием по квадратам производится на открытой,

достаточно ровной местности в масштабах 1 : 500; 1 : 1000 (размер квадратов 20×20 м); 1 : 2000 (размер квадратов 40×40 м) или 1 : 5000 (размер квадратов 50×50 м).

4.1. Дополните составляемый план данными нивелирования участка местности по квадратам в масштабе 1 : 1000 по данным журнала-схемы нивелирования (рисунок 4.1), в котором принят увеличенный размер квадратов до 40×40 м с целью облегчения учебного освоения техники нанесения горизонталей на план.

4.1.2. Согласно рисункам 1.1 и 4.1 на местности прямоугольный контур 12-7-15-76 сетки квадратов общим размером 200×200 м привязан в плане к пунктам тт 12, тт. 1, пп В и тт 9 съемочного обоснования. Прямые углы контура построены при помощи технического теодолита с погрешностью 0,5 – 1', стороны сетки построены мерной лентой с относительной погрешностью около 1 : 1000.

Нанесите точку 15 контура на ваш план при ее расстоянии на местности 200 м от пункта 1 в створе сторон 7-В и В-9 съемочного обоснования. Точку 76 нанесите на план линейной засечкой относительно точек тт 12 и 15 при длине линий на местности $S_{12-16} = S_{15-16} = 200,0$ м; проверьте длину диагонали 7-76, которая вычисляется по формуле $s_{7-16} = 200\sqrt{2}$. Допустимая величина стороны треугольника погрешностей $\Delta s = 0,8$ мм. Искомая точка 16 находится в центре тяжести треугольника погрешностей.

Для построения внутренней сетки квадратов со сторонами 40×40 мм на плане соответственно разметьте стороны общего контура.

4.1.3. В вашу копию журнала-схемы нивелирования по квадратам внесите отметки H_1 и H_B пунктов тт 1 и пп В, известные по ведомости вычисления отметок пунктов тт 12, тт 13, тт 14, помещенной в журнал тахеометрической съемки (см. окончание таблицы 2).

4.1.4. Вычислите дважды горизонт прибора в метрах

$$\text{ГП}' = H_1 + a_1; \quad \text{ГП}'' = H_B + a_B, \quad (3)$$

где a_1 и a_B – отчеты по рейке, выраженные в мм при съемке, но учитываемые в м при вычислениях значений ГП.

Допустимое расхождение значений ГП' и ГП'' примите до 0,03 м и запишите в журнал-схему среднее

$$\text{ГП} = (\text{ГП}' + \text{ГП}'')/2. \quad (4)$$

Журнал-схема нивелирования поверхности по квадратам

Размеры на местности:

контура участка 200×200 м;

внутренних квадратов 40×40 м.

Контур привязан:

в плане – к пунктам тт 12, тт 1 и пп В съёмочного обоснования;

по высоте – к пунктам пп А и пп В съёмочного обоснования.

Приборы: нивелир НЗ, рейка нивелирная РНТ-4000

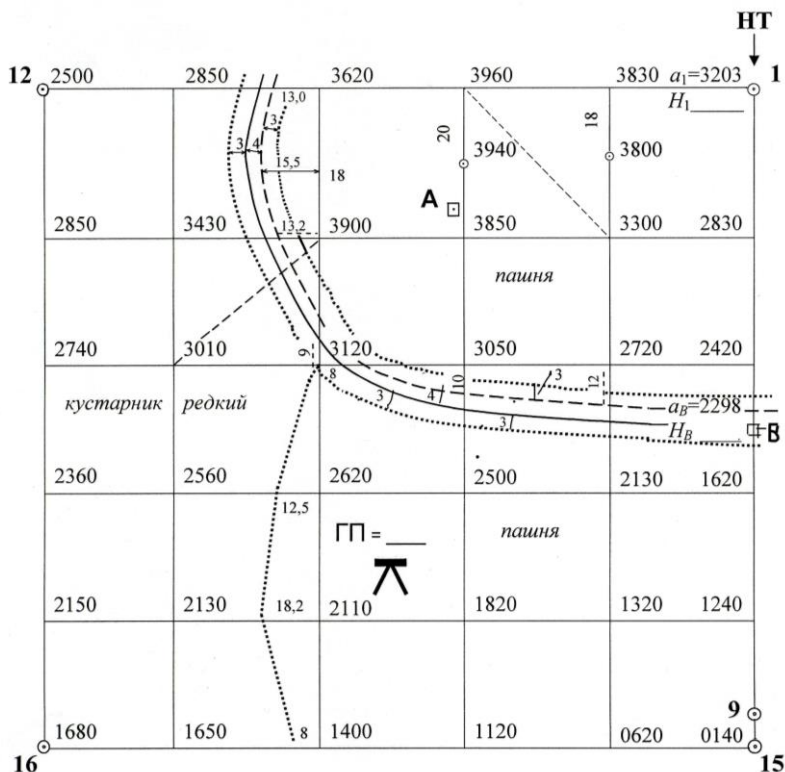


Рисунок 4.1 – Журнал-схема нивелирования по квадратам

4.1.5. Запишите в ваш журнал-схему под отсчетами a_i (под соответствующей линией сетки) отметки H_i вершин квадратов, выраженные в метрах и округленные до 0,01 м. Вычислять значения H_i

следует по правилу «постоянное значение горизонта прибора минус данный отсчет a_i по рейке, выраженный в м»:

$$H_i = \text{ГП} - a_i. \quad (5)$$

П р и м е р. При $H_1 = 212,11$ м; $H_B = 213,00$ м; $a_1 = 3203$ мм; $a_B = 2298$ мм находим $\text{ГП}' = 212,11 + 3,203 = 215,313$ м; $\text{ГП}'' = 213,00 + 2,298 = 215,298$, при этом допустимо расхождение $\text{ГП}' - \text{ГП}'' = |0,015|$ м $< 0,03$ м, тогда $\text{ГП} = (\text{ГП}' + \text{ГП}'')/2 \approx 215,305 = 215,30$ м.

