МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт Горного дела и строительства
Кафедра Геоинженерии и кадастра

Утверждено на заседании кафедры
«Геоинженерии и кадастра»
«26» января 2022г., протокол № 1

Заведующий кафедрой
_____ И.А. Басова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УЧЕБНОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

(Учебная - геодезическая)

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры

с направленностью (профилем)
Кадастр недвижимости

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: **210302-01-22**

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Басова И.А., профессор, д.т.н. _____
(подпись)

Король В.В., доцент, к.т.н. _____
(подпись)

Устинова Е.А., доцент, к.т.н. _____
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения…….....	6
1.1 Правила обращения с инструментами…….....	7
1.2 Подготовительные работы…….	8
2 Создание рабочего обоснования съёмок……..	9
2.1 Показатели рабочего обоснования топографической съемки…	9
2.2 Рекогносцировка участка съёмки и закрепление точек съёмочного обоснования……..	10
2.3 Измерение углов…….	11
2.4 Измерение линий……...…….	14
2.5 Оценка точности работ по разностям двойных измерений..…..	15
2.6 Вычисление координат точек теодолитного хода……...	16
2.7 Геометрическое нивелирование точек теодолитного хода……..	20
3 Топографическая съемка в масштабах 1:500 и 1:1000……	23
3.1 Горизонтальная съемка застроенных территорий…….	23
3.2 Вертикальная съемка застроенных территорий……..…...	26
3.3 Мензульная топографическая съемка…….…	27
3.4 Тахеометрическая съемка…….……...	31
3.5 Нивелирование по квадратам……..	
3.6 Полевой контроль и оформление плана топографической съемки	
3.7 Перечень документов, подлежащих сдаче при топографической съемке……..…	
3.8 Поверки инструментов…….…...	
4 Геодезические разбивочные работы……..…...	
4.1 Общие сведения……..……..…	
4.2 Оси зданий и сооружений. разбивочные чертежи……...	
4.3 Способы разбивки главных и основных осей сооружений…..	
4.4 Элементы разбивочных работ…….…59	
4.4.1 Вынос в натуру горизонтального угла…….…..59	
4.4.2 Вынос в натуру проектной длины линии……...60	
4.4.3 Вынос в натуру точки с заданной отметкой…….…60	
4.4.4 Передача отметки на дно котлована или траншеи и на верхние этажи зданий…….…..61	
4.4.5 Вынос в натуру линии заданного уклона…….…...62	
5 Геодезические работы при вертикальной планировке……..…63	
5.1 Проектирование горизонтальной площадки…….…63	
5.2 Разбивка горизонтальной площадки и вынос в натуру линии нулевых работ……....64	
5.3 Проектирование наклонной площадки……65	
5.4 Разбивка наклонной площадки и вынос в натуру линии нулевых работ……67	
6 Исполнительные съёмки…….…67	
6.1 Исполнительные съёмки сооружений……...67	
6.2 Поверка вертикальности ряда колонн……..….68	

6.3 Определение высоты неприступного сооружения……..70
6.4 Наблюдения за креном сооружений……..71
7 Определение объёма земляных работ……...72
7.1 Содержание задания……....73
7.2 Обратная геодезическая задача…….…79
7.3 Подготовка разбивочного чертежа……80
8 Цель и задачи работы…….....81
9 Общие теоретические сведения…….…81
10 Порядок выполнения работы……..….83
10.1 Рисовка горизонталей……..…….84
11 Отчетные документы……..…..85
12 Полевое трассирование (рекогносцировка)……..…..86
12.1 Проложение теодолитного хода……..86
12.2 Камеральная обработка теодолитного хода……..……..87
12.3 Нивелирование трассы……..……91
13 Тахеометрическая съемка……..…..95
14 Инженерно-геодезические задачи……..…96
14.1 Передача отметки на дно траншеи или котлована……..…96
14.2. Детальная разбивка - круговых кривы……96
14.3 Вынос в натуру точки с заданной отметкой……98
14.4 Построение на местности линии заданного уклона……99
14.5 Определение высоты сооружен……..…100
15 Оси зданий и сооружений……..…101
16 Типовые задачи, решаемые в процессе проектирования……101
16.1 Графическое определение координат точек на плане……..…101
16.2 Решение прямой геодезической задачи……...…..102
16.3 Решение обратной геодезической задачи……..103
17 Подготовка данных для разбивки осей зданий малой этажности…….…103
18 Подготовка данных и вынос в натуру основных осей зданий и сооружений повышенной этажности……..…104
18.1 Графо-аналитическая подготовка данных для разбивки основных осей……104
18.1.1 Расчёт координат точек пересечения основных осей здания……...……104
18.1.2. Расчет разбивочных элементов переноса в натуру осей здания….....…108
18.1.3. Составление разбивочного чертежа……..110
18.2 Разбивка (вынос в натуру) основных осей зданий……..…111
18.3. Закрепление осей…….…..…112
18.4. Составление разбивочного чертежа……..…112
18.5 Составление схемы благоустройств……..112
18.6. Документация, предоставляемая по завершении работ……..113
19 Исследование и поверки теодолита……..……114

19.1 Измерение горизонтальных и вертикальных углов……..…114 19.2 Исследование теодолита……..…117 19.3. Поверки и юстировка теодолита……...…118 19.4 Измерение горизонтального угла. Подготовка к измерениям……...…122 19.5. Измерение вертикальных углов…….……123 19.6. Измерение расстояний. Работа с нитяным дальномером...…125 19 Исследование и поверки нивелира……128 20.1. Поверки и юстировка нивелира……..…129 20.2 Измерение превышений……..131 21 Поверки и исследования мензулы и кипрегеля……134 21.1 Поверки мензулы…….138 21.2. Поверки и юстировки кипрегеля……..…139 21.3. Установка мензулы на станции…….141 22 Технические требования к выбору и проектированию трассы газопровода……142 23 Проектирование линий сооружений …….154	

1 Общие положения

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков - важнейший этап подготовки студентов направления *21.03.02* «Землеустройство и кадастры».

Во время практики студент должен научиться:

-правильно обращаться с геодезическими инструментами, выполнять их поверки и делать измерения углов, расстояний и превышений;

- самостоятельно выполнять полевые геодезические работы по съемкам и нивелировкам и решать инженерно-геодезические задачи; -выполнять камеральные расчетно-графические работы по составлению планов и профилей.

Учебно-геодезическая практика проводится в г. Туле или в Алексинском районе Тульской области.

Методическое руководство практикой, выдача заданий и приемка работ осуществляется преподавателями кафедры Геоинженерии и кадастра.

Учебно-производственной единицей на практике является бригада в составе 5-6 человек, возглавляемая бригадиром.

В обязанности бригадира входит:

-получение инструментов и ведений на бригаду;

-распределение работы среди членов бригады так, чтобы каждый из них принимал участие во всех видах и этапах работы;

-контроль над дисциплиной в бригаде;

-сбережение инструментов, материалов и заданий, выданных бригаде;

Примечание: За порчу и утерю государственного имущества выданного бригаде, материальную ответственность несет виновный, а если он не обнаружен, то вся бригада.

1.1 Правила обращения с инструментами

Геодезические инструменты и принадлежности бригадиры получают под расписку из лаборатории кафедры и закрепляют их за отдельными членами бригада.

Полученные инструменты должны быть тщательно осмотрены и в случае обнаружения неисправности бригадир обязан сразу об этом лаборанту, выдавшему инструмент.

Категорически запрещается студентам разбирать инструменты и производить исправления, кроме тех, которые нужно делать при их поверках.

Геодезические инструменты хранятся и переносятся в ящиках.

К инструменту нельзя допускать посторонних лиц и не следует оставлять его без присмотра.

Особое внимание необходимо обратить на надежное крепление инструмента к штативу становым винтом.

Закрепительные винты всех инструментов должны зажиматься свободно.

С исправительными винтами следует обращаться осторожно, не применяя при их вращении излишних усилий.

Особое внимание нужно обратить на своевременную чистку инструментов и реек посла работы в ненастную погоду.

В жаркую погоду или дождь инструменты в рабочем положении должны быть защищены зонтом. Запрещается пользоваться зонтом при сильном ветре.

При работе с мерной лентой или рулеткой нельзя допускать образования петель при ее развертывании, нельзя оставлять ленту в развернутом виде без присмотра на проезжей части дороги.

При пользовании вешками и рейками нельзя их бросать на землю; нельзя также применять их для переноски инструментов.

В случае поломки или утеря инструмента бригадир составляет акт, который передается лаборанту, принимающему инструменты.

1.3. Подготовительные работы

После получения инструмента бригада выполняет поверки теодолита и нивелира, компарирование мерной ленты и выполняет пробные измерения.

Результаты поверок заносят в специальный журнал. По результатам поверок делается заключение о пригодности инструментов к работам.

Во время тренировочных измерений студенты обучаются правильному выполнению предстоящих геодезических работ и ведению записей в полевом журнале.

2. Создание рабочего обоснования съёмок

2.1 Показатели рабочего обоснования топографической съемки

Перед началом детальных съемочных работ на местности должно быть создано рабочее обоснование в виде системы опорных пунктов, положение которых определяется в принятой системе координат и высот.

Положение пунктов съемочного обоснования определяется относительно точек главной геодезической основы проложением теодолитно-нивелирных или тахеометрических ходов, а в сильно пересеченной местности - прямыми, обратными и комбинированными засечками, показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2 Показатели рабочего обоснования топографической съемки

Показатели	Масштаб съемки	
	1:500	1:1000
Минимальное количество пунктов на 1 га съемки	2	1
Предельная длина теодолитного хода в метрах: - на застроенной территории; - на незастроенной территории.	 600 600	 1200 1500
Предельная длина висячих ходов в метрах: - на застроенной территории; - на незастроенной территории	 100 150	 150 200
Длина сторон хода в метрах: - наибольшая длина - наименьшая длина - оптимальная длина	 350 40 80-100	 350 40 200-250
Относительная линейная невязка хода не более	1/2000	1/2000
Угловая невязка хода не более	$1\sqrt{n}$	$1\sqrt{n}$
Допустимая величина углов в треугольниках засечек: - наименьшая величина - наибольшая величина	 30° 150°	 30° 150°

2.2 Рекогносцировка участка съёмки и закрепление точек съёмочного обоснования

Рекогносцировка участка предстоящих работ выполняется с участием руководителя практики. Рекогносцировка заключается в ознакомлении с участком работ с целью определения границ съемки. На рекогносцировке выбирают пункты главной геодезической основы и оценивают возможности использования этих пунктов для привязки теодолитно-нивелирных ходов. По результатам рекогносцировки составляется проект-схема рабочего обоснования съемки.

При составлении проекта съемочного обоснования необходимо соблюдать следующие условия:

-место расположения каждой выбранной точки должно обеспечивать наилучший обзор близлежащей местности. Для этого в застроенной территории пункты должны располагаться вблизи углов кварталов, а в незастроенной - на господствующих вершинах и бровках оврагов;

-места, намеченные для закрепления точек, должны обеспечивать их долговременную сохранность. Нельзя устанавливать точки на пашне, болотах, оползнях, осыпях и т.п., а также на проезжей части дорог и улиц;

-между смежными пунктами должна сохраняться прямая видимость; желательно, чтобы теодолитные ходы прокладывались по местности, наиболее благоприятной для производства угловых и линейных измерений;

-взаимное расположение точек съемочного обоснования должно обеспечивать отсутствие вон, не просматриваемых с намеченных пунктов,

-проект сети должен предусмотреть привязку съемочного обоснования к пунктам главной геодезической основы, причем замкнутый ход опирается на два пункта, а разомкнутый прокладывается между двумя парами пунктов главной основы.

После проведения рекогносцировки вершины ходов закрепляют кольями длиной 15-20 см и диаметром 5 см.

Колья взбивают вровень с землей, и на их торцевой части намечается центр двумя взаимно перпендикулярными штрихами или забитым гвоздем. Рядом с основным колышком взбивается сторожок-указатель, на котором подписывается номер бригады и пункта. Каждая точка скапывается небольшой канавкой.

По данным рекогносцировки составляется окончательная схема теодолитных ходов, на которой указывается расположение и номера точек, углы и линии хода, подлежащие измерению.

2.3 Измерение углов

Углы теодолитного хода измеряются теодолитами точностью не менее 30 одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 3-5°.

Центрирование инструмента над вершиной измеряемого угла выполняется при помощи нитяного отвеса или оптического отвеса. Для этого теодолит прикрепляют становым винтом к головке штатива и перемещают штатив, удерживая его головку в горизонтальном положении, до тех пор, пока нитяной отвес не станет над точкой местности в пределах 2-3 см. После этого закрепляют штатив и, перемещая подставку теодолита по головне штативе, выполняют окончательное центрирование инструмента с точностью 5 мм. Закрепив окончательно теодолит становым винтом, приводят его в рабочее положение по уровню. После этих операций ось вращения инструмента устанавливается в отвесное положение.

По направлениям намеряемого угла позади наблюдаемых точек устанавливаются вехи, а при коротких сторонах (40-60 м) - шпильки.

Измерение горизонтального угла производится в следующей последовательности:

-закрепив лимб, наводят трубу поворотом алидады на визирную цель (точку с младшим номером хода) и, закрепив алидаду и трубу, точное на-

ведение делают микрометренными винтами алидады и трубы. Визирование производится на самый низ отвесно стоящей вехи (шпильки) - рис.1.;

- производят отсчет градусов, минут и долей минут или секунд (в зависимости от точности прибора) и записывают в журнал измерения горизонтальных углов (отсчет I), выполняют второе наведение на визирную цель и берут отсчет II;

- отпустив закрепительный винт алидады, наводят тубу на следующую точку и производят отсчеты по горизонтальному кругу;

-разность второго и первого средних отсчетов будет величиной намеряемого угла - левого по ходу (правый по ходу угол получают при вычитании первого отчета из второго);

-после первого полуприема отпускают закрепительный винт лимба и, повернув теодолит на небольшой угол 3-5°, вновь закрепляют лимб. Переводят трубу через зенит и повторяют измерение угла при другом положении трубы, получая значение угла из второго полуприема;

Таблица 3 Журнал намерения горизонтальных углов способом полуприемов
Наблюдатель: Ненашев Н.И.
Записывающий: Ляхов ИЛ. _____ Дата: 7 июля 2010 г.

Номера станций	№ наблюд. станций	Отсчеты					Величина угла		Средняя величина угла		Длина линии и угол наклона
		I		II	Среднее						
		o	'	'	o	'	o	'	o	'	
6	5	49	30,0	30,2	49	30,1	146	46,7			$D_{5\cdot6}$=123,78 м
	7	196	17,0	16,5	196	16,8			146	46,8	$D_{5\cdot6}$=l23,83 м
	5	232	35,5	35,3	232	35,4	146	47,0			D_{CD}= 123,80 м
	7	19	22,3	22,5	19	22,4					$\upsilon_{5-6} = 3^0,2$

- если разница между полуприемами не превышает 1', выводят среднее значение угла, в противном случае прием повторяют.

Результаты измерений записываются в журнал простым карандашом. Запрещается всякое исправлений в журнале цифр по цифре, подчистки в

журнала резинкой. В случае ошибочной записи, неверное число нужно зачеркнуть и над ним написать правильное. Средние значения углов обводятся чернилами по окончанию работ. При привязке теодолитных ходов к пунктам главной геодезической основы намеряют два примычных угла между направлением на исходный пункт и начальной стороной хода - левый и правый по ходу. Вместо этого могут также измеряться два примычных: угла относительно различных исходных направлений. Сумма левого и правого пряничных углов должна отличаться от 360° но более чем на 1'; такое же различие допускается и для разности примычных углов, измеренных от двух исходных направлений, относительно жесткого угла, составленного этими направлениями.

После окончания угловых намерений подсчитываются угловые невязки теодолитных ходов. Невязку во внутренних углах замкнутого хода вычисляют по формуле

$$f_b = \sum \beta_{uzm} - 180^0 (n-2)$$

где $\sum \beta_{uzm}$ - сумма измеренных внутренних углов полигона, n - число углов полигона.

Невязку в углах разомкнутого теодолитного хода:

$f_\beta = \sum \beta_{uzm} - (\alpha_{KOH} - \alpha_{HAЧ}) \pm 180^0 n$ если измерены левые углы поворота,

$f_\beta = \sum \beta_{uzm} - (\alpha_{HAЧ} - \alpha_{KOH}) \pm 180^0 n$ если измерены правые углы.

В этих формулах приняты следующие обозначения: $\alpha_{нач}$ и $\alpha_{кон}$ - соответственно дирекционные углы начальной и конечной примычных сторон (их получают из решения обратных геодезических задач по данным каталога координат пунктов главной геодезической основы полигоне).

Угловая навязка считается допустимой, если она удовлетворяет условию:

$$f_\beta \le 1' \sqrt{n},$$

где n - число измеренных углов теодолитного хода, включая примычные углы, если ход разомкнутый.

Если полученная невязка окажется более допустимого значения, то необходимо тщательно проверить все вычисления в журнале и в случае необходимости повторить измерения углов теодолитного хода, и в первую очередь углов с короткими сторонами.

2.4 Измерение линий

Измерение линии производится одновременно с измерением углов. Стороны теодолитного хода намеряют в прямой и обратном направлениях стальной 20-метровой рулеткой, натягивая ее с постоянным усилием порядка 5 кг. Перед началом измерений по створу измеряемой линии устанавливают три-четыре вехи.

Задний мерщик, совместив нуль рулетки с начальной точкой, следит за тем, чтобы рулетка была уложена в створе линии с точностью 5-10 см. и подает сигнал переднему, который, натянув рулетку, отмечает шпилькой ее конец. Двигаясь далее по створу линии, мерщики продолжают намерение, считая число последовательных уложений рулетки по створу. Остатки (домеры) измеряет с точностью 0,01 м.

Расхождение между результатом измерений, в прямом и обратном направлении, не должно превышать 1/2000 длины линии, т.е. не более 5 см на каждые 100 м.

Углы наклона линии на отдельных участках измеряют теодолитом.

Результаты намерения линий и углов наклона вносят в полевой журнал (таблица 3) и на схему хода.

Стороны теодолитного хода, имеющие разные углы наклона, разделяют на части с постоянными уклонами и измеряют отдельно.

На неровной местности измерение линии можно производить способом "ватерпасовки", удерживая на глаз рулетку горизонтально и, проектируя один или оба конца ленты на землю отвесами.

На пересеченной местности, где затруднительно выполнять непосред-

ственные измерения линий, их определяют косвенным путем (см. Приложение 3) на решения двух треугольников, в которых намеряются все углы и две стороны (базисы) треугольников, длины базисов измеряются как минимум четыре раза, с учетом углов наклона. Горизонтальные углы в треугольниках должны быть в пределах от 30° до 120°.

Горизонтальное приложение линии вычисляют по формуле

$$S_0 = S_{ch} + n\Delta l - \Delta S_\nu \ ,$$

где S_{cp}.- средний результат измерения линии, n - число уложений рулетки в створе линии, Δl - поправка к длине рулетки, полученная в результате компарирования, ΔS_ν - поправка за наклон линии к горизонту.

$\Delta S_\nu = 2S_0 \sin^2 \frac{\upsilon}{2}$ — определяется из таблиц.

2.5 Оценка точности работ по разностям двойных измерений

Измеренные значения углов заносятся в таблицу 4, затем вычисляется их разность в каждом полном приеме, которая возводится в квадрат. Средняя квадратичная ошибка одного измерения

$$m_\beta = \pm\sqrt{\frac{[d^2]}{2n}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3825}{2.6}} \approx \pm 18''$$

Таблица 4 Оценка точности углов по разностям двойных измерений

№ п.п.	Значение угла		Разница d	d^2
	из I полуприема	из II полуприема		
1	204 57 15	204 56 45	+30	900
2	218 53 45	218 54 15	-30	900
3	142 44 45	142 44 15	+30	900
4	220 27 00	220 27 00	0	0
5	104 45 45	104 46 15	-30	900
6	194 56 45	194 57 00	-15	225
Σ=			-15	3825

Средняя квадратическая ошибка угла полученного из полного приема

$$M_{cp} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{[d^2]}{n}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{3825}{6}} \approx \pm 18''$$

Оценка точности стометрового отрезка линии по разностям двойных измерений выполняется в следующем порядке (см. таблицу 5)

Таблица 5 Оценка точности линий по разностям двойных измерений

№ п. п.	Длина линии, м		d	N	P=K/N	d^2	$P.d^2$
	прямо	обратно					
1	255,78	255,92	-14	13	0,38	196	74,48
2	205,54	205,44	+ 10	11	0,45	100	45,00
3	245,79	245,69	+ 10	13	0,38	100	38,00
4	115,10	115,14	-4	6	0,83	16	13,48
5	312,09	311,94	+ 15	16	0,31	225	69,75
6	154,24	154,30	-6	8	0,62	36	22,32
7	227,36	227,46	-10	12	0,42	100	42,00
8	228,94	228,96	-2	12	0,42	4	1,68
			∑=	-1			306,25

Примечание: N - число уложений 20-ти метровой рулетки, в измеряемой линии; К - коэффициент, разный числу уложений рулетки в 100 метровом отрезке (к=5); Р – вес отдельного измерения.

Средняя квадратическая ошибка намерения значения 100-метрового отрезка линии

$$\mu_{100} = \pm\sqrt{\frac{[pd^2]}{2n}} = \pm\sqrt{\frac{306.51}{16}} \approx \pm 4.4 см$$

Средняя квадратическая ошибка среднего значения 100-метрового отрезка линии

$$\mu_{ср} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{[pd^2]}{n}} = \pm\sqrt{\frac{306.51}{8}} \approx \pm 3.1 см$$

2.6 Вычисление координат точек теодолитного хода

Координаты пунктов хода вычисляют в ведомости координат в следующей последовательности:

-выписывают в ведомость измеренные значения горизонтальных углов и вычисленные горизонтальные предложения сторон теодолитного хода, а также исходные данные (начальный и конечный дирекционные углы и координаты опорных пунктов геодезической основы);

-вычисляют угловую невязку хода и распределяют ее между измеренными углами поровну, с обратным знаком;

-по исправленным углам последовательно вычисляют дирекционные углы линий, используя формулы:

$\alpha_2 = \alpha_{n-1} + 180 - \beta$, для правых углов поворота,

$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{лев} \pm 180$,при левых углах поворота.

В формулах принять обозначения:

α_n, α_{n-1}- дирекционные углы предыдущей и последующей сторон теодолитного хода,

$\beta_{лев}, \beta_{пр}$ -исправленные левые или правые углы между соседними линиями.

Контролем вычисления дирекционных углов в замкнутом ходе является совпадение значения дирекционного угла начальной стороны хода, полученного первый раз относительно исходной стороны и второй раз после замыкания хода. В разомкнутом ходе вычисленный по ходу дирекционный $\alpha_{кон}$ угол конечной исходной стороны должна совпадать с заданным дирекционным углом $\alpha_{кон}$.

-по дирекционным углам вычисляют румбы (табличные углы);

-вычисляют приращения координат по сторонам хода с помощью микрокалькулятора, используя формулы:

$$\Delta x = s_0 \cos\alpha = \pm s_0 \cos r$$
$$\Delta y = s_{0s} \sin\alpha = \pm s_0 \sin r$$

-находят сумму вычисленных приращений координат по формулам,

$$\sum \Delta x = x_{КОН} - x_{НАЧ}$$
$$\sum \Delta y = y_{КОН} - y_{НАЧ}$$

-вычисляют теоретические суммы приращений координат;

-вычисляют невязки в приращениях координат

$$f_x = \sum \Delta x - \sum \Delta x_T$$

$$f_y = \sum \Delta y - \sum \Delta y_T$$

-вычисляют линейную невязку теодолитного хода

$$f_s = \pm\sqrt{f^2{}_x - f^2{}_y}$$

и относительную невязку $\frac{f_s}{\sum S^0}$, если $\frac{f_s}{\sum S^0} \leq \frac{1}{2000}$, то невязки в приращениях координат распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон хода;

-сумма исправленных приращений должна равняться теоретической сумме;

-координаты пунктов хода вычисляют последовательно по формулам:

$$x_{n+1} = x_n + \Delta x_{исп},$$
$$y_{n+1} = y_n + \Delta y_{исп}.$$

Замкнутый ход вычисляется как частный вариант разомкнутого хода, $(x_k = x_н; y_k = y_н)$, где теоретическая сумма приращений координат равняется нулю.

При получении недопустимой линейной невязки все вычисления проверяют или повторяют. Если арифметические просчеты не обнаружены, то повторяют измерения длин линий.

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ

№ точек	Измеренные углы	Исправленные углы	Дирекционные углы	S_0 м	cos sin	Приращения				Координаты	
						Вычисленные		Исправленные			
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″			Δx	Δy	Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
56											
	-6		312 38 30								
57	204 57 00	204 56 54					-8			15384.45	35447.76
	-7		337 35 53	255.85		+236.53	-97.54	+236.53	-97.62		
1	218 54 00	218 53 53					-6			15620.98	35350.14
	-6		16 29 17	205.49		+197.04	+58.32	+197.04	+58.26		
2	142 44 30	142 44 24					-8			15818.02	35408.40
	-7		339 13 41	245.74		+229.77	-87.15	+229.77	-87.23		
3	220 27 00	220 26 53					-3			16047.79	35321.17
	-6		19 40 34	115.12		+108.40	+38.76	+108.40	+38.73		
4	104 46 00	104 45 54				+1	-10			16156.19	35359.90
	-7		304 26 28	312.02		+176.47	-257.32	+176.48	-257.42		
58	194 56 52	194 56 45								16332.67	35102.48
			319 23 13	1234.22	∑пр	+948.21	-344.93	+948.22	-345.28		
59					∑т	+948.22	-345.28				
∑βпр=	1086 45 22	1086 44 43			f	-1	+35				
∑βт=	1086 44 43				$f = \pm\sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 35 см$						
$f_{\beta пр}$=	+39″										
$f_{\beta доп}$=	$= \pm 1\sqrt{n} = 2.4$				$\frac{f}{\sum S_0} = \frac{35}{123422} \approx \frac{1}{3500} < \frac{1}{2000}$						

2.7 Геометрическое нивелирование точек теодолитного хода

Превышения между точками теодолитного хода определяются геометрическим нивелированием, методом из середины, прокладывая нивелирный ход от пункта, имеющего твердую отметку.

На ровных участиях превышения между закрепленными точками определяются с одной станции, на косогорах прокладывается ход последовательного нивелирования, используя Х-точки (рис. 4).

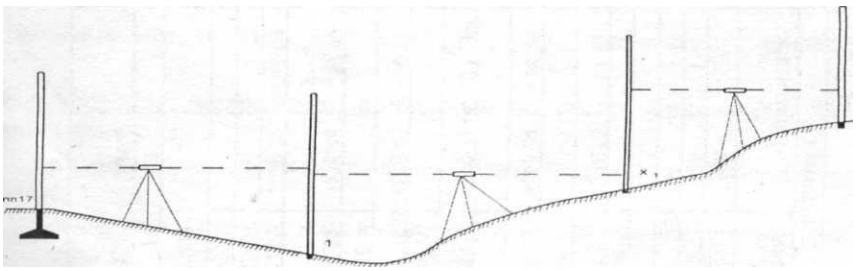


Рис.4 Геометрическое нивелирование точек теодолитного хода

Порядок работы на станции рекомендуется следующий: нивелир устанавливают примерно посередине между точками (не обязательно в створе). *Инструмент приводится в рабочее положение, на нивелируемых* точках устанавливаются отвесно рейки. Наводят *трубу на заднюю рейку и,* приведя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по *черной стороне рейки. Наводят трубу на переднюю рейку,* и, убедившись, *что пузырек цилиндрического уровня остается в нульпункте, делают отечет* по черной стороне. Снимают отсчет по красной стороне передней рейки. Снимают отсчет по красной стороне задней рейки. (В моменты отсчетов рейки покачивают, и наблюдатель записывает наименьшие отсчеты).

Отсчеты по райкам берутся в миллиметрах и записываются в соответствующие графы нивелирного журнала (таблица 7).

Не уходя со станции, вычисляют превышения между точками по черной и красной сторонам рейки, используя формулу h = З - П , где З -отсчет по задней рейке, П - отсчет по передней рейке, затем вычисляют среднее превышение $h_{ср}$.

Если превышения, найденные по черной и красной сторонам реек, будут отличиться более чем на 5мм, записи в журнале аккуратно зачеркивают и измерения повторяют.

На следующей станции рейка, стоявшая на передней точке, становится задней (остается на месте), а задняя река переносится на переднюю точку.

Таблица 7 Журнал геометрического нивелирования точек замкнутого теодолитного хода 10 августа 2010г.

№ станции	№ нивелир. точек	Отсчеты по рейкам		Превышения	Средние пре-вышения	Поправка	Исправленные превышения	Отметки (м)
		З	П					
1	ПП 17 -	0387	2631	-2244	-2242	2	-2240	240,922
	- т.т. 1	5072	7312	-2240				238,682
2	Т.т. -	1029	2427	-1398	- 1396	2	-1394	238,682
	- x_1	5718	7112	-1394				237,288
3	x_1 -	1264	2703	-1439	-1439	2	-1437	237,288
	- x_2	5949	7388	-1439				235,851
4	x_2 -	1137	2746	-1609	-1610	2	-1608	235,851
	- т.т.2	5821	7431	-1610				234,243
5	Т.т.2 -	1821	1459	+362	+362	2	364	234,243
	- т.т.3	6506	6144	+362				234,607
6	т.т.3 -	2838	1229	+ 1609	+ 1609	2	1611	234,607
	- т.т.4	7523	5914	+ 1609				236,218
7	т.т.4 -	2735	0815	+ 1920	+ 1918	2	1920	236,218
	- т.т.5	7420	5504	+ 1916				238,138
8	т.т.5 -	2991	0209	+2782	+2781	3	2784	238,138
	-ПП 17	7676	4896	+2780				240,992
	Контроль	65887	65920	-33	-17	17	0	

После заполнения каждой страницы журнала делают постраничный контроль вычисления превышений, который заключается в соблюдении (в пределах ошибок округления) следующего условия:

$$\sum h_{cp} = \frac{1}{2}\left(\sum З - \sum П\right)$$

Замкнутый нивелирный ход заканчивается на начальной точке, поэтому его невязку вычисляют по формуле: $f_h = \sum h_{cp}$

В разомкнутом ходе, проложенном между пунктами, имеющими твердые отметки, невязку находят из соотношения

$$f_h = \sum hcp - \left(H_{КОН} - H_{НАЧ}\right),$$

где $H_{нач}$ и $H_{кон}$ - исходные отметки начального и конечного пункта хода геометрического нивелирования.

Предельные невязки ходов геометрического нивелирования вычисляют по формулам, приведенным в таблице 2. При получении недопустимой невязки все наблюдения повторяются. Вычисление отметок точек производится в журнале технического нивелирования по исправленным превышениям**.** Все расчеты ведутся с округлением до миллиметров.

3 Топографическая съемка в масштабах 1:500 и 1:1000

3.1 Горизонтальная съемка застроенных территорий

Контуры с четкими очертаниями снимают в пределах участка съемки, от точек и сторон теодолитных ходов. Съемки застроенных территорий проводится способом перпендикуляров, полярным способом, линейными и угловыми засечками, а также комбинациями вышеуказанных способов. Здания обмеряются по контуру.

Съемке подлежат все подробности, выражающиеся в масштабе плана, в частности, здания с архитектурными выступами (0.5 мм в масштабе съемки), изломы фасадной линии, трамвайные пути, мачты, мосты, памятники, скверы, смотровые колодцы подземных коммуникаций, столбы ЛЭП и линий связи, колодцы, водоразборные колонии, зеленые насаждения и другие постоянные сооружения.

Не подлежат съемке переносные и временные сооружения, находящиеся на проездах и внутри кварталов, киоски, стенды, мусорные ящики, предохранительные тумбы, а также иные сооружения на строительных площадках.

Съемка проездов производится следующими способами:

- способ перпендикуляров (на рис.5).