Для точки тт 12 имеем отсчет $a_i = a_{12} = 2500$ мм = 2,50 м, здесь отметка земли $H_{12} = \text{ГП} - a_{12} = 215,30 - 2,50$ м = 212,80 м, должна быть записана в журнале-схеме ниже линии сетки (несовпадение с ее известной отметкой $H_{12} = 212,82$ м в тахеометрическом ходе составляет 0,02 м и допустимо).

4.3. На составляемый план нанесите контуры ситуации: дорогу, придорожные и другие границы угодий, показанные в журнале-схеме нивелирования по квадратам.

4.4. Вычисленные отметки H_i земли запишите на составляемом плане у вершин квадратов, как правило, ниже и правее соответствующих точек, если нет нанесенных контуров ситуации.

4.5. На плане проведите горизонтали с высотой сечения $h_c = 0,5$ м. Их интерполяцию следует производить при помощи палетки из параллельных линий. Следы горизонталей нужно отмечать на сторонах квадратов между соседними вершинами, а также на двух диагоналях, показанных в журнале-схеме, между другими точками на сторонах сетки с подписанными отметками (см точки 3940 и 3800 в северо-восточном углу журнала-схемы). Горизонтали следует плавно соединить с одноименными горизонталями участка тахеометрической съемки.

4.6. При окончательном вычерчивании тушью топографического плана общего назначения на него *не наносят секу квадратов*, оставляют только точки вершин с подписями отметок земли.

Примечание: сетку квадратов показывают на специальных топографических планах, предназначенных для проектных работ по преобразованию естественного рельефа в искусственный и расчетов объема земляных масс в зонах выемки и насыпи.

СЪЕМКА РЕЛЬЕФА НА УЧАСТКЕ КОНТУРНОЙ (ТЕОДОЛИТНОЙ) СЪЕМКИ

Сущность высотной съемки с использованием контурного плана. Для дополнения контурной части плана изображением рельефа горизонталями на местности проложен ход технического нивелирования пп $A - \text{тг } 1 - \text{тг } 2 - \text{тг } 11 - \text{тг } 7 - \text{тг } 8 - \text{пп } B$. Опираясь на его высотные точки вертикальная съемка участка выполнена относительно горизонтального луча нивелира, как и участка нивелирования по квадратам. Плановое положение высотных точек определяется в поле по копии контурного плана местности. На копии плана записываются отсчеты по рейке. Нивелирная рейка устанавливается сначала для определения горизонта нивелира на ближайшие точки хода с известными отметками, затем на съемочные высотные точки местности, опознаваемые по плану. Отметки последних вычисляются через горизонт прибора.

5.1. На листе бумаги формата А4, или на листе из тетради, вычертите увеличенную форму таблицы 5.1 – Журнал нивелирования пунктов планового съемочного обоснования застроенного участка. Заполните журнал значениями отсчетов из таблицы 5.1.

5.2. Выполните вычислительную обработку журнала нивелирного хода.

5.2.1 В графу 9 журнала внесите отметки H_A и H_B начальной пп A и конечной пп B точек хода, выбранные согласно варианту из таблицы 2.3 отметок исходных пунктов.

5.2.2. Для каждой станции вычислите превышения h' из отсчетов $3'$ и Π' , а также превышение h'' из отсчетов $3''$ и Π'' по черной и красной сторонам задней и передней реек, т.е. $h' = 3' - \Pi'$; $h'' = 3'' - \Pi''$; найдите средние превышения $h_{\text{ср}} = (h' + h'')/2$;

Таблица 5.1 – Журнал нивелирования пунктов планового
 съемочного обоснования застроенного участка
 Нивелир НЗ, рейки нивелирные РНТ-3000

№ ст.	№ точ-ки	Отсчеты по рейкам, мм		Превышения, мм		По-пр. υ, мм	Прев. урavn, h, мм	Отметки, H, м
		задней З	перед. П	H' h''	Средн h _{ср}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ппА	2159 6842						_____
	тт 1		1457 6144					_____
2	тт 1	2038 6721						_____
	тт 2		1631 6312					_____
3	тт 2	2985 7668						_____
	тт11		0804 5491					_____
4	тт11	2465 7178						_____
	тт 7		0890 5573					_____
5	тт 7	1649 6332						_____
	тт 8		2130 6811					_____
6	тт 8	0206 4683						_____
	ппВ		2982 7463					_____

$$\sum Z = \quad \quad \quad \sum П = \quad \quad \quad \sum h_{ср} = \quad \quad \quad \sum h_{теор} = \quad \quad \quad \text{мм}$$

$$(\sum Z - \sum П)/2 =$$

Фактическая невязка превышений $f_h = \sum h_{ср} - \sum h_{теор} = \quad \quad \quad \text{мм}$

Допустимая невязка превышений, $f_{h, доп} = 30\sqrt{L} = \pm \quad \quad \quad \text{мм}$

5.2.3. Произведите контроль выполненных вычислений (называемый постраничным контролем):

1) вычислите $\sum Z$ и $\sum П$ – суммы отсчетов, записанных соответственно в графах 3 и 4 страницы журнала и определите суммарное превышение $\sum h$ по формуле $(\sum Z - \sum П)/2$;

2) найдите $\sum h_{cp}$ – сумму средних превышений на странице;

3) контроль: если соблюдено равенство $(\sum Z - \sum П)/2 = \sum h_{cp}$, то превышения h_i , h'' и h_{cp} вычислены верно.

5.2.4. Вычислите величину фактической невязки средних превышений в мм

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_k - H_n), \quad (6)$$

где $H_k = H_B$ и $H_n = H_A$ – отметки конечной и начальной точек хода, выраженные в мм;

допустимое значение невязки в мм

$$f_{h,доп} = 30\sqrt{L}, \quad (7)$$

где L – длина хода, км; определяется по плану.