Длина перпендикуляров при съемке в масштабе 1:500 допускается до 4 м, в масштабе 1:1000 - до 6 м. С применением эккера длину перпендикуляров, измеряемых мерной лентой или рулеткой, разрешается увеличивать до 20 м при съеме в масштабе 1:500 и 40 м при съемке в масштабе 1:1000. Данный способ применим, если контуры располагаются поблизости от сторон теодолитного хода;

- полярный способ. Углы измеряются одним полуприемом с ориентировкой лимба по принятому исходному направлению, для этого отсчет по лимбу устанавливаете равным 0°00, при наведении трубы на точку теодолитного хода. Полярные расстояния намеряются мерной лентой или

нитяным дальномером. Предельная длина полярных расстояний не должна превышать 40 м (1:500) и 60 м(1:1000) - если расстояния измеряются нитяным дальномером, и 120м (1:500) и 180м (1:1000), если расстояния измеряются мерной лентой.

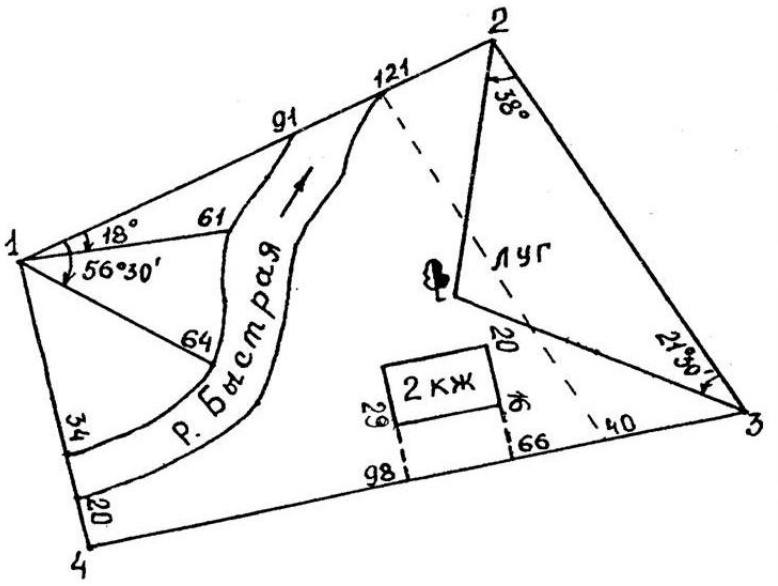


Рис. 5 - Абрис горизонтальной съемки

- линейная засечка (точка 5) применяется при съемке контуров лежащих вблизи сторон теодолитного хода, желательно, чтобы треугольник засечки был равносторонним;

- способ прямой угловой засечки рекомендуется для съемки труднодоступных и удаленных точек;

- в некоторых случаях полезно применять комбинации вышеуказанных способов.

Обмер контуров зданий производится рулеткой по цоколю, одновременно с этим делается обмер всех пристроек к зданию и архитектурных деталей сооружения.

При съемке колодцев подземных коммуникаций промеры делаются к центрам смотровых люков.

Колодцы в сельской местности снимаются по их контуру.

При съемке столбов и отдельных деревьев промеры делаются до предполагаемой середины объекта.

После съемки проездов выполняется внутриквартальная съемка теми же способами, от точек опорной сети.

Если невозможно применить ни один из описанных выше способов (например, при съемке надворных построек в сельской местности), съемка внутри квартала ведется промерами от углов зданий, снятых при съемке проездов (рис. 5). При этом каждая вновь снимаемая точка должна иметь минимум два промера до ранее снятых точек.

Измеренные углы и расстояния, результаты обмера зданий показываются в абрисе - схематическом чертеже, составленном от руки. На абрис наносятся точки и линии теодолитного хода, с которых производилась съемка, взаимное расположение контуров и результаты измерений и делаются пояснительные надписи (рис. 5). Абрис является важным документом, с помощью которого составляется план, поэтому он должен быть составлен четко, ясно и аккуратно оформлен.

Нанесение контуров на план производятся в следующей последовательности:

- на планшете с помощью линейки Дробышева строится сетка квадратов 10×10 см;

-по координатам наносят на план пункты геодезической основы и точки теодолитного хода. Расстояние на плане между соседними точками планового обоснования не должно отличаться от горизонтального приложения, выписанного в ведомости, не более чем на 0.2 им, в масштабе плане;

-контуры наносятся на план по абрису с помощью транспортира, измерителя, масштабной линейки и треугольника. Если полярные расстояния превышают 30 м (при съемке в масштабе 1:500) и 60 м (в масштабе 1:1000), то накладка таких точек производится по вычисленным относительно пунктов рабочего обоснования съемки координатам.

3.2 Вертикальная съемка застроенных территорий

Вертикальная съемка проездов и внутриквартальная съемка выполняются техническим нивелированием или горизонтальным лучом теодолита, тахеометра и кипрегеля, имеющего уровень при трубе. Нивелирование застроенной территории указанными способами целесообразно выполнять на равнинных участках при плотной застройке.

Весь участок съемки должен быть покрыт высотными пикетами не реже чем черев 20 м при съемке в масштабе 1:500 и 30м при съемке в масштабе 1:1000. Кроне того, пикеты должны быть определены и в характерных местах, чтобы обеспечить изображение всех деталей рельефа.

При определении пикетов возле углов здания, где имеются подсыпки грунта, высотные пикеты для правильного изображения рельефа следует брать на некотором расстоянии от строений.

При нивелировании определяются отметки колодцев, верха и низа подпорных стенок, цоколей зданий, входов в здания, окон подпольных этажей.

При нивелировании на проездах определяют отметки у фасадной линии, на оси (середине проезда), на бровке и дне кюветов.

По специальному заданию могут определяться дополнительные отметки: середины въездов во дворы, настилов, мостов и нива путепроводов, головок трамвайных рельсов и т.п.

Вычисленные высоты пикетов на план выписываются с точностью до 1 см.

Рисовка рельефа может быть выполнена непосредственно в процессе съемки на плане, составленном по результатам горизонтальной съемки.

3.3 Мензульная топографическая съемка

Мензульная топографическая съемка производится в масштабе 1:500. Участок съемки задается руководителем практики, площадью около 3-5 га. Сечение рельефа горизонталями через 0.5 м при углах наклона до 6° и 1 м при углах наклона свыше 6°.

Мензульная съемка выполняется на специально подготовленном планшете кипрегелями-автоматами КБ-1 или КА-2.

На планшете строится координатная сетка со стороной 10 см, накладываются по координатам точки теодолитных ходов с подписанными высотами и ситуация, снятая методами горизонтальной съемки.

Поверх планшета наклеивается лист кальки (рубашка), в которой напротив опорных точек прорезают отверстия размером около 1 см.

Перед полевыми работами производят все поверки мензулы и кипрегеля и делают заключение о пригодности комплекта для мензульной съемки (см. Приложения 3 и 4).

В поле перед началом съемки (один раз в день) проверяют выполнение следующих условий:

-ось круглого уровня должна быть перпендикулярна нижней плоскости линейки,

-место нуля (МО) вертикального круга не должно отличаться от 90° более чем на 1′.

В журнал мензульной съемки чернилами вписывают координаты и высоты всех опорных пунктов.

Съемке в масштабе 1:500 подлежат:

-все (кроме объектов, снятых методами горизонтальной съемки) строения и сооружения, в том числе строящиеся, с указанием назначения строения, этажности и материала строения;

-границы сельскохозяйственных угодий (пашня, луг, залежи и т.п.) и всякого рода ограждения (заборы, трельяжи и т.п.);

-гидрографическая сеть (ручьи, урезы воды в ревах, прудах, озерах, глубины рек и переходы и т.п.); рельеф местности с изображением горизонталями различных форм рельефа и контурным знаком «обрыв» - обрывов, скал, оврагов, промоин и т.п.).

Съемка контуров и рельефа ведется полярным способом. Расстояния до реечных (пикетных) точек не должны быть более 60 м при съемке четких контуров, и 60 м при съемке нечетких контуров, а при съемке рельефа – до 150 м. Расстояние между соседними реечными точками должно быть не более 20 м.

Перед съемкой на станции выполняются следующие подготовительные работы:

-мензула центрируется с точностью 5 см (с помощью нитяного отвеса, прикладываемого к мензуле под опорной точкой, нанесенной на планшет) после предварительного ориентирования её на глаз по направлениям на другие опорные пункты

-мензула нивелируется (пузырек круглого уровня на линейке кипрегеля устанавливается в нуль-пункт с помощью подъемных винтов);

-окончательное ориентирование планшета выполняется не менее чем по двум вехам, установленным на наиболее удаленных видимых с данной станции, точках съемочного обоснования;

-на станции у кипрегеля определяется место нуля вертикального круга и измеряется высота инструмента i, и эти данные заносятся в соответствующие графы полевого журнала;

-намечается примерный порядок съемки контуров и рельефа местности, причем, для съемки рельефа реечные точки должны быть взяты по всем изгибам скелетных линий рельефа, а при съемке водоемов – по их берегам

-как правило, съемка ситуации ведется одновременно со съемкой рельефа. Густота набираемых реечных точек зависит от сложности объектов съемки.

В процессе съемки рекомендуется следующий порядок действий на станции:

-после установки рейки на снимаемую точку вращают линейку кипрегеля на планшете вдоль точки стояния мензулы и наводят вертикальную нить сетки так, чтобы она делила рейку пополам;

-основную нить диаграммы сетки наводят на отсчет «l», равный 1000 мм или 2000мм и микрометренным винтом алидады вертикального круга выводят пузырек цилиндрического уровня на середину;

-снимают отсчеты «в» по кривой горизонтальных расстояний и «с» по кривой превышений, с наименьшим значением коэффициента к (на рис.6 в=1109, с=1083);

- отсчеты выписывают в журнал мензульной съемки (табл. 8) и по разностям отсчетов (в-l) и (с-l) вычисляют горизонтальное расстояние $\lambda_0 = 100(в - l)$, *и превышение* $h = k(c - l)$; *ГИ* $= H_0 + i - l$ *- по условному горизонту инструмента*, где i – высота инструмента; H_0 - высота точки стояния; l – высота наведения на рейку) отметку точки по формуле $H = ГИ + h$;

-по скошенному краю линейки кипрегеля от точки стояния откладывают в масштабе горизонтально проложение d_0 и у полученной точки подписывают отметку с точностью до 0.01 м (при высоте сечения 0.5 м) и с точностью до 0.1 м (при h=1 м).

Примечание: Чтобы получить более точный результат, при съемке точек местности лежащих внизу склона, основную нить рекомендуется наводить на отсчет а=2000 мм, а при съемке точек вверху склона на отсчет a_2=1000 мм. Этим обеспечивается работа с наименьшим коэффициентом «К» у кривой превышений.

После окончания набора пикетных точек на станции наблюдатель должен сразу же зарисовать всю снятую ситуацию и провести горизонтали рельефа.

Зарисовка элементов съемки в камеральных условиях не допускается.

Для наилучшего выражения рельефа в характерных местах проводятся полугоризонтали (на седловинах террасах и т.п.). Естественные осыпи и отвалы показываются условными знаками по контуру.

Горизонтали не проводятся по изрытым местам. Такие места оконтуриваются и внутри берутся несколько точек для высотной характеристики нарытого грунта.

При съемке карьеров снимаются контура и отдельные террасы без проведения горизонталей, но с показом спланированных или неспланированных откосов. В высотном отношении карьера ориентируются отметками.

В том случае, если часть территории, подлежащей съемке, невозможно снять с точек теодолитных ходов, то при помощи мензулы определяют положение дополнительных опорных точек (переходных точек). Положение переходной точки может быть определено методом прямой засечки с двух и более твердых пунктов с обязательным определением с каждого пункта отметки переходной точки.

Таблица 8. Журнал мензульной съемки

Станция 3 Наблюдатель: Николаев А.К.

H=220.77 Дата 27.07.2018

i=1.32 $H+i-l=221.09(l=lm),220.09(l=2m)$

№№ пикетов	Высота наведения	Отсчеты по кривой			d_0	$h_м$	$H_м$	Описание пикета
		Горизонтальное проложение	Превышение					
			К	отсчет				
1	1000	1339	-10	1125	33.9	-1.25	219.84	рельеф
2	1000	1200	0	1000	20.0	0	221.09	рельеф
3	1000	1188	-	-	18.8	-	-	Столб ЛЭП
4	1000	1240	-	-	24.0	-	-	Тропа
5	1000	1250	+10	1215	25.0	+2.15	223.24	рельеф
6	2000	2442	+10	2315	44.2	+3.15	223.24	рельеф
7	2000	2318	-20	2206	31.8	-4.12	215.97	бр. оврага

3.4 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка незастроенной территории выполняется в масштабах 1:500 и 1:1000. Сечение рельефа горизонталями через 0.5 или 1.0 м в зависимости от углов наклона местности. Участок съемки и масштаб выдаются каждой бригаде в соответствии с программой практики.

Контуры с четкими очертаниями снимают и накладывают на план методами горизонтальной съемки.

Съемке в масштабах 1:500 и 1:1000 подлежат предметы ситуации и рельефа, перечисленные в пункте 6.

Таблица 9. Допуски тахеометрической съемки

Масштаб съемки	Сечение рельефа в м.	Максимальное расстояние между инструментом и рейкой в м. при съемке		Максимальное расстояние между пикетами в м.
		рельефа	ситуации	
1:500	0.5	100	60	15
	1.0	150	60	15
1:1000	0.5	150	80	20
	1.0	200	80	30

Примечание: при съемке нечетко выраженных контуров ситуации расстояния можно увеличивать в 1.5 раза.

Съемка ведется полярным способом теодолитом-тахеометром, рельеф и ситуация снимаются одновременно.

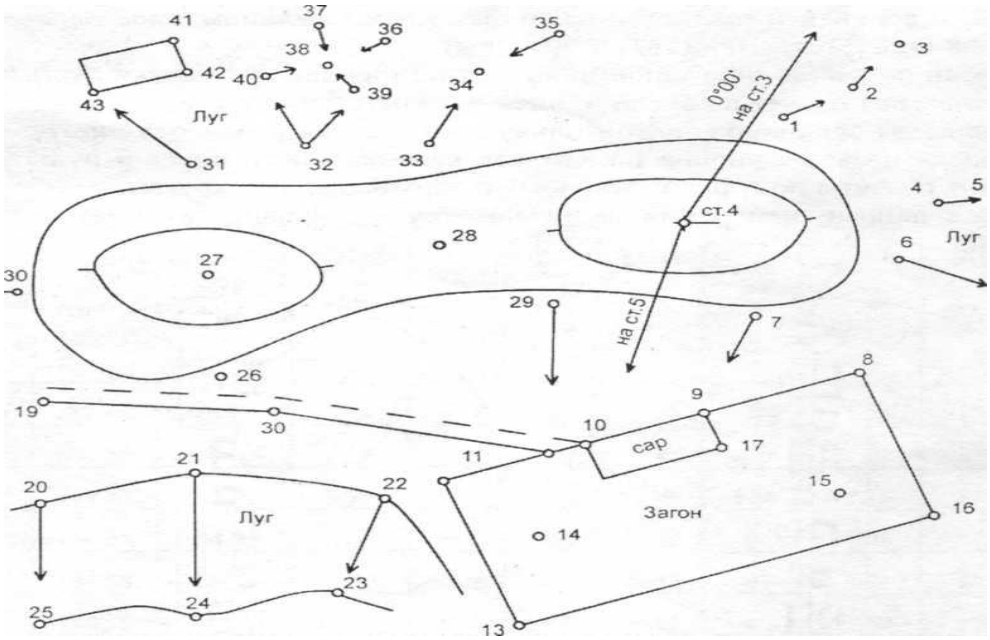


Рис.7 Абрис тахеометрической съемки

Подготовительные работы на станции выполняются следующим образом:

-установив инструмент на станцию, и приведя его в рабочее положение, наблюдатель должен определить место нуля (МО) вертикального круга и привести его к величине близкой к нулю

-высота инструмента I измеряется и записывается в журнал тахеометрической съемки (табл. 10);

-ориентируют лимб по принятому начальному направлению. С этой целью устанавливают по 1 верньеру отсчет 0°00, и, закрепив трубу, винтами лимба

наводят её на исходное направление (другую точку рабочего обоснования).

После этого лимб закрепляют;

-для каждой станции предварительно составляются абрис, на которых показывают точки, подлежащие съемке. Рельеф на абрис показывается либо направлениями ската местности, либо рисовкой горизонталями произвольного сечения с бергштрихами;

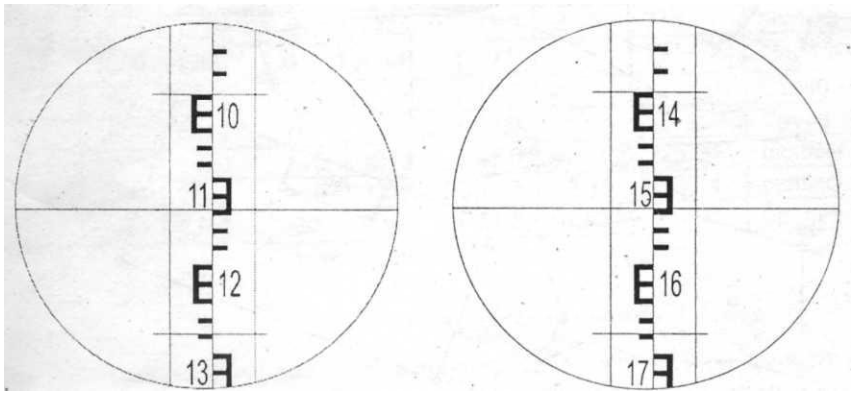
-винтами алидады наводят вертикальную нить сетки на рейку, установленную на снимаемой точке (пикете) (рис,8)

-микрометренным винтом трубы наводят верхнюю дальномерную нить сетки на отсчет, равный 1000 и или 2000 мм, и по разности отсчетов нижней и верхней и нижней нити и вычисляют дальномерное расстояние (на рис.8 D=K(H-B)=100(1281-100б)=28м).

-если по какой-либо причине отсчет по нижней нити сетки взять нельзя, то снимают отсчет по средней нити и разность отсчетов;

-наводят среднюю горизонтальную нить сетки на высоту инструмента и, приведя пузырек уровня на алидаде вертикального круга в нульпункт, снимают отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Все данные измерений записываются в журнале тахеометрической съемки.



D=k(H-B)= 100*(1281-1000)=28.1 м Рис.9 Наведение средней нити на Рис.8 Отсчет по нитяному дальномеру отсчет , равный высоте инструмента (l=i= 1.54м)

Если на рейке не видно высоты инструмента, то среднюю нить наводят на любой видимый отсчет и записывают его в журнал.

После завершения работ на станции в камеральных условиях обрабатывается журнал тахеометрической съемки,

- для каждой снятой точки вычисляют угол наклона v = КП-МО; v = МО-КЛ;

-по аргументам U и D находят в тахеометрических таблицах горизонтальные проложения D_0 и табличное превышение h.

-вычисляют отметку снимаемой точки по формулам

$H_i = H_{cm} + h$, если при съемке визирную ось трубы наводят на высоту инструмента,

$H_i = H_{cm} + h + i - 1$, если визирную ось трубы наводят на отсчет 1рейки.

Таблица 10 Журнал тахеометрической съемки

Стоянка на т.5 МО = 0°00'

Ориентировка на т.6 - 0°00' Высота станции На = 174.28

i=l.46 Наблюдал: Николаев А.Н.

Круг КЛ

№ наблюдаемой точки	Высота наведения	Отсчеты		Угол Наклона ν		$_0$	h (м)	i-1 (м)	H_0=h+i-ν (м)	Абсолютные отметки (м)
		По гориз. кругу	По вертик. кругу							
	2,50	187° 15'	356°46'	+3°14'	0.4	0.4	+2.28	-1.04	+1.24	175.52
	2,20	193 35	356 32	3 28	9.8	9.7	+1.81	-0.74	+1.07	175.35
	3,00	208 45	355 22	4 38	3.0	2.8	+2.66	-1.54	+1.12	115.40
	1,46	184 45	358 25	1 25	7.0	7.0	+1.02	0	+1.02	175.30
	1,46	184 28	358 14	+1 46	8.0	8.0	+0.87	0	+0.87	175.15
	1,46	194 16	357 57	+2 03	8.0	8.0	+1.00	0	+1.00	175.28
	1,46	190 16	357 14	+2 46	6.4	6.4	+1.76	0	+1.76	176.04

	1 ,46	10 8 10	3 56 44	+ 3 16	7.0	6.9	+ 2.68	0	+ 2.68	176.96
	1 ,46	12 7 11	3 55 42	+ 4 18	6.3	6.1	+ 4.22	0	+ 4.22	178.50

Порядок составления плана тахеометрической съемки:

-на месте чертежной бумаги с помощью линейки Дробышева разбивается сетка дециметровых квадратов;

-по координатам наносятся на план исходные пункты рабочего обоснования;

-используя абрисы горизонтальной съемки застроенной территории, при помощи масштабной линейки, угольника, измерителя и транспортира наносят на план все пикетные точки, снятые в процессе тахеометрической съемки, подписывая возле каждой точки номер пикета и отметку;

-рельеф на плане вычерчивается по отметкам пикетов, снятых при тахеометрической съемке, отдельные детали рельефа могут быть выражены полугоризонталями, а обрывы по долинам рек и оврагов - соответствующими условными знаками.

3.5 Нивелирование по квадратам

Для составления детального плана местности в горизонталях с сечением рельефа 0.25 м выполняется нивелирование по вершинам квадратов со сторонами 10 м на площади 0.3 - 0.4 га.

Разбивка сети квадратов на заданном участке местности производится при помощи теодолита и мерной ленты в следующей последовательности:

- теодолит устанавливают над вершиной А (рис, 10.) и выносят в натуру линию заданной длины АА, забивая колышки через 10 м (вершины А1, А2, А3,...);

- от вехи, установленной в створе линии АА, откладывают прямой угол и закрепляют колышками вершины А1, Б1, В1 и т.д.

- теодолит устанавливают над вершиной А6 и от вехи, установленной в створе линии АА за точкой А1, откладывают прямой угол

-закрепляют колышками вершины А6, Б6, В6 и т.д.

- правильность разбивки основного квадрата контролируют измерением линии ЕЕ, одновременно закрепляя вершины по данной линии колышками, затем разбивка выполняется при помощи мерной ленты и двух вех, устанавливаемых поочередно в створе линий ББ, ВВ, ГГ...

Измерение линий ведется мерной лентой способом, "ватерпасовки".

Основные вершины квадрата (А1,А6,Е6,Е1) закрепляют как точки теодолитного хода остальные вершины отмечают колышком-сторожком, на срезе которого подписывается номер бригады и обозначение вершины квадрата.

Одновременно с разбивкой сети квадратов ведется съемка ситуации способом перпендикуляров и линейных засечек.

Все данные заносятся в абрис (рис, 10).

Если внутри квадратов имеются точки перегиба местности, то такие точки тоже закрепляются сторожками и обозначаются цифрами или буквами. Точки перегиба местности показываются на абрисе, там же записываются промеры, сделанные при определении их положения.

Нивелирование вершин квадрата выполняется в следующей последовательности:

-начиная от пункта, имеющего твердую отметку, прокладывается замкнутый нивелирный ход по вершинам основного квадрата (А1,А6,Е6,Е1).

-полученные из нивелирования отметки вершин основного квадрата и других точек, включенных в замкнутый ход, выписывают на схему нивелирования (рис. 11);

-определение отметок остальных вершин квадрата выполняется способом «горизонта инструмента». С этой целью нивелир ставится на площадке вблизи одной из точек проложенного замкнутого хода, и на этой станции берутся отсчеты по черной стороне рейки, устанавливаемой на трех

вершинах квадратов, которые хорошо видны с данной станции, (в том числе и по точке, имеющей отметку). Отсчеты записываются непосредственно на схему квадратов, на которой заранее проводится линия, ограничивающая район съемки с первой станции. Аналогично выполняется съемка и с других станций, пока не завершится работа на всей площади;

-для каждой станции вычисляется горизонт инструмента по формуле $ГИ_i = H_{0i} + a_{0i}$

H_{0i} - отметка точки» полученная ив нивелирования замкнутого хода,

a_{0i} - отсчет по рейке на этой точке.

-отметки прочих вершин квадратов с пятки с данной станции вычисляют по формуле

$$H_i = ГИ_i - b_i,$$

где H_i - отметка вершин,

b_i - отсчет по рейке, устанавливаемой на этой вершине.

На листе чертежной бумаги в масштабе 1:500 с помощью масштабной линейки и измерителя строится сетка квадратов.

На план выписывают отметки вершин квадратов, показывают в условных знаках ситуацию; рельеф изображается горизонталями, с сечением через 0.10-0.25 м.

3.6 Полевой контроль и оформление плана топографической съемки

После окончания полевых работ и вычерчивания плана топографической съемки в соответствие с условными знаками в карандаше руководитель практики осуществляет полевой контроль выполненной съемки.

Средние погрешности в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должно превышать 0.5 мм, на застроенных территориях ошибка во взаимном положении на плане точек важных близлежащих контуров не должны превышать 0.4 мм.

Таблица 11 Ведомость контрольных пикетов

№ контр. пике-тов	Отметки в м. на плане	на местности	Расхождение в положении по высоте в м	на плане в мм	Описание пикета
1	210.3	210.5	0.2	-	Р-**Ф**
2	199.8	199.8	0.0	0.2	угол. ад.
3	198.3	198.6	0.3	-	Р-**Ф**
4	204.5	204.7	0.2	-	Р-**Ф**
5	203.8	203.7	0.1	-	Р-Ф
6	207.6	207.6	0.0	0.4	отд.дер
7	207.7	207.7	0.0	0.4	угол сарая
8	207.0	206.9	0.1	0.3	угол забора
9	204.3	204.1	0.2	-	Р-**Ф**
10	205.6	205.2	0.4	-	Р-**Ф**

Средние погрешности положения точек на высоте не должны превышать:

-1/4 принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2°;

-1/3 принятой высоты сечения при углах наклона до 10°.

После приемки работ план топографической съемки вычерчивается в туши по условным знакам. Очередность вычеркивания устанавливается следующая:

1) опорные пункты, их номера и отметки;

2) гидрография;

3) подписи населенных пунктов, рек, озер, пашен, огородов, отметки, урезов воды и характерных точек рельефа;

4) здания, сооружения и местные предметы;

5) горизонтали рельефа;

6) рамка и зарамочное оформление.

При вычерчивании рельефа в туши горизонтали через здания и сооружения не проводятся. Каждая пятая горизонталь несколько утолщается.

В нужных местах ставятся бергштрихи.

3.7 Перечень документов, подлежащих сдаче при топографической съемке

Журналы поверок теодолита, нивелира, мензулы и кипрегеля

Журнал намерения горизонтальных углов и длин линий теодолитного хода

Схема теодолитного хода

Журнал нивелирования по точкам теодолитного хода

Схема геометрического нивелирования

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

Ведомость вычисления отметок точек теодолитного хода

Оценка точности углов и длин линий по разностям двойных намерений

Абрис горизонтальной съемки

Абрис тахеометрической съемки

Журнал мензульной и тахеометрической съемки

Схема нивелирования по квадратам

План топографической съемки

3 Поверки инструментов

Поверки теодолита

Первая поверка - ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

После предварительной установки теодолита тремя подъёмными винтами, алидаду уровня располагают так, чтобы она стала параллельна линии, соединяющей два подъемные винта и действуя ими, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. В результате этих действий ось уровня займёт горизонтальное положение L'-L' (рис. 12), но она может быть не перпендикулярна к оси вращения, угол $\beta \neq 90°$.

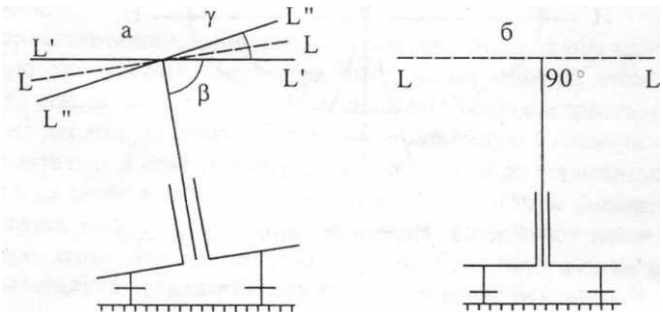


Рис. 12. Геометрическая схема первой поверки

В целях поверки поворачивают алидаду на 180°, и если пузырёк отклоняется от середины, то ось уровня после поворота наклонена относительно горизонта на угол, равный у и занимает положение L"-L".

Так как, согласно рисунку

$2\beta+y=180°$, то $\beta=90°- y/2$,

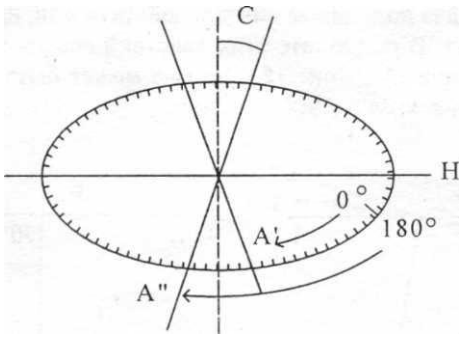
и чтобы угол β стал прямым нужно исправительным углом уровня сдвинуть пузырёк в сторону середины на половину дуги отклонения, чтобы ось уровня заняла положение L-L. После этого подъёмным винтом приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Для контроля поверка повторяется.

Чтобы привести теодолит в рабочее положение алидаду поворачивают на 90° и третьим подъёмным винтом также приводят пузырёк уровня на середину.

Для окончательного утверждения, что поверяемое условие выполнено, поворачивают горизонтальный круг в произвольном направлении. И если пузырёк остаётся на середине ампулы или отклоняется от неё не более чем на одно деление, значит условие выполнено.

Вторая поверка - Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси её вращения.

Поверку выполняют путём двукратного наведения зрительной трубы на удалённую точку местности, расположенную примерно на уровне трубы, со взятием отсчётов по горизонтальному кругу. Пусть первое наведение велось при положении вертикального круга слева от трубы («круг лево» - КЛ, а «круг право» - КП), а второе, после возвращения трубы через зенит и



поворота алидады на 180°, при круге право - КП (рис.13).

Рис.13 Коллимационная ошибка С

На рисунке Н-Н - ось вращения трубы; А'-А' и А"-А" - положения визирной оси при КЛ и КП; А' и А" - отсчёты по горизонтальному кругу; С - коллимационная ошибка - отклонение визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы.

Как следует из рисунка, коллимационная ошибка вычисляется по формуле

C=(A»- A'±180°)/2.

Если окажется, что величина ошибки С превышает двойную точность отсчёта, эту ошибку нужно исправить. С этой целью наводящим винтом алидады устанавливают отсчёт A_0, свободный от влияния этой ошибки.

A_0=(A»+A'±180°)/2,

теперь, наблюдая в зрительную трубу можно заметить, что перекрестие нитей сошло с наблюдаемой точки. Для исправления снимают с окулярного патрубка трубы колпачок. Ослабляют вертикально расположенные винты сетки и вращением горизонтальных исправительных винтов (один вывинчивать, другой - ввинчивать) перемещают сетку до совпадения перекрестия нитей с наблюдаемой точкой. После исправления закручивают винты.

Пример:

A '= 119°37'; A» = 299°32'.

C=(299°32'-119°37'-180°)/2 =-2,5'..

A_0=(299°32'+119°37' -180°)/2 = 1 19°34',5.