5.2.5. Если фактическая невязка f_h по модулю не превышает допустимое значение, то средние превышения исправьте (приближенно уравняйте), чтобы сумма уравненных превышений не содержала невязки, для этого сначала найдите среднее значение поправки в отдельное превышение

$$v_h = -f_h / n, \quad (8)$$

Согласно формуле (8) знак поправки противоположен знаку невязки. Конкретные поправки $v_{h,i}$ округлите до целых мм, но если превышение h_{cp} содержит 0,5 мм, то и в поправку включите 0,5 мм. Проверьте, чтобы сумма поправок равнялась невязке с обратным знаком, т.е. $\sum v_h = -f_h$.

Исправленные (приближенно уравненные) средние превышения

$$h_i = h_{cp,i} + v_{h,i}. \quad (9)$$

5.2.6. Отметки пунктов хода последовательно найдите в метрах по формуле

$$H_{i+1} = H_i + h_i, \quad (10)$$

где h_i – исправленные средние превышения, выраженные в м.

Контроль: в конце вычислений должна получиться исходная отметка конечного пункта $H_k = H_B$.

5.3. Дополните участок теодолитной съемки на плане данными его высотной съемки, т. е. горизонталями и подписями отметок.

5.3.1. 1) С планшета снимите копии северной и южной частей участка теодолитной съемки. 2) Нанесите на копии данные, полученные при высотной съемке по примеру рисунков 5.1 и 5.2: отметки H_B, H_2, H_7, H_8 (в м) исходных пунктов пп B , тт 2, тт 7 и тт 8, рассчитанные в вашем журнале нивелирования (таблица 5.1). Нанесите также на ваши копии плана точки высотной съемки и для них подпишите значения отсчетов a_i (в мм) по нивелирной рейке, полученные горизонтальным лучом нивелира и записанные на рисунках 5.1 и 5.2.

Примечание 1: допускается составление единой копии плана участка теодолитной съемки, но составитель должен нанести на нее данные нивелирования поверхности с трех станций, проведя соответствующие границы вертикальной съемки.

Примечание 2: на планшет границы между станциями не наносят.

5.3.2. Дальнейшие вычисления заключаются в определении для каждой из трех станций горизонта прибора ГП1, ГП2 и ГП3 и вычислении отметок земли в метрах относительно соответствующего горизонта прибора. Такие вычисления рассмотрены в пунктах 4.1.4 и 4.1.5 и поясняются формулами на рисунках 5.1 и 5.2.

5.3.3. Пользуясь оформленными абрисами 1 и 2 вертикальной съемки нанесите на планшет высотные точки и подпишите их отметки карандашом, затем проведите карандашом горизонтали с высотой сечения рельефа 0,5 м, для этого используйте палетку из параллельных линий [2, § 6.14].

5.4. Начертание условных топографических знаков определено ныне действующим документом [5] и фрагментарно таблицей 2.5, которыми должны руководствоваться студенты.

Примечание: при компьютерном составлении картографических чертежей применяются условные топографические знаки, адаптированные к возможностям ЭВМ, Такие условные знаки находящиеся в настоящее время в апробации до их утверждения.

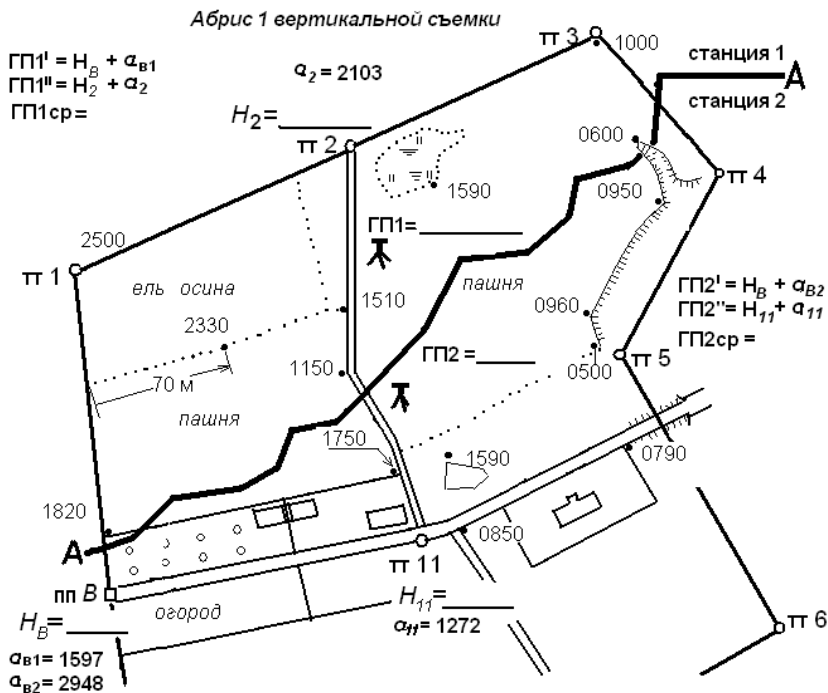


Рисунок 5.1 – Абрис 1 нивелирования поверхности с использованием плана северной части участка теодолитной съемки; AA – граница вертикальной съемки между станциями 1 и 2

Абрис 2 вертикальной съемки

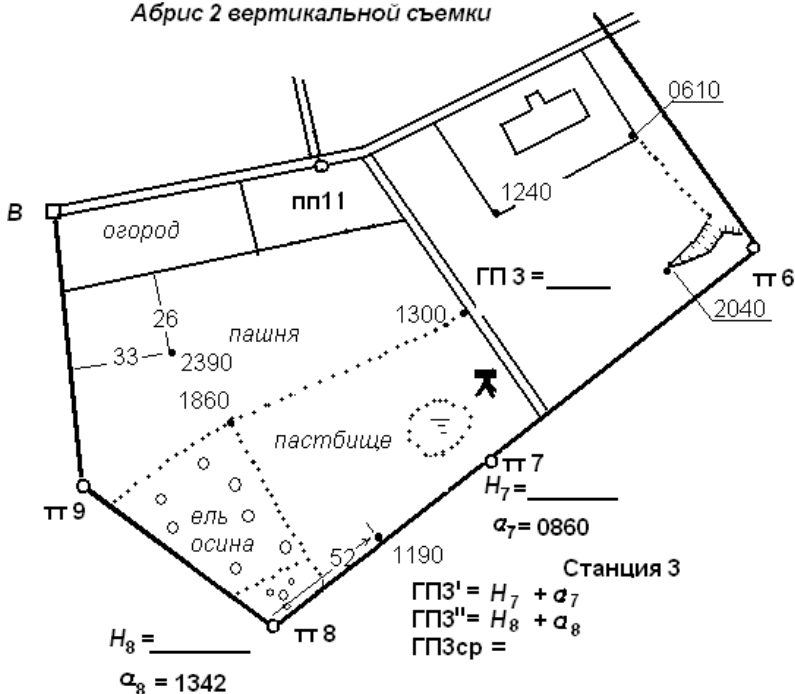


Рисунок 5.2 – Абрис 2 нивелирования поверхности с использованием плана южной части участка теодолитной съемки