Третья поверка - ось вращения трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Поверка может быть выполнена двумя способами:

а) путём наблюдения большой нити отвеса на всём её протяжении, -при наклоне зрительной трубы перекрестие нитей не должно уклоняться от нити отвеса;

б) проектированием коллимационной плоскости трубы на некоторую картинную плоскость (стену). Для выполнения поверки этим способом теодолит устанавливают в 10 - 15 м от стены здания и зрительную трубу наводят на некоторую точку, высоко расположенную на здании. Закрепляют горизонтальный круг и трубу плавно опускают до горизонтального положения и на стене здания отмечают точку A_1, в которую направлена перекрестие сетки нитей. Затем, ту же операцию выполняют после поворота

трубы через зенит, получая вторую точку A_2. Если изображение отрезка A_1и A_2 не выходят за пределы биссектора, то теодолит исправен. В современных модификациях теодолитов это условие гарантируется изготовителем. Если нарушение выявлено, то исправление ведется в мастерской.

Заметим, что средние из отсчётов по горизонтальному кругу при КП и КЛ свободно от влияния двух последних инструментальных ошибок.

Кроме перечисленных поверок нужно, наблюдая нить отвеса, установить вертикальную нить сетки параллельно нити отвеса. Исправление достигается поворотом всей сетки при ослабленных крепёжных винтах.

Поверки нивелира

Первая поверка - Ось круглого уровня при подставке прибора должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Поверку выполняют так: тремя подъёмными винтами приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачивают прибор на 180°. Если пузырёк уровня отклоняется от середины, то исправительными винтами уровня перемещают пузырёк в сторону середины на половину дуги отклонения, а подъёмным винтом приводят его в нуль-пункт. Для контроля поверку повторяют.

Вторая поверка - Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира. Зрительную трубу нивелира наводят на сетку и берут отсчёт по левому краю нити. Затем наводящим винтом перемещают трубу по азимуту и снимают отсчёт по правому концу нити. Если эти отсчёты отличаются друг от друга не более чем на 1 мм, то нивелир считается исправным. В противном случае сетку нужно развернуть для этого ослабляют крепежные винты обоймы сетки и поворачиваются.

Третья поверка - Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы. Эта поверка называется главным условием для

работы нивелира, так как без выполнения параллельности названных осей выполнение нивелирования невозможно.

Поверка выполняется в полевых условиях двойным нивелированием вперёд. Для этого на сравнительно ровной местности закрепляют кольями две точки, на расстоянии 50-70 м друг от друга (рис.13).

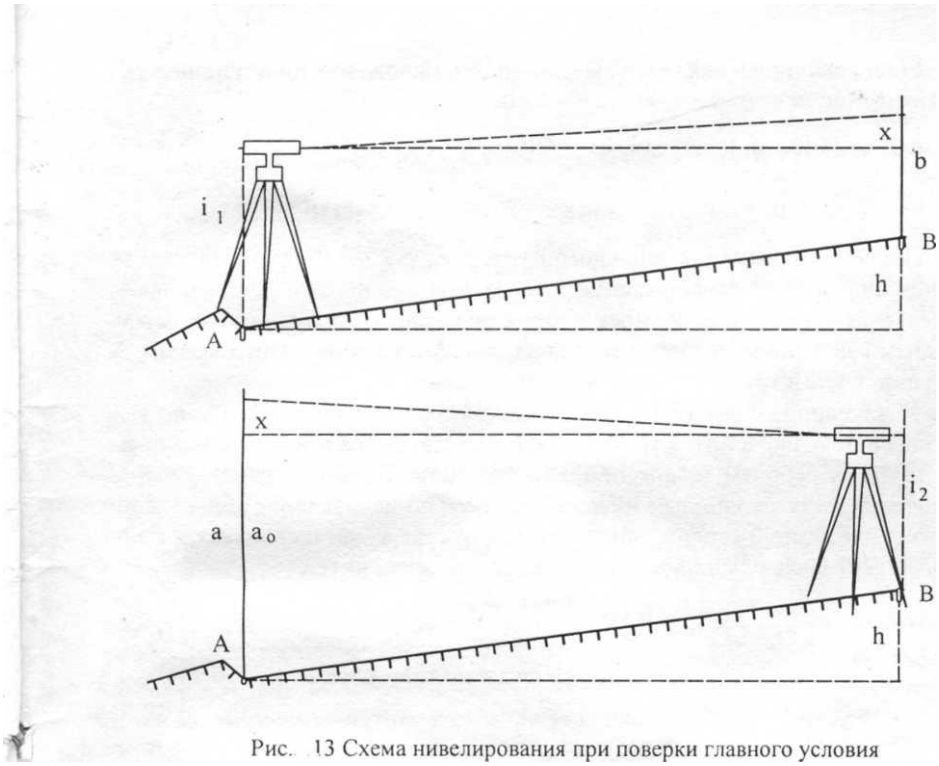


Рис. 13 Схема нивелирования при поверки главного условия

В точке А устанавливается нивелир, а над точкой В ставится рейка. После приведения прибора в рабочее положение по круглому уровню измеряют его высоту i над точкой А с точностью до миллиметра. Направляют трубу на рейку и после совмещения элевационным винтом концов пузырька уровня берут отсчёт b по чёрной стороне рейки.

С учетом ошибки x, возникающей из-за непараллельности осей превышение будет равно

$$h=i_i-(b-x).$$

Поменяем нивелир и рейку местами и выполним второе нивелирование отрезка АВ. Превышения h в этом случае вычисляется по формуле

$$h = (a-x)- i_2.$$

Приравнивая эти превышения, получим, что

i_1-b+x = a-x- i_2 откуда 2x = -i_1+b+ a- i_2 и, наконец,

x = (a+b)/2-(i_1+i_2)/2

Если величина *x* окажется выше 4 мм, то положение цилиндрического уровня нужно исправить.

Пример: i_1=148 мм, b=674 мм. i_2=1073 мм, a= 1601 мм

x = (1601+674)/2 - (1148+1073)/2 =1137,5-1110,5= 27 мм.

После вычислении правильного отсчета a_0=a-x =1601-27=1574 мм , не снимая нивелира со второй станции, элевационным винтом устанавливают этот отсчёт по рейке, а пузырёк уровня возвращают в нуль-пункт вертикальными исправными винтами уровня, открыв заслонку этого уровня у окулярной части трубы.

У нивелиров с компенсаторами (например, у нивелира Н10), первые две поверки аналогичны, а третье условие заключается в том, что визирная ось трубы в рабочем положении должна быть горизонтальной. Поверка выполняется также двойным нивелированием, но исправление делается по-другому: на второй стадии исправленный отсчёт a_0 устанавливается с помощью вертикальных исправительных винтов сетки нитей.

Поверки мензулы

Формулировка условия.	Порядок выполнения поверки.
Мензула должна быть устойчивой.	Устанавливают штатив, закрепляют становой винт, винты, которыми планшет закрепляется с подставкой, и зажимают закрепительный винт подставки. Устанавливают кипрегель на планшет и наводят зрительную трубу на удаленную точку местности. Глядя в трубу, нажимают слегка на планшет сверху и сбоку и отпускают его. Если после этого центр сетки вновь устанавливается на ту же точку местности, то условие выполнено. В противном случае исправление

	выполняется в мастерской.
Верхняя поверхность планшета должна быть плоскостью.	Для поверки условия несколько раз прикладывают ребро выверенной линейки к поверхности планшета. Условие будет выполнено, если между ребром линейки и поверхностью планшета просвет будет не более 0.5 мм. В противном случае исправление производится в столярной мастерской.
Верхняя плоскость планшета должна быть перпендикулярна к оси его вращения (необязательная поверка).	Поверка производится при помощи выверенного круглого уровня, по которому плоскость планшета приводится в горизонтальное положение. (Для поверки можно использовать уровень на линейке кипрегеля). Открепив закрепительный винт подставки, вращают планшет. Если при этом пузырек уровня будет отклоняться и выйдет за большой круг ампулы, то условие не выполнено. Исправление производится в мастерской. С мензулой можно работать и тогда, когда это условие не выполнено, но после каждого поворота планшета его надо проверять.

Поверки кипрегеля КБ-1

Формулировка условия.	Порядок выполнения поверки.
Скошенный край линейки должен быть прямой линией, а ее нижняя поверхность – плоскостью.	По скошенному краю линейки проводят тонкую линию и прикладывают к ней линейку, повернув кипрегель на 180°, проводят еще линию. Обе линии должны совпасть. Линейка должна плотно прилегать к планшету.
Ось круглого уровня на линейке должна быть	Устанавливают на планшете кипрегель, подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в нульпункт. Поворачивают кипрегель на 180°. Если пузырек остался в нульпункте, то условие выполнено. В

перпендикулярна к нижней плоскости линейки.	противном случае, действуя исправительными винтами уровня, перемещают пузырек на ½ дуги отклонения в сторону нульпункта, а вторую половину подъемными винтами.
Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.	Наводят центр сетки на отдаленную точку местности при двух положениях вертикального круга. После каждого наведения прочерчивают вдоль скошенного края линейки кипрегеля тонкие линии. Если прочерченные линии совпадут, то условие выполняется. При наличии угла между линиями, прочерчивают его биссектрису, прикладывают к ней скошенный край линейки и, действуя исправительными винтами сетки, совмещают ее центр с изображением наблюдаемой точки.
Ось вращения зрительной трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки.	Поверка производится так же, как поверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения теодолита. Условие гарантируется заводом изготовителем.
Коллимационная плоскость трубы должна быть параллельна скошенному краю линейки.	Приводят планшет в горизонтальное положение, наводят центр сетки на отдаленную точку местности и по краям скошенной грани линейки устанавливают отвесно тонкие иголки. Если точка окажется в створе иголок, то условие выполнено. Величина ошибки должна учитываться только при ориентировании планшета по буссоли.
Вертикальная нить должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.	Поверка выполняется по отвесу. Юстировка производится поворотом сетки нитей.
	Наводят пересечение вертикальной линии и основной кривой Н на удаленную точку местности при двух положениях

Место нуля вертикального круга должно быть равно 90°.	трубы, после приведения уровня на алидаде вертикального круга в нульпункт, и производят отсчеты. Место нуля вычисляют по формуле МО=(КП-180°+КЛ)/2. Если место нуля оказалось не равным 90°, то пузырек уровня (при круге лево) приводят в нульпункт и вращением трубы устанавливают отсчет равный месту нуля; затем действуя микрометренным винтом алидады, устанавливают отсчет равный 90°00´ и исправительными винтами уровня приводят пузырек в нульпункт.

4 Геодезические разбивочные работы.

4.1 Общие сведения

1.1.1. Перенос в натуру запроектированных зданий и сооружений называют разбивочными работами. Они противоположны съемочным работам, но должны выполняться более точно.

1.1.2. Разбивочные работы подразделяют на основные и детальные. Основные разбивочные работы заключаются в определении на местности положения главных и основных осей сооружения. Способы перенесения главных или основных осей аналогичны способам определения точек при съемке (полярных и прямоугольных координат, линейных и угловых засечек и т.п.).

1.1.3. Детальные разбивочные работы состоят в определении на местности точек вспомогательных осей сооружения, определяющих положение всех деталей. Детальные разбивочные работы выполняются, как правило, от ранее перенесенных в натуру главных или основных осей сооружения.

1.1.4. В процессе разбивочных работ производят геодезические измерения, свойственные исключительно разбивочным работам: построение

горизонтального угла, построение длин линий, вынос в натуру точек с заданной отметкой, вынос в натуру линий с проектными уклонами и т.п. Эти геодезические измерения называют элементами разбивочных работ.

4.2 Оси зданий и сооружений. Разбивочные чертежи

1.1.5. Главными осями здания или сооружения являются оси его симметрии (линии I– I и II – II на рис. 1).

Главные оси разбивают преимущественно в зданиях, имеющих сложную конфигурацию и большие размеры, а также в том случае, если группа сооружений тесно связана между собой технологическими линиями.

1.1.6. Основными осями здания или сооружения называются линии, определяющие контур в плане (линия А – А, Г – Г, 1 – 1, 4 – 4 на рис.1). Все остальные оси являются вспомогательными.

1.1.7. Перед выносом в натуру главных и основных осей составляются разбивочные чертежи (рис. 2). На разбивочных чертежах показываются все оси здания или сооружения, расстояния между осями, пункты геодезической основы, относительно которых ведется разбивка, и разбивочные элементы – углы и линии.

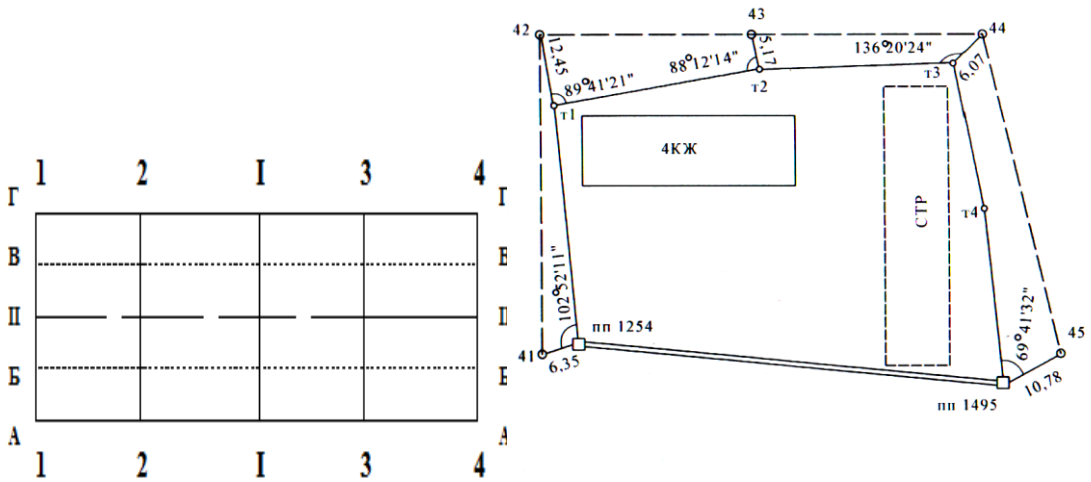


Рис.1 Рис.2

1.1.8. Величины углов и линий, необходимых для разбивки сооружений, предварительно получают графическим, аналитическим и графо-аналитическим способом. Наиболее распространенным является графо-аналитический способ. Его суть заключается в следующем:

-координаты точек определяют по плану, используя формулы, учитывающие возможную деформацию бумаги:

$$X_i = X_0 + \frac{N}{a+в} * a; \qquad Y_i = Y_0 + \frac{N}{c+д} * c,$$

где X_0, $У_0$ – координаты юго-западного угла координатной сетки;

N – теоретический размер стороны квадрата координатной сетки в масштабе плана;

а и в – расстояния от южной и северной сторон координатной сетки до определяемой точки в масштабе плана;

с и $д$ – расстояния от определяемой точки до западной и восточной сторон координатной сетки в масштабе плана;

-дирекционный угол α_{AB} вычисляют по формуле:

$$\alpha_{AB} = arctg \frac{У_B - У_A}{X_B - X_A}$$

-длину отрезка определяют по формулам:

$$S = \frac{У_B - У_A}{\sin\alpha_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\sin\alpha_{AB}} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (У_B - У_A)^2}$$

4.3 Способы разбивки главных и основных осей сооружений

4.3.1 Главные и основные оси разбивают на местности способами прямоугольных и полярных координат, линейными и угловыми засечками. Способ разбивочных работ выбирают в зависимости от наличия геодезических приборов и условий местности.

4.3.2 Способ полярных координат. Разбивка осей сооружений способом полярных координат ведется от ближайших пунктов геодезической плановой основы, когда местность открытая, сравнительно ровная, т.е. удобная для линейных измерений. Для перенесения в натуру проектной точки P в опорном пункте A строят полярный угол β, равный разности дирекционных углов направлений AP и AB, откладывают расстояние S и фиксируют точку P.

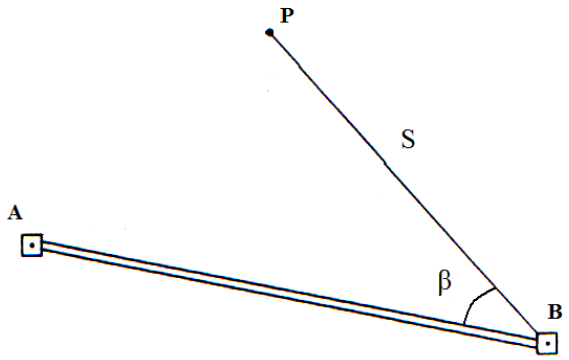


Рис.3.