5.4.1. При нанесении и вычерчивании горизонталей соблюдайте следующие требования, которые поясняются рисунком 5.3: 1) горизонтали прерываются при пересечении контуров зданий и дорожной насыпи (знаки 14 и 84), на планшете горизонтали не пересекают контуры водохранилища и заболоченных участков; 2) горизонтали проводятся по изображению асфальтированных площадок, поскольку их поверхность на местности практически совпадает с поверхностью земли; 3) горизонтали должны иметь плавные очертания и местами дополнены короткими бергштрихами – указателями направления понижения рельефа (знак 329 -3); 4) подписи отметок (высот) горизонталей ставятся в их разрывах, причем основание цифр направляется в сторону понижения рельефа, т.е подписи гори-

горизонталей должны соответственно наклоняться относительно рамки плана; 5) количество бергштрихов и подписей отметок горизонталей принимается по 2–4 шт на 4 кв. дм плана; 6) при вычерчивании плана тушью горизонтали и цифры их высоты показываются светло-коричневым цветом; при высоте сечения рельефа 0,5 м каждая четная по высоте горизонталь утолщается (см. таблицу 2.5, знак 329 -1); 7) цифры отметок земли наносятся черной тушью, при этом оставляют отметки отдельных точек, уточняющих высотное положение строительных объектов на уровне земли и поверхности земли на пашне (например, подписываются отметки речных точек 14, 16, 19, 21, 23, 13, 17, 1, 26, 11, 4, 29, 10). 8) номера речных точек не наносятся.

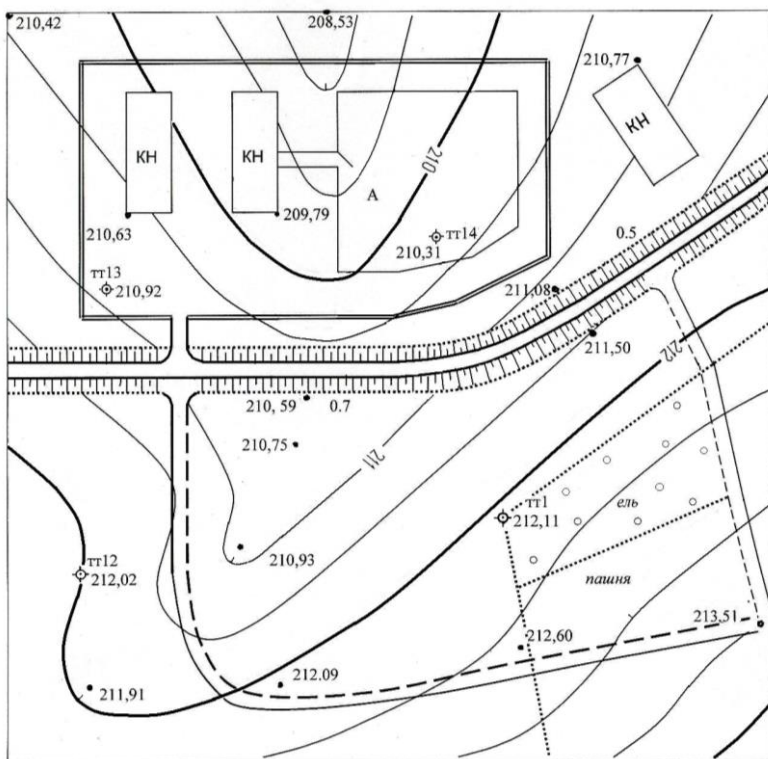


Рисунок 5.3 – Пример изображения рельефа посредством горизонталей и подписей отметок высотных точек

5.4.2. В восточной части участка горизонтали следует проводить до линии тт3–тт4, не далее: линии обрыва, до линии обрыв–тт5, линии тт5–ограда–овраг–тт6.

5.5. Завершите составление общего плана, вычертив его тушью, соблюдая начертания действующих условных топографических знаков [5]. При вычерчивании тушью результатов высотной съемки сохраняются значения отметок для характерных точек рельефа и ситуации в количестве 2 – 4 отметки на 1 кв дм плана на участках тахеометрической и теодолитной съемки. На участке нивелирования по квадратам подпишите отметки всех вершин квадратов, нанесите ситуацию, но не вычерчивайте сетку квадратов за исключением ее граничных сторон.

Задание 6

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ МЕНЗУЛЬНОЙ СЪЕМКИ

Вводные сведения

Область применения. В настоящее время мензульная съемка может использоваться для картографирования небольших участков местности в крупных масштабах 1 : 500 – 1 : 5000.

Сущность. Мензульная съемка – это топографическая съемка, в процессе которой план участка местности создается непосредственно в поле, при этом достоверность плана определяется прямым сравнением его содержания с ситуацией и рельефом местности (рисунки 6.1). При мензульной съемке лист чертежной бумаги с нанесенной на него координатной сеткой (основа плана) укрепляют на листе из дюралюминия или жесткой фанеры – получают планшет, а планшет накладывают на доску переносного столика, именуемого мензулой (*mensula* – столик – итал.). Наблюдения речных точек выполняются при помощи специального прибора – кипрегеля, поставленного на планшет своим основанием-линейкой.