4.3.3 Способ прямоугольных координат. Этот способ наиболее часто применяется при разбивке осей сооружений от пунктов строительной сетки. Перенос в натуру точки P заключается в том, что вдоль линии AB откладывают отрезок S_1, а затем из конечной точки E этого отрезка восстанавливают перпендикуляр S_2. Отрезки S_1 и S_2 измеряют мерной рулеткой. Перпендикуляр восстанавливают с помощью теодолита. Возможно построение перпендикуляра линейной засечкой с использованием свойств теоремы Пифагора.

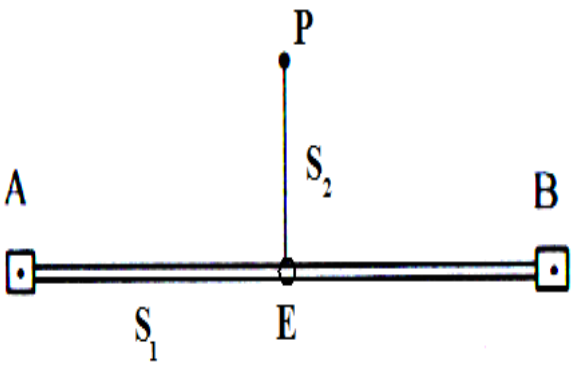
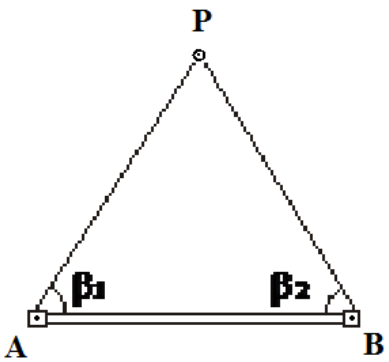


Рис.4



4.3.4 Способ прямой угловой засечки. При способе прямой угловой засечки положение точки Р на местности определяют путем выноса в натуру двух углов β_1 и β_2, каждый из которых составлен направлением на точку Р и прямой, соединяющей пункты геодезической основы. Способ выгодно отличается от других способов при разбивке точек, значительно удаленных от

Рис.5

опорных пунктов, и особенно тогда, когда непосредственное измерение расстояний затруднено или невозможно.

4.3.5 Способ линейной засечки. Точка сооружения Р при способе линейной засечки определяется пересечением дуг проектных расстояний S_1 и S_2, отложенных от пунктов геодезической основы. Способ применяют тогда, когда расстояния S_1 и S_2 не превышают длины мерного прибора. Данный способ дает хорошие результаты при разбивке точек сооружения на ровной и открытой местности и вблизи пунктов геодезической основы.

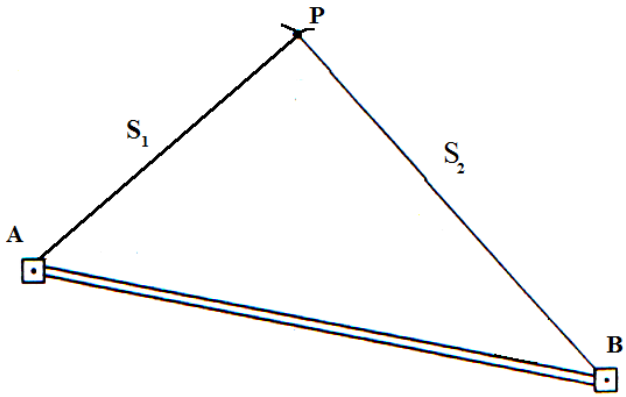
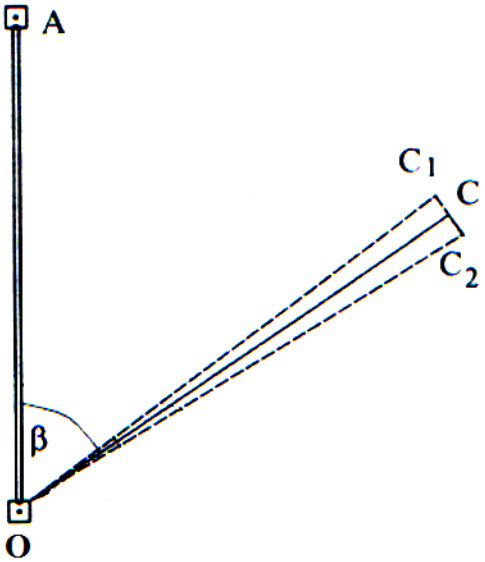


Рис.6

4.3.6 Главные и основные оси сооружений закрепляют на местности осевыми знаками (обычно по два знака с каждой стороны). Осевые знаки должны быть долговременными, обеспечивать беспрепятственное ведение строительных и многоэтажных работ, быть стабильным по высоте и в плане.

4.4 Элементы разбивочных работ

4.4.1 Вынос в натуру горизонтального угла



4.4.1.1 При выносе горизонтального угла задается вершина проектного угла и одна из его сторон. Положение второй стороны угла на местности определяется в результате отложения по лимбу заданной величины горизонтального угла и фиксации положения визирной оси трубы. Для этого теодолит устанавливают в точке О (рис. 7) и ориентируют по заданной стороне ОА, предварительно совместив алидаду с лимбом на нулевом отсчете.

При закрепленном лимбе поворотом алидады откладывают проектную величину угла и фиксируют вторую сторону в точке B_1. Чтобы

Рис.7

исключить влияние инструментальной погрешности, проектную величину угла откладывают при другом положении круга и получают сторону OB_2. Правильное положение второй стороны проектного угла определит биссектриса ОВ, которую получают делением отрезка B_1B_2 пополам.

4.4.1.2 Направление сторон OB_1 и OB_2 можно фиксировать отсчетами B_1 и B_2 по горизонтально расположенной рейке. Средний отсчет определит искомое направление, которое необходимо закрепить колышком. Вынесенный в натуру проектный угол контролируется повторным измерением.

4.4.2 Вынос в натуру проектной длины линии

4.4.2.1 Задача выноса в натуру длин линий при геодезических разбивочных работах состоит в отложении горизонтального проложения проектной линии на местности в заданном направлении. В отложенное на местности горизонтальное расстояние вводят поправки за угол наклона, за компарирование мерного прибора и за температуру.

4.4.2.2 Проектная длина линии будет равна

$$S = S_0 + \Delta S_\nu + \Delta S_\kappa + \Delta S_t$$

где S_0 – горизонтальное проложение проектной линии;

$\Delta S_\nu = 2S_0 \sin^2 \frac{\nu}{2}$ – поправка на наклон местности

ν – угол наклона;

$\Delta S_\kappa = \frac{S_0}{N}(l - N)$ – поправка за компорирование,

l – действительная длина мерной ленты;

N – номинальная длина мерной ленты;

$\Delta S_t = S \cdot d(t_i - t_0)$ – поправка за температуру,

α – линейный коэффициент расширения, для стальных лент α=0,000012,

t_i-t_0 – разность температур при компорировании и выносе линии в натуру.

4.4.3 Вынос в натуру точки с заданной отметкой

4.4.3.1 В условиях строительной площадки эта задача возникает при выносе отметок «строительного нуля», от стен опалубки при бетонных

работах, дна вырытых траншей и котлованов и отметок монтажных горизонтов.

1.4.3.2. Проектную отметку точки переносят от пункта высотной геодезической основы. Для этого устанавливают нивелир между репером и точкой, обозначенной временным знаком (рис.8). Взяв отсчет «а» по рейке, установленной на репере, вычисляют горизонт инструмента - $ГИ = H + a$.

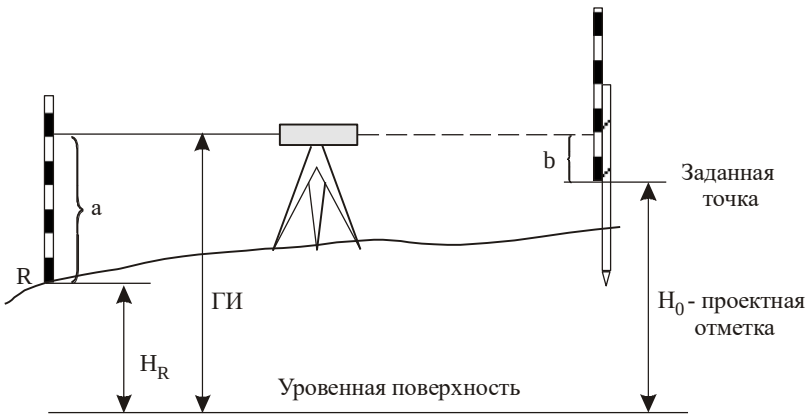


Рис.8

1.4.3.3. По формуле $в = ГИ - H_{пр}$ вычисляют отсчет, который должен быть на рейке, установленной на проектной высоте. Устанавливают рейку на кол (А) и, постепенно вбивая топором кол, добиваются того, чтобы отсчет по рейке стал равным предвычисленному «в». Проектную высоту можно также отметить чертой на колышке. Если забиваемый кол находится в выемке, то на нем выписывают величину срезки (в-в′). При небольших срезках (в-в′) перед забивкой кола вырывают яму.

4.4.4 Передача отметки на дно котлована или траншеи и на верхние этажи зданий

1.4.4.1. При передаче отметок в глубокие котлованы (траншеи) или на верхние этажи зданий пользуются подвесными рулетками (рис. 9, 10). Наблюдения ведут на двух станциях. Отсчеты берут по рулетке и рейке в точках А и В.

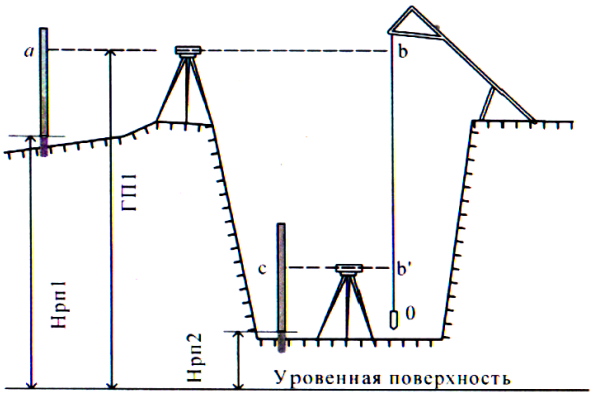


Рис.9

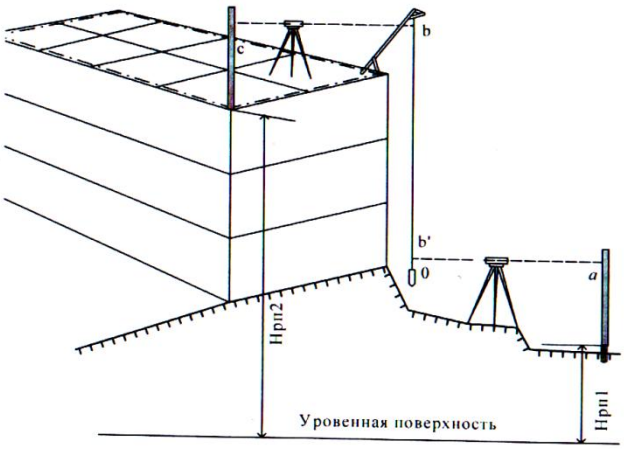


Рис.10

Тогда для первого случая (передача отметок в глубокие котлованы): $H_{РП2} = H_{РП1} + a - (b - b') - c$,

а для второго случая (передача отметок на верхние этажи зданий): $H_{РП2} = H_{РП1} + a + (b - b') - c$.

1.4.4.2. В процессе измерений к рулетке подвешивают гирю весом 10 кг и опускают в ведро с водой, перемешанной с опилками.

1.4.4.3. Наблюдения желательно вести при двух положениях горизонта инструмента, соблюдая равенство расстояний от инструментов до рейки и рулетки.

4.4.5 Вынос в натуру линии заданного уклона

1.4.5.1. Задача решается с помощью нивелира. В первую очередь в натуру выносят отметки начальной и конечной точек линии АВ (см. раздел 1.4.3.).

1.4.5.2. Нивелир устанавливают над начальной точкой А (рис.11) и измеряют высоту инструмента i. В точке В устанавливают рейку, а зрительную трубу нивелира наклоняют до тех пор, пока на рейке не будет отсчета, равного высоте инструмента i. При этом визирная ось нивелира наклоняется и становится параллельной линии заданного уклона. В промежуточных точках С,Д,Е колья забивают так, чтобы отсчет по рейке равнялся высоте инструмента.

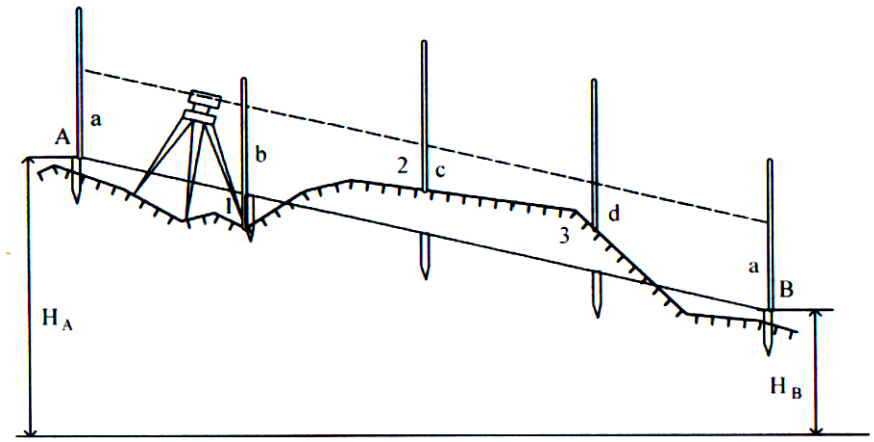


Рис.11

5 Геодезические работы при вертикальной планировке

5.1 Проектирование горизонтальной площадки

19.3.1Для проектирования горизонтальной площадки используется план топографической съёмки в масштабе 1:500, составленный по результатам нивелирования по квадратам. Сечение рельефа горизонталями через 0,25 м.

19.3.2Средняя отметка H_0 участка, соответствующая частному балансу земляных работ, вычисляется по формуле:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n},$$

где $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$ -суммы отметок вершин, принадлежащих одному, двум, трём, четырём квадратам;

n- число квадратов сетки.

19.3.3Рабочие отметки получают как разности фактических отметок H_i и отметки H_0.

19.3.4На плане проводят горизонталь с проектной отметкой H_0. Данная горизонталь разграничивает земляные работы по выемке и насыпи. Объём земляных работ (отдельно по выемке и насыпи) подсчитывают методом горизонтальных параллельных сечений, представленных на плане сечениями горизонталей. Площадь каждого сечения S_i ограничивается соответствующей горизонталью и рамкой, если горизонталь пересекает рамку. Площади сечений определяются при помощи полярного планиметра.

19.3.5Объём тела, заключённого между двумя соседними сечениями, находят по формуле:

$$V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot h,$$

где h-высота сечения рельефа горизонталями.

Общий объём выемки (насыпи) равняется сумме V_i

$$V = \sum V_i$$

5.2 Разбивка горизонтальной площадки и вынос в натуру линии нулевых работ

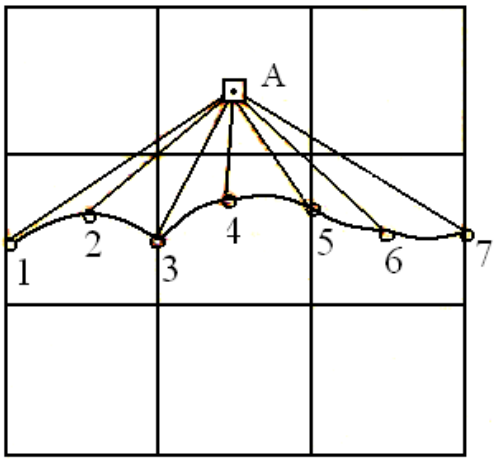
5.2.1 Нивелир устанавливают так, чтобы можно было взять отсчёты по рейке на всех вершинах квадратов. Если это невозможно, то разбивку выполняют с двух и более станций.