На основу плана предварительно наносят по координатам пункты съемочного обоснования (например, точки *a* и *b* – изображения пунктов *A* и *B* съемочного обоснования). Для съемки местности планшет центрируют точкой *a* над пунктом *A*, горизонтируют и ориентируют в постоянное положение с помощью кипрегеля так, чтобы линия *ab* на планшете была параллельна горизонтальному проложению линии *AB* на местности.

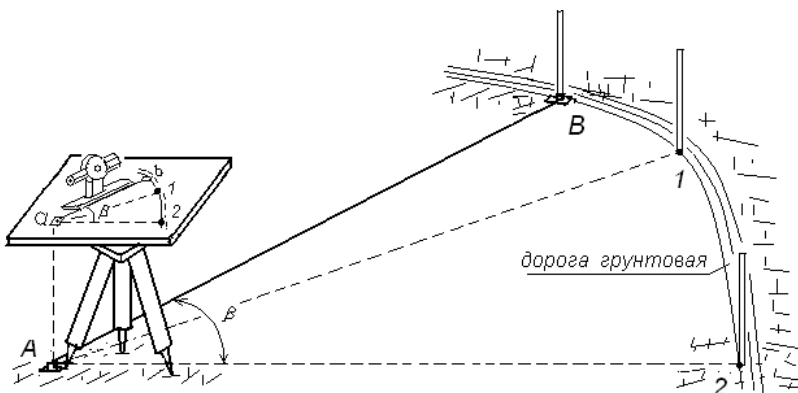


Рисунок 6.1 – Сущность мензуральной съемки:
A, B – пункты съемочного обоснования; *1, 2* – реечные точки

При съемке (см. рисунок 6.1) линейку кипрегеля прикладывают к точке *a* и поворотом кипрегеля вокруг точки *a* зрительную трубу наводят на рейку в точке *1*, определяют горизонтальное расстояние S_{A1} и превышение h_{A1} . В нашем примере точка *1* нанесена на план вдоль линейки кипрегеля в масштабе выполняемой съемки на расстоянии $S_{п1} = S_{A1} / M$, где M – знаменатель масштаба съемки. Аналогично получено положение на плане точки *2*. Через точки *b*, *1* и *2* проведено изображение края дороги, сверенное с натурой. Противоположный край дороги нанесен по ее ширине.

Вычислив отметки точек, подписывают их на плане, наносят горизонтали, сверяясь с местностью.

Определения превышений и отметок реечных точек при мензуральной съемке производят так же, как при тахеометрической съемке:

- тригонометрическим нивелированием (см. п. 2.4);
- геометрическим нивелированием (горизонтальным лучом кипрегеля так же, как и теодолита – см. п. 2.5)

Мензуральная съемка на каждой станции выполняется полярным способом, при этом направление полярной оси задается направлением, по которому ориентирован планшет.

Если прочертить на плане прямые линии AB и $A2$, то получим горизонтальный угол $\beta = \angle ba2$, равный горизонтальному углу $\angle BA2$ на местности. Соответственно мензуральную съемку иногда называют углоначертательной.

6.1. Изучите устройство и проверки мензульного комплекта

6.1.1. Изучите состав мензульного комплекта.

На рисунке 6.2 показаны: мензула, кипрегель, ориентир-буссоль, центрировочная вилка; не показаны: дальномерные рейки и полевой зонт. Поместите в отчет изображение комплекта и кратко опишите назначение каждого названного устройства. Для отчета рекомендуется использовать собственные фотографии мензульного комплекта или рисунки из литературных источников, например [2, § 7.1].

6.1.2. Изучите устройство мензулы по натурному образцу, оформите описание мензулы в своем отчете.

Мензула (см. рисунок 6.2) состоит из мензульной доски, подставки и штатива. Штатив обычно деревянный, укороченный, с нераздвижными ножками, но можно использовать и обычный штатив для теодолита. Металлическая или деревянная подставка имеет подъемные винты, а также закрепительный и наводящий винты для вращения планшета вокруг оси подставки.

Мензульная доска размером $60 \times 60 \times 3$ см снабжена гнездами с резьбой для скрепления с подставкой. К доске шурупами или струбцинами прикрепляют планшет или же на нее наклеивают чертежную бумагу высокого качества без жесткой основы.

Для защиты от загрязнений подготовленную основу плана накрывают листом бумаги, именуемым «рубашкой», прикрепляя его края к нижней плоскости доски планшета. По мере производства съемки в «рубашке» вырезают «окошки» нужных размеров, а уже заснятые части плана защищают тонкими листами бумаги.

От солнечной радиации и дождя планшет и исполнителя съемки защищают топографическим зонтом.

6.1.3. Пользуясь литературными источниками [2, § 7.2] и собственными результатами изучения мензулы, дайте описание сущности необходимых ее проверок:

1. Мензула не должна иметь люфтов в винтах, наконечниках ножек штатива и в других местах.
2. Мензула в сборе (на штативе) должна быть устойчива.
3. Верхняя поверхность планшета должна быть плоской.
4. Плоскость планшета должна быть перпендикулярна оси вращения подставки

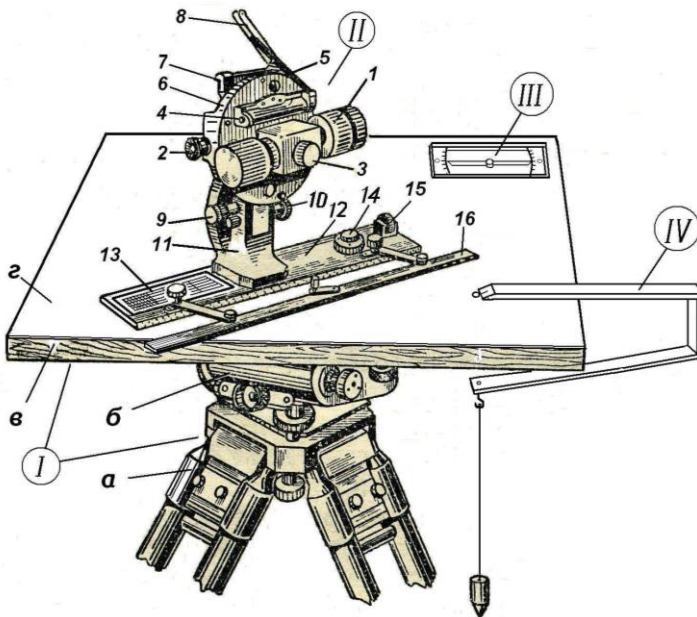


Рисунок 6.2 – Мензульный комплект:

- I* – мензула (*a* – штатив; *б* – подставка; *в* – доска; *г* – планшет); *II* – кипрегель (1 – зрительная труба; 2 – окуляр зрительной трубы; 3 – кремальера; 4 – цилиндрический уровень при зрительной трубе; 5 – зеркало; 6 – кожух вертикального круга; 7 – цилиндрический уровень вертикального круга; 8 – зеркало уровня; 9 – наводящий винт трубы; 10 – наводящий винт вертикального круга; 11 – колонка; 12 – основная линейка-основание кипрегеля; 13 – линейка с поперечным масштабом; 14 – круглый уровень; 15 – ролик для поворотов кипрегеля по азимуту; 16 – подвижная линейка); *III* – ориентир-буссоль; *IV* – центрировочная вилка с нитяным отвесом

6.1.4. Опишите назначение и устройство центрировочной вилки (см. [2, § 7.2]).

6.1.5. Раскройте назначение и устройство мензульной буссоли, опишите ее необходимые поверки (см. [2, § 7.2]).

6.1.6. Дайте общее описание конструкций кипрегеля (см. рисунок 6.2 и [2, § 7.1]). Отметьте следующие особенности конструкции кипрегеля (см. рисунок 6.2): 1) линейка служит снованием прибора, ее скошенный край лежит в одной вертикальной плоскости с визирной осью зрительной трубы и, когда зрительную трубу наводят на

предмет, скошенный край линейки на планшете направляется на тот же предмет в горизонтальном проложении; 2) зрительная труба может вращаться вокруг горизонтальной оси и, в зависимости от устройства визирной сетки, служит для измерения углов наклона, расстояний и превышений. На линейке кипрегеля старых моделей имеются цилиндрический уровень и накладной поперечный масштаб. Линейка-основание кипрегеля более поздних моделей снабжена дополнительной параллельной ей раздвижной линейкой.

6.1.7. Пользуясь литературными источниками, изложите общие технические сведения о различных модификациях прибора (кипрегели с обычным нитяным дальномером, кипрегели частично автоматизированные – так называемые кипрегели-автоматы). Опишите визирную сетку кипрегелей-автоматов (см. [2, § 8.2, рисунок 8.2]) и ее использование при определении горизонтальных расстояний и превышений.

Оформите результаты работы в своем отчете.

6.1.8. Дайте краткое описание содержания необходимых проверок кипрегеля (см. [2, § 7.3]).

1. Нижняя поверхность линейки должна быть плоской, а ее скошенное ребро – прямой линией.

2. Ось цилиндрического уровня на линейке должна быть параллельна нижней плоскости линейки.

3. Визирная линия трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы (проверка коллимационной ошибки).

4. Ось вращения трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки.

5. Вертикальная нить сетки нитей должна совпадать с коллимационной плоскостью кипрегеля, т.е. занимать вертикальное положение.

6. Место нуля вертикального круга должно быть малым по величине (желательно $0^{\circ} 00'$) и постоянным.

7. Фактическое значение коэффициента нитяного дальмера должно быть определено.

6.2. Усвойте требования к точности центрирования и ориентирования планшета и кипрегеля

6.2.1. Усвойте необходимую точность центрирования мензульного планшета над пунктом съемочного обоснования (см. [2, § 7.4]).

При ориентировании планшета на станции A по стороне AB съёмочного обоснования (рисунок 6.3, a) скошенный край линейки кипрегеля совмещают с точками a и b плана, затем планшет ориентируют – вращают до наведения зрительной трубы на пункт B . Но погрешность e центрирования точки a над пунктом A (см. рисунок 6.3, a) приводит к погрешности ориентирования планшета на угол δ , допустимое значение которого $\delta_{\text{доп}} = 2'$.

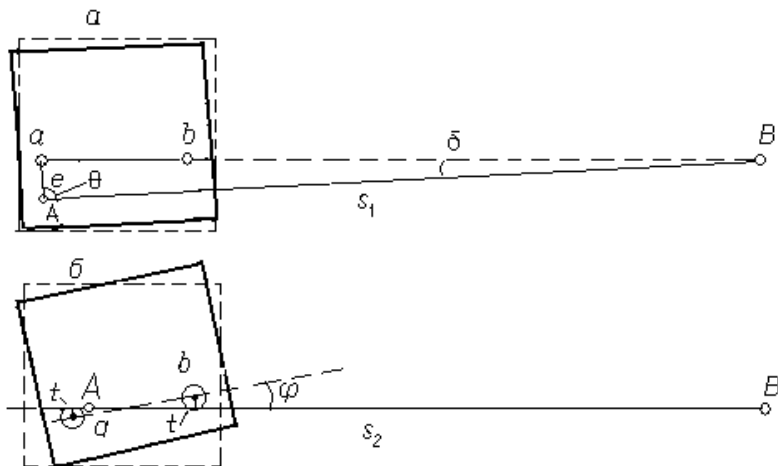


Рисунок 6.3 – Погрешности ориентирования планшета:

a – за счет погрешности центрирования точки a над пунктом A ;

b – вследствие неточности прикладывания линейки кипрегеля к точкам a и b

Учитывая практически круговое распределение возможных направлений на другие опорные пункты, а также на съёмочные пикеты, допустимая погрешность центрирования $e_{\text{доп}}$ должна рассчитываться при значении угла $\Theta = 90^\circ$, тогда

$$e_{\text{доп}} = s_1 \operatorname{tg} (\delta_{\text{доп}}) = s_1 \delta_{\text{доп}} / \rho', \quad (11)$$

где $\rho' = 3438$ – число минут в радиане.

Например при $s_1 = 100$ м; $\delta_{\text{доп}} = 2'$ находим $e_{\text{доп}} = 0,06$ м.