5.2.2 Вычисляют горизонт инструмента ГИ и отсчёт b, который должен быть на рейке при проектировании горизонтальной площадки на отметке $H_{пр}$

ГИ=Н+а, b=ГИ-$H_{пр}$,

где Н- отметка репера;

а - отсчёт по рейке, установленной на репере.



5.2.3 Наблюдая поочерёдно каждую вершину квадрата, устанавливают в них колья на такую высоту, чтобы отсчёт по рейке был b (или подписывают на кольях рабочие отметки)

5.2.4 После выноса в натуру горизонтальной площадки на местности разбивают линию нулевых работ. Точки линии нулевых работ 1,2,3… находят на местности, переставляя рейку по склону до тех пор, пока отсчёт не будет равен b. Линию нулевых работ закрепляют на местности колышками через 5-6 м. рис. 12

5.2.5 Если проектирование горизонтальной площадки выполнялось по материалам нивелирования площадей по квадратам, то проектную линию нулевых работ, нанесённую на план, привязывают к вершинам квадратов и по результатам этой привязки выносят на местность.

5.3 Проектирование наклонной площадки

5.3.1 Проектирование наклонной площадки выполняется по результатам площадного нивелирования. На листе чертёжной бумаги строится сетка квадратов и выписываются отметки вершин (рис.13).

5.3.2 Проектные отметки вычисляют по формуле:

$$H_{пр} = H_0^i + id,$$

где H_0^i - проектная отметка опорной линии;

I - проектный уклон в направлении, перпендикулярном опорной линии;

d - расстояние до начальной отметки.

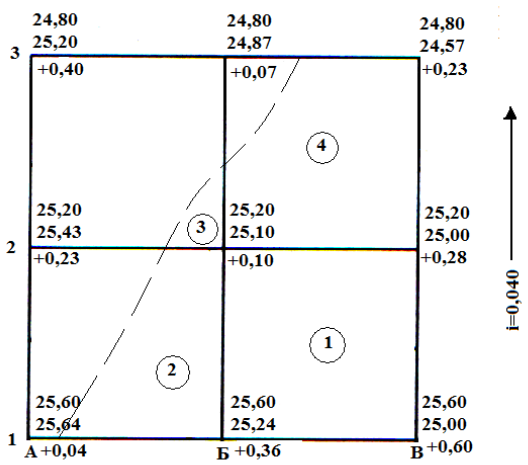
Рабочие отметки получают как разности фактических отметок H_{ij} и проектных H_0^i:

$$h_{ij} = H_{ij} - H_0^i$$

Знак «минус» у рабочей отметки указывает на то, что здесь должна быть насыпь, а «плюс» - выемка.

5.3.3 На сторонах квадратов, имеющих рабочие отметки с разными знаками, определяют положение точек нулевых работ по известному соотношению:

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



где X-расстояние от вершины квадрата до точки нулевых работ;

d - длина стороны квадрата;

a и b - рабочие отметки. Рис.13

5.3.4 Объём земляных работ отдельного квадрата или его части вычисляется по формуле: $V_i = S_i \cdot h_{cp}$

где S_i - площадь полного квадрата или его части (рис. 13)

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \text{ (1 и 2);}$$

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} \text{ (3);}$$

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5}{5} \text{ (4);}$$

h_i - рабочая отметка.

5.4 Разбивка наклонной площадки и вынос в натуру линии нулевых работ

5.4.1 При перенесении на местность наклонной площадки нивелир необходимо установить так, чтобы его вертикальная ось стала перпендикулярна проектируемой плоскости.

5.4.2 По методике, описанной в разделе 2.4.3, в трёх точках площадки $A_1, B_1, Б_3$(рис.23) на проектную высоту забивают колья. После этого нивелир устанавливают в точке $Б_1$ так, чтобы два подъёмных винта были параллельны линии 1-1, а третий - в направлении точки $Б_3$. Приводят нивелир в рабочее положение и отсчитывают по рейкам, установленным в точках A_1 и B_1. Отсчёты должны быть одинаковыми (например, $a_0 = b_0 = 1247$). Затем зрительную трубу направляют на рейку, установленную в точке $Б_3$ и, вращая третий подъёмный винт, наводят визирную ось на тот же отсчёт (равный в нашем примере 1247). В этом случае вертикальная ось будет перпендикулярна плоскости проектируемой площадки.

5.4.3 Наблюдая поочерёдно каждую вершину квадрата и снимая отсчёты, определяют рабочие отметки $h = (a_0 - a_i)$ или устанавливают в них колья на такие высоты, чтобы отсчёт всё время был равен исходному отсчёту.

5.4.4 По формулам (раздел 3.3.3) вычисляют расстояние от точек нулевых работ до вершин квадратов и по результатам этих привязок выносят линию нулевых работ на местность.

6 Исполнительные съёмки

6.1 Исполнительные съёмки сооружений

6.1.1 Исполнительные съёмки проводят с целью выявления всех отступлений от проекта сооружения, допущенных при его строительстве, а также для определения фактического положения элементов сооружения. Съёмку производят по мере выполнения строительно-монтажных работ,

чтобы своевременно выявить отступления от проекта. После завершения строительства исполнительные генеральные планы составляют в масштабах 1:500-1:1000 для городов, промышленных площадок и трасс трубопроводов.

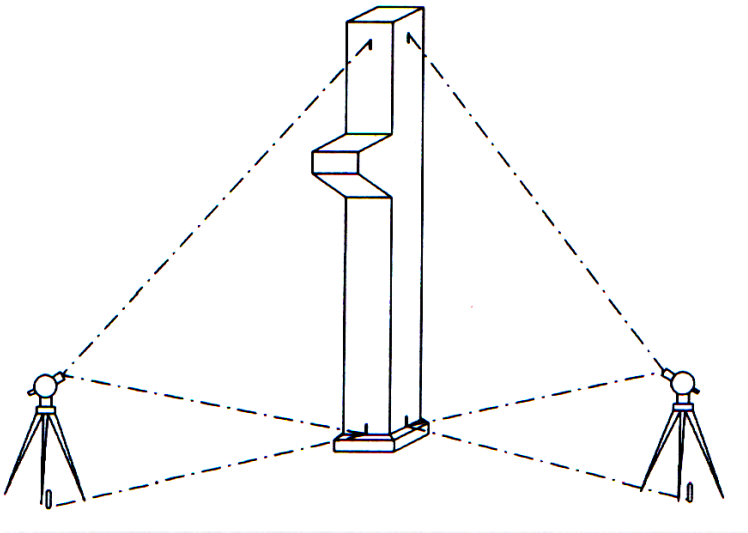
6.1.2 Съёмку производят способами полярных и прямоугольных координат, прямой угловой и линейной засечками, промерами по створу, обмерами и т.п. Отметки получают геометрическим нивелированием от ближайших реперов.

6.1.3 При производстве исполнительных съёмок особое внимание уделяют подземным коммуникациям. Съёмку подземных коммуникаций производят в открытых траншеях и котлованах до засыпки грунтом. При съёмке необходимо определять положение следующих объектов и величин:

- трассы магистральных каналов, коллекторов, водопроводов, газопроводов, теплопроводов;
- распределительные сети;
- присоединения и вводы;
- углы поворота трассы;
- камеры, колодцы и коверы с указанием отметок дна колодцев и камер, ободков люков и земли у них;
- отметки низа и верха труб;
- точки перелома профиля трассы.

Кроме указанных данных, отражающих планово-высотное положение построенных коммуникаций, определяют диаметр труб, их материал, давление и т.п., а также планово-высотное положение пересекаемых коммуникаций.

6.2 Поверка вертикальности ряда колонн



6.2.1 Поверка вертикальности ряда колонн осуществляется при помощи теодолита. Теодолит устанавливается от оси ряда колонн на расстоянии 0,3-0,5 м и к боковой грани верха и низа каждой колонны прикладывают короткую рейку. По разности отсчётов по рейке получают величину отклонения от вертикали (рис.14).

Рис.14.

6.2.2 Для определения фронтальных отклонений вверху и внизу каждой колонны ставят осевые штрихи. С помощью теодолита проектируют верхний штрих на основание колонны и отмечают штрихами при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП). Линейкой измеряют отрезки 0-КП и 0-КЛ. Запись ведут в специальном журнале (таблица 1).

Таблица 1.

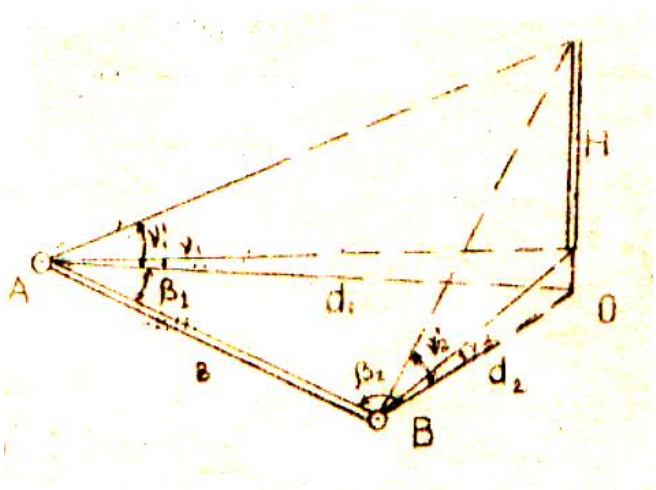
№ колонны	Фронтальные отклонения ($\Delta_ф$)							Боковые отклонения ($\Delta_Б$)						
	Отсчёты							Отсчёты						
	П	Л		КЛ	ср			П	Л		КЛ	ср		
	3	4	3,5	1	0,3	,09	3,5	.221	22	21,5	1	0,3	,09	1,0
								.225	26	25,5	1	0,3	,09	

	11	10	10,5	1	0,3	,09	10,5	.250 .238	52 39	51,0 38,5	2 1	0,7 0,3	,49 ,09	12,5
			,0		0,7	,49	,0	.255 .247	57 48	56,0 47,5	2 1	0,7 0,3	,49 ,09	8,5
				2	0,1	,67						8	0,2	,70
				0,7								,3		
			$m = \sqrt{\frac{[d']^2}{2(n-1)}} \approx \pm 0{,}42 мм$								$m \approx \pm 0{,}41 мм$			

6.2.3 Для устранения инструментальных погрешностей теодолита поверку вертикальности ряда колонн выполняют при двух положениях вертикального круга.

6.3 Определение высоты неприступного сооружения

6.3.1 На расстоянии не менее 1-2 Н объекта разбивают базис той же длины (рис. 15). Измерения базиса выполняют стальной лентой не менее двух раз с относительной ошибкой не



более 1:2000. Горизонтальные углы β_1 и β_2 измеряют теодолитом одним полным приёмом с перестановкой лимба между полуприёмами на 90º. Рис.15

6.3.2 Вертикальные углы измеряют при двух положениях круга. Контролем правильности измерений служит постоянство места нуля (МО).

6.3.3 Горизонтальные расстояния d_1 и d_2 вычисляют по формулам:

$$d_1 = \frac{B \cdot \sin\beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}, \; d_1 = \frac{B \cdot \sin\beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

6.3.4 Высоту сооружения Н определяют по формулам:

$$H_1 = d_1 \cdot (tg\nu_1^{/} - tg\nu_1)$$

$$H_2 = d_2 \cdot (tg\nu_2^{/} - tg\nu_2)$$

Если расхождение не превышает 3-5 см, то вычисляют среднюю высоту сооружения $H_{cp} = \frac{H_1 + H_2}{2}$

6.4 Наблюдения за креном сооружений

6.4.1 Из-за неравномерной осадки сооружение может получить крен (отклонение от вертикального положения). Различают угловую и линейную величины крена. Угловая величина крена характеризуется углом φ между вертикальным направлением MM_1 и его фактическим положением MM_2. Линейной величиной крена l считается проекция линии MM_2 на горизонтальную плоскость. Обычно определяют l- линейную величину крена.

6.4.2 Способ определения крена измерением горизонтальных углов. На расстоянии, равном примерно полуторной высоте сооружения, на двух взаимно перпендикулярных направлениях закрепляют два постоянных знака А и В (рис.16).

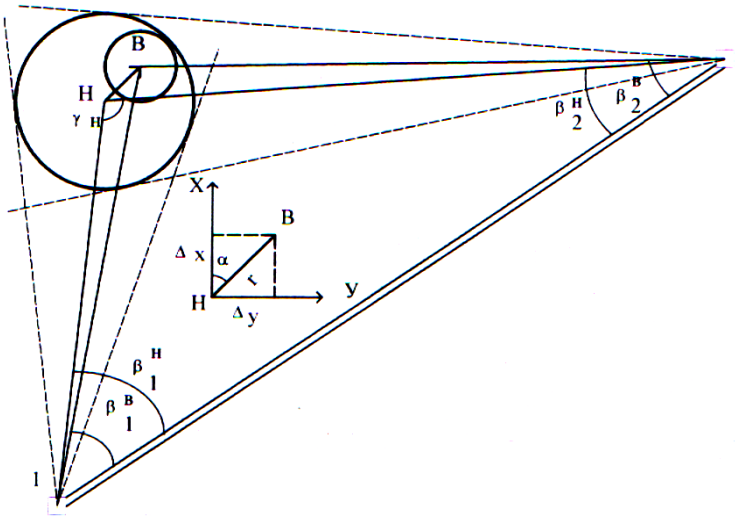


Рис.16.

На образующей трубы в верхнем и нижнем сечении выбирают точки 1,2,3 и 4, на которые и измеряют углы от исходного направления АВ и ВА. Находят $\alpha_{ср} = \dfrac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ и $\beta_{ср} = \dfrac{\beta_1 + \beta_2}{2}$, которые являются направлениями на центр основания М и центр верха трубы M_2.

6.4.3 Зная расстояние S_1 от станции А до центра основания М, крен трубы вычисляют по формуле: $l_1 = \dfrac{S_1(\alpha_1 - \beta_1)''}{\rho''}$

Таким же образом находят величину крена l_2. По правилу параллелограмма получают графически величину полного крена *l*. Направление полного крена (дирекционный угол отрезка) определяют также графически.

6.4.4 Измерения кренов зданий и сооружений могут производиться механическими способами с помощью отвесов и кренов.

7 Определение объёма земляных работ

Определение объёма земляных работ по траншее (рис. 7.1) или по котловану (рис. 7.2) производится по топографическому плану местности

методом горизонтальных и вертикальных параллельных сечений. Площади сечений определяются механическим способом при помощи планиметра или графически - путём разбивки сечения на простейшие геометрические фигуры.

Объём тела, заключённого между двумя соседними параллельными сечениями S_1 и , подсчитывается по формуле:

$$V_1 = \frac{S_1 + S_2}{2} d_{1-2},$$

где d_{1-2} -расстояние между сечениями S_1 и .

Общий объём земляных работ

$$V = \sum V_i$$

7.1 Содержание задания

При заданном положении на топографическом плане оси горизонтальной траншеи построить контур бровок траншеи на плане и определить объём земляных работ методом вертикальных параллельных сечений. Для расчёта взять участок траншеи длиной 100 м между $ПК_1$ и $ПК_2$ (рис. 7.1), масштаб 1:1000.

При решении задачи использовать следующие исходные данные:

a) отметку дна траншеи (индивидуальное задание);
b) ширину траншеи 20 м;
c) углы откоса бортов траншеи 60º;
d) расстояние между сечениями 20 м.

Выполнение задания проводят в следующем порядке:

1. На топографическом плане перпендикулярно оси траншеи проводят через 20 м направления шести параллельных сечений I-I,II-II…VI-VI.

2. Наносят на топографический план контур дна траншеи согласно заданной её ширине.

3. На листе плотной бумаги строят в масштабе плана 1:1000 параллельные сечения I-I,II-II…VI-VI.