6.2.2. Усвойте условие достижения необходимой точности ориентирования кипрегеля относительно опорных точек на планшете. Для ориентирования скошенное ребро линейки кипрегеля совмещается с центрами точек a и b , изображающих на плане пункты A и B съемочного обоснования. Возможны различные случаи погрешностей рассматриваемого совмещения. Наихудший из них приведен на рисунке 6.3, б, здесь ребро линейки смещено на величину $t \approx 0,1$ мм в противоположные стороны от точек a и b , а угол φ погрешности ориентирования в радианах $\varphi^p = 2t / ab$, в угловых минутах $\varphi = 2t\rho' / ab$, откуда минимальная длина отрезка ab рассчитывается по формуле

$$(ab)_{min} = 2t\rho' / \varphi_{доп} \quad (12)$$

При $\varphi_{доп} = 2'$, смещениях $t = 0,1$ мм = 0,01 см; $\rho' = 3438'$ определяем $(ab)_{min} = 34$ см – минимальное расстояние между опорными точками на планшете.

Для повышения точности ориентирования по точкам a и b рассматривают положение точек a' и b' , лежащих на продолжение этой линии на краях планшета, т.е. увеличивают длину линии ab , как показано на рисунке 7.14, б учебника [2].

6.3. Опишите способы измерения превышений при мензульной съемке

В процессе работы с кипрегелем превышения определяют тригонометрическим и геометрическим нивелированием.

6.3.1. Напишите формулы тригонометрического нивелирования применительно к мензульной съемке согласно [2, § 7.5].

6.3.2. Опишите методику измерения углов наклона номограммным кипрегелем КН согласно [2, § 7.6].

6.3.3. Опишите методику определения отметок съемочных пикетов горизонтальным лучом кипрегеля.

Использование кипрегеля как нивелира требует, чтобы ось уровня при трубе была параллельна визирной линии трубы. Это условие проверяется двойным нивелированием (из середины и вперед – см поверку главного условия нивелира). Если величина отклонения окажется больше 1 см, то уровень при трубе смещают в нуль-пункт его исправительными винтами при горизонтальном положении визирной линии зрительной трубы.

6.4. Опишите графические способы развития съемочного обоснования при мензульной съемке.

В настоящее время съемочное обоснование для мензульной съемки создается как правило теодолитно-нивелирными ходами, так же как и для съемки тахеометрической. Пункты съемочного обоснования наносят на план по их координатам. Если возникает необходимость создать дополнительные пункты съемочного обоснования, то в открытой местности их можно нанести на план графическими способами – мензульными засечками: прямой, комбинированной и обратной. Углы между пересекающимися линиями не должны быть меньше 40° и больше 140° .

6.4.1. *Прямая мензульная засечка.* Пусть на планшет нанесены точки a и b – изображения пунктов A и B съемочного обоснования (рисунок 6.4, a). Требуется найти точку c на планшете, которая соответствует дополнительному пункту C , обозначенному на местности вехой и колышком.

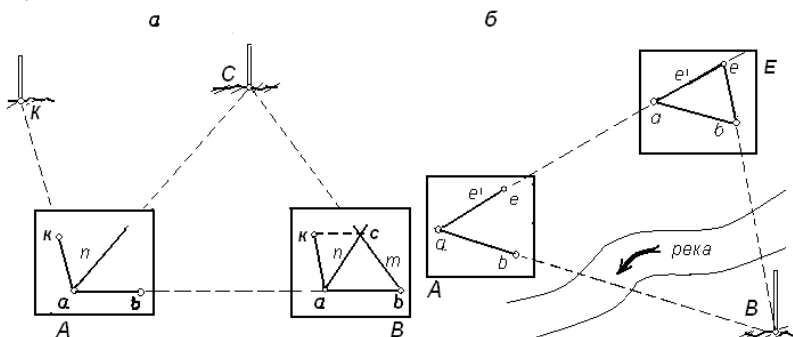


Рисунок 6.4 – Мензульные засечки: a – прямая; b – комбинированная

Для решения засечки мензулу центрируют точкой a над пунктом A , горизонтируют и при помощи кипрегеля ориентируют по линии $ab \parallel AB$. Затем, совместив скошенный край линейки кипрегеля с точкой a , визируют зрительной трубой прибора на пункт C , прочерчивают направление $ac = n$. После этого мензулу центрируют точкой b над пунктом B , ориентируют по линии $ba \parallel BA$ и прочерчивают направление $(bc \parallel BC) = m$. В пересечении направлений n и

m должна находиться определяемая точка c . Для проверки надежности засечки необходимо прочертить направление kc на искомую точку с третьей станции K , сориентировав планшет по направлению $ka \parallel KA$. Три направления должны пересечься в одной точке, но может возникнуть треугольник погрешностей. Если его стороны превышают 0,2 мм, то необходимо проверить точность нанесения на планшет точек a , b и k ; проверить точность центрирования и ориентирования планшета, затем повторить засечки.

6.4.2. *Комбинированная (боковая) мензульная засечка.* Если между пунктами съемочного обоснования A и B имеется препятствие (рисунок 6.4, б), то положение на плане точки e (изображения дополнительного пункта E) можно определить комбинированной засечкой. Мензулу устанавливают в рабочее положение над пунктом A , ориентируют по направлению $ab \parallel AB$, затем, визируя на пункт E , прочерчивают направление $ae = e'$. Затем мензулу устанавливают над точкой E местности, центрируют над линией ae в точке, приблизительно находящейся в искомом месте, ориентируют планшет по направлению $ea \parallel EA$. Приложив скошенный край линейки кипрегеля к точке b , визируют на пункт B и прочерчивают направление be . В пересечении прямых ae и be получают искомую точку e , но ее положение необходимо проверить по четвертой опорной точке, как и в случае прямой засечки.