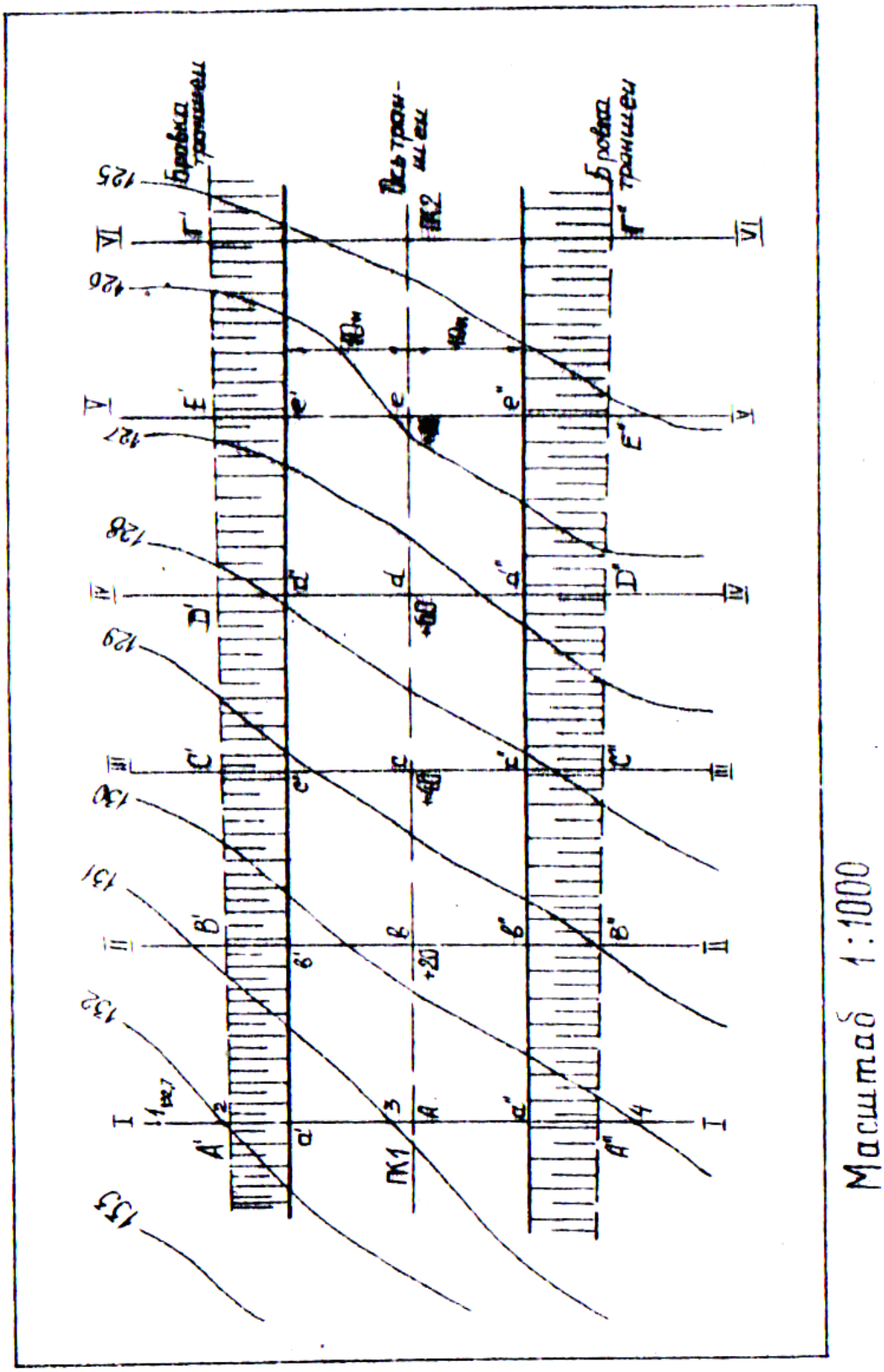


Рис. 7.1

Порядок построения сечений рекомендуется следующий:

a) по направлению каждого сечения обычным порядком строится профиль топографической поверхности земли. При этом за условный горизонт профиля в каждом случае принимают отметку H_0 дна траншеи (рис.2). Масштаб горизонтальный и вертикальный должен быть одинаковым.

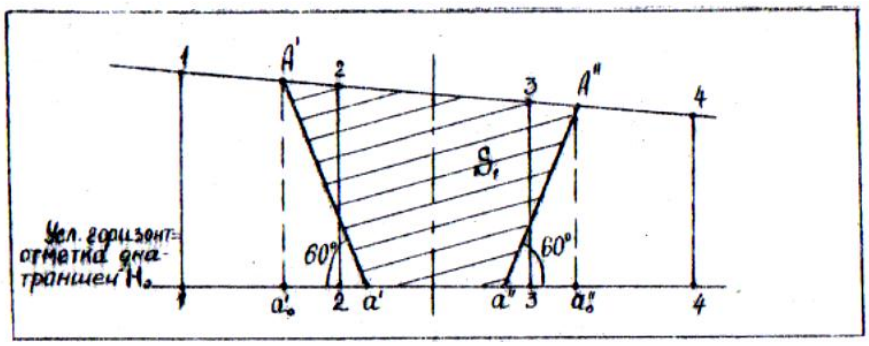


Рис. 7.2.

b) на линию условного горизонта по каждому сечению переносят с топографического плана точки дна траншеи $a'a'', в'в''...e'e''$ и из этих точек под углом 60° проводят линии откосов траншеи. Пересечения этих линий с линией профиля поверхности образуют точки $A', A'', B', B''...$ бровок траншеи, которые затем переносят на топографический план;

c) в итоге, каждое сечение будет ограничено линиями откосов бортов траншеи, её дном и линией топографической поверхности, заключённой между точками бровок траншеи;

4) на топографическом плане проводят линию бровок траншеи;

5) измеряют планиметром площадь каждого сечения и вычисляют объём земляных работ;

6) результаты определения объёмов земляных работ сводят в таблицу индивидуального задания.

Таблица 1

№ сечения	Площадь сечения, м²	Ср. площадь	Расстояния между	Объём, м³
I-I	498	505	20	10100
II-II	512	530	20	10600
III-III	548	555	20	11100
IV-IV	562	568	20	11360
V-V	574	580	20	11600
VI-VI	586			
		общий объём		54760

При заданном положении дна котлована на топографическом плане масштаба 1:1000, известной отметке H_0 и углах откоса бортов, равных 45º, построить на плане контур бровки котлована и определить объём работ при строительстве методом горизонтальных параллельных сечений, проводимых через 5 м.

Порядок выполнения задания рекомендуется следующий:

1. Вычисляют величину заложения «а» соответственно заданному интервалу сечения *h=5 м:*

$a = h \cdot ctg45^{o}$.

2. Параллельно линиям контура дна котлована проводят горизонтали искомых сечений с отметками

$H_1 = H_0 + 5м;$
$H_2 = H_0 + 10м;$
$H_3 = H_0 + 15м;$
.....

Расстояния между проводимыми горизонталями в плане равны вычисленному заложению «а» (рис. 7.3)

3. Точки пересечения горизонталей проведённых сечений с одноимёнными горизонталями топографической поверхности являются точками бровки котлована; эти точки соединяются на плане, образуя границу котлована по поверхности. Точку поверхности в углах котлована находят на ребре котлована методом интерполирования так, чтобы её отметка по горизонтальному сечению и отметка по поверхности земли были одинаковыми.

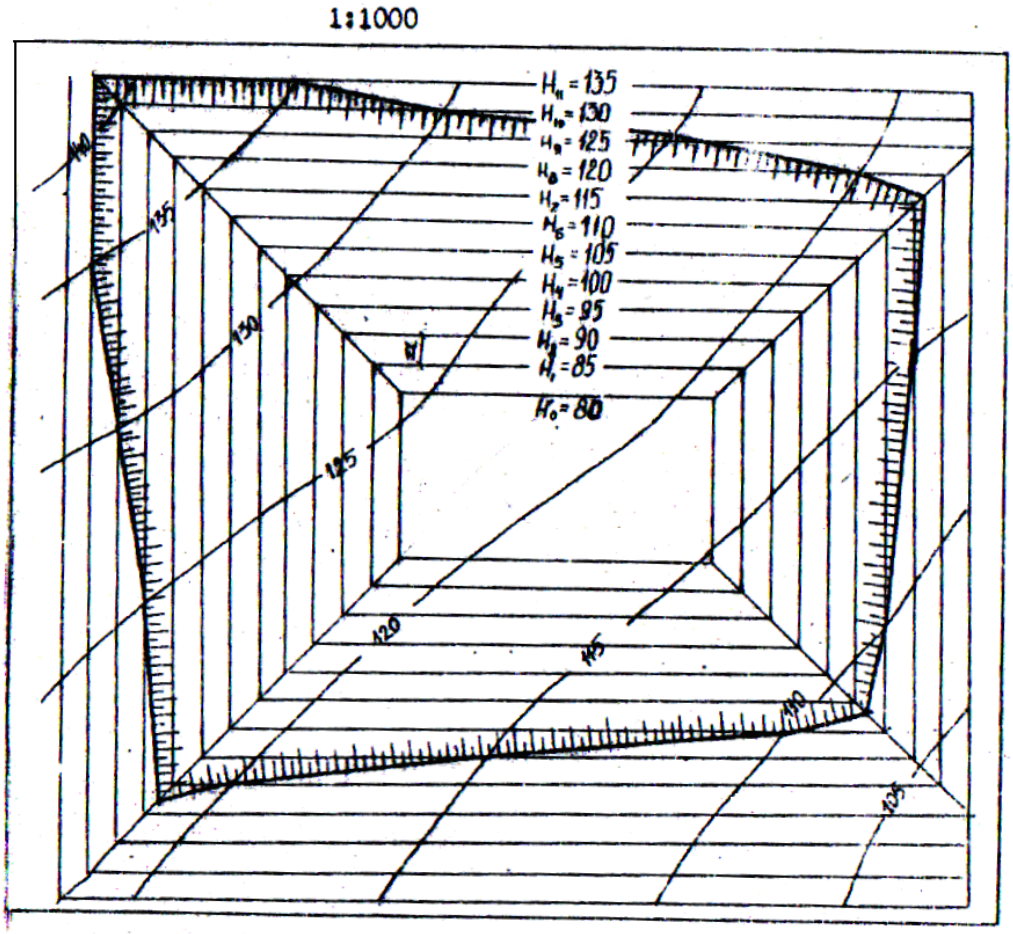


Рис. 7.3.

4. Площадь первого искомого сечения представлена дном котлована, последующие ограничены горизонталями проведённых сечений, а площади верхних сечений образуют замкнутые фигуры, ограниченные горизонталями проведённых сечений и одноимёнными горизонталями топографической поверхности.

5. Площади сечений определяются графическим способом или при помощи планиметра, и вычисляется объём земляных работ

6. Результаты вычисления объёма земляных работ сводятся в таблицу, в которой указаны высота слоя, площадь, средняя площадь и объёмы между параллельными сечениями.

7.2 Обратная геодезическая задача

При выполнении разного рода инженерно-технических работ приходится решать обратную геодезическую задачу, когда по координатам двух точек требуется определить горизонтальное расстояние между ними и дирекционный угол направления линии (таблица 2)

Из рис. 7.4 следуют формулы обратной геодезической задачи:

$$tg\alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A};$$

$$d_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin\alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos\alpha_{AB}},$$

где x_A, x_B, y_A, y_B -координаты точек А и В;

d_{AB} - горизонтальное расстояние между точками А и В;

α_{AB} -дирекционный угол направления.

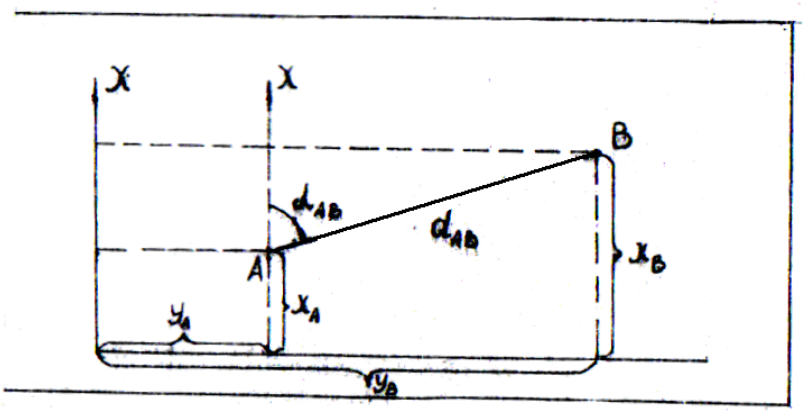


Рис. 7.4

Таблица 2

№ точки	Δx	Δy	$tg\alpha_{AB}$	r α_{AB}	cos sin	d_1 d_2	d_{cp}
В	2	5	0,5	29°0	0,	1	1

А	87,434 - 2 00,000	1,468 - 1 00,000	5507		87434	00,00 м	00,00 м
					0, 48532	1 00,00 м	
	+ 87,434	- 48,532		IV -СЗ			

7.3 Подготовка разбивочного чертежа

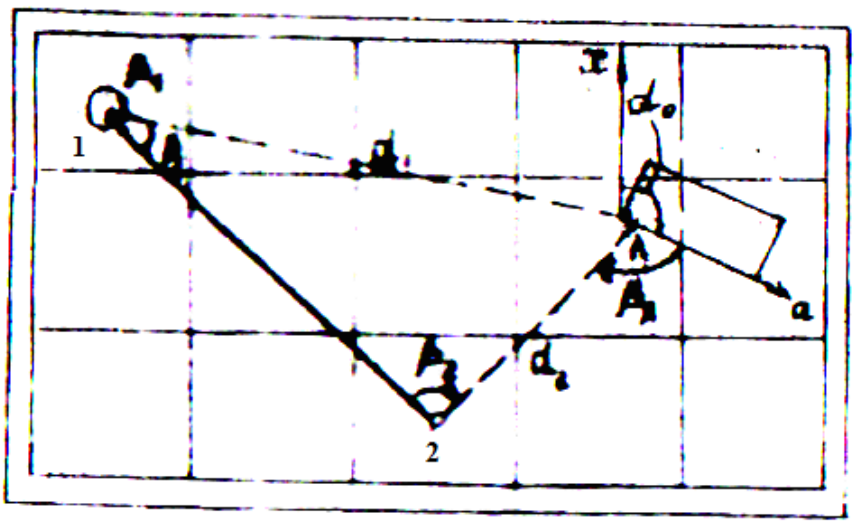


Рис. 7.5.

Требуется перенести в натуру точку А (угол здания), координаты которой взяты с плана графически либо заданы проектом. Направление оси $A_\alpha(\alpha_0)$ также предусматривается проектом. Положение точки А (рис. 7.5)

относительно опорных пунктов определяется горизонтальными углами β_i и горизонтальными расстояниями d_i, а направление оси - углом β_A, величины которых необходимо вычислить. Решив обратную геодезическую задачу по координатам точек 2 и А, найдём дирекционный угол α_{2-A} и горизонтальное расстояние d_2. Угол β_2 получим как разность дирекционных углов составляющих направлений 2-А и 2-1. На местности горизонтальный угол β_2 строится теодолитом, в направлении визирного луча откладывается горизонтальное расстояние d_2. Таким образом закрепляем точку А. Для контроля разбивка делается с двух точек. При необходимости использовать способ угловых засечек вычисляют и строят углы $\beta_1, \beta_2, \beta_A$, после чего переходят к разбивке главных осей сооружения.

8 Цель и задачи работы

Основными задачами данной работы являются:

- знакомство с основами тахеометрической съемки;
- изучение методов построения топографического плана;
- овладение приемами рисовки горизонталей;
- приобретение навыков расчета журнала тахеометрической съемки.

9 Общие теоретические сведения

Выполнению задания предшествуют полевые геодезические работы:

1. Рекогносцировка участка местности с выбором и закреплением вершин теодолитного хода.
2. Измерение сторон и углов теодолитного хода.
3. Съемка ситуации (контуров маетности).
4. Создание высотного обоснования съемки путем геометрического нивелирования вершин теодолитного хода.
5. Тахеометрическая съемка.

По результатам полевых измерений вычисляется координаты точек теодолитного хода, причем вычисления производятся в специальной ведомости.

При тахеометрической съемке в журнал записывает следующие данные:

- отсчет по горизонтальному кругу от ориентирного направления;
- отсчет по дальномеру D_o, отсчет по вертикальному кругу (положение

прибора "круг лево" - КЛ).

Используя эти данные определяют место нуля (МО), угол