6.4.3. *Обратная мензульная засечка (задача Потенота).* Задача решается несколькими графическими и аналитическими способами, но она не имеет решения, если исходные пункты A , B и C лежат на одной прямой или определяемый пункт M находится на окружности, проходящей через исходные пункты. Наиболее простое графическое решение задачи следующее. Над определяемым пунктом M устанавливают мензулу и, не производя ее ориентирования, прикрепляют к планшету лист восковки или прозрачного пластика. В середине листа произвольно отмечают точку m' (рисунок 6.5, а). Вдоль скошенного края линейки кипрегеля через точку m' прочерчивают направления на пункты A , B и C . Затем лист открепляют и перемещают по плану в положение, при котором прочерченные направления совпадают с точками a , b и c – изображениями на планшете исходных пунктов (рисунок 6.5, б). Точка m' перекальвается на планшет в искомое положение m , отвечающее месту пункта M на местности.

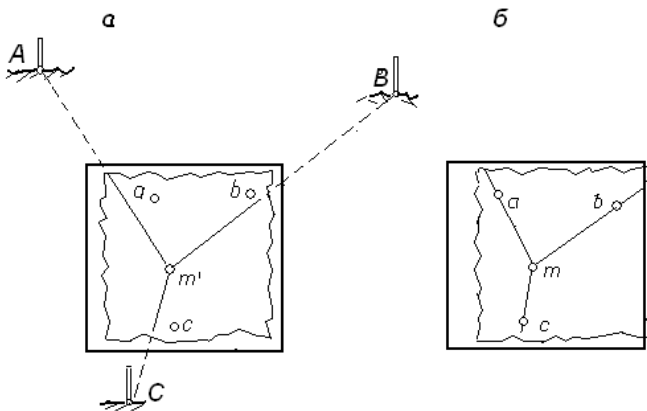


Рисунок 6.5 – Обратная мензурная засечка

6.4.4. Опишите решение обратной мензуральной засечки способом приближений [2, § 7.9].

6.4.5. Изложите решение задачи Потенота поворотами мензулы.

6.4.6. Кратко изложите понятие о назначении развитии геометрической сети на участке мензуральной съемки [2, § 7.10].

6.4.7. Кратко опишите развитие съемочного обоснования мензурными ходами согласно [2, § 7.11].

6.4.8. Кратко изложите способы определения отметок мензурных станций, полученных графическими засечками, мензурными ходами, развитием геометрической сети на основе применения технического и тригонометрического нивелирования.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. С какой целью и какие виды съемочного обоснования создаются на участках наземных топографических съемок? 2. Как должен быть подготовлен теодолит для производства тахеометрической съемки? 3. Опишите методику тахеометрической съемки при помощи теодолита и укажите, какие отсчеты берут при наблюдении речной точки; как периодически проверяют устойчивость теодолита? 4. По каким формулам вычисляются углы наклона при работе с теодолитом Т30, теодолитом 2Т30П?. 5. При тахеометрической съемке получены отсчеты по рейке (теодолит 2Т30П): $L = +2^{\circ} 54'$;

$\Pi = -2^{\circ} 50'$; $D = 155,66$ м. Вычислить превышение h и горизонтальное проложение s , если $i = 1,30$ м; $v = 3,00$ м. (ответ $h = +6,09$ м; $s = 155,27$ м). 6. При тахеометрической съемке применено геометрическое нивелирование: отсчет по рейке на пикете $v = 2,54$ м; высота прибора $i = 1,35$ м; отметка станции $H_{ст} = 203,88$ м. Вычислить отметку речной точки (ответ $H_{рт} = 202,69$ м). 7. Какие величины необходимо измерить для расчета плановых и высотных координат вершин теодолитно-тахеометрического хода? 8. Как рассчитываются средние значения превышений теодолитно-тахеометрического хода, какова их допустимая невязка, как они уравниваются, как вычисляются отметки вершин хода? 9. В какой последовательности составляется план по данным тахеометрической съемки и каковы требования к начертанию горизонталей на топографическом плане? 10. Каково содержание топографической съемки, именуемой «нивелирование по квадратам»? Каково назначение сетки квадратов при съемке ситуации и рельефа? 11. Как производится плановая и высотная геодезические привязки сетки квадратов? 12. Как при нивелировании поверхности вычисляются отметки опорных высотных точек и отметки точек земли? 13. В каких случаях на плане сохраняют сетку квадратов? 14. Опишите эффективность производства тахеометрической съемки электронным тахеометром, учитывая технологические преимущества этого прибора. 15. Как выполняется высотная съемка территории при наличии ее контурного плана? 16. Опишите сущность мензульной съемки и вид основного планово-высотного съемочного обоснования. 17. Перечислите состав мензульного комплекта. Каковы основные проверки мензулы и кипрегеля? 18. С какой точностью необходимо центрировать и ориентировать мензульный планшет на станции? 19. Какими графическими способами можно получить дополнительные опорные точки для мензульной съемки? 20. Какими способами можно определить отметку дополнительной опорной точки (дополнительной мензульной станции)?

ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по геодезии / под ред. В.В. Бакановой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983.
2. Маслов, А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: Недра, 2006.
3. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Минск: Вышэйшая школа, 2011.
4. Теодолитная съемка. Методические указания к расчетно-графической работе / М.С. Нестеренок, А.Ю. Будо – Минск: БНТУ, 2011.
5. Условные топографические знаки для масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. – М.: Недра, 1980.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Титульный лист отчета заполняется по всей его высоте

ОТЧЕТ

по расчетно-графической работе

Наземные топографические съемки

Вариант № __

Исполнитель: студент 1 курса, гр. № _____

ФИО, личная подпись

Оценка _____

Должность, ФИО преподавателя

« » _____ 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Учебные задания	5
Задание 1. Изучение планово-высотного обоснования топографических съемок	5
Задание 2. Составление топографического плана по полевым данным тахеометрической съемки ...	7
Задание 3. Изучение общих сведений о тахеометричес- кой съемке электронным тахеометром	21
Задание 4. Составление плана участка по данным нивелирования поверхности по квадратам	22
Задание 5. Съемка рельефа на участке контурной (теодолитной) съемки	26
Задание 6. Изучение основ мензульной съемки	33
Вопросы и задания для самопроверки	42
Литература	44
Приложение	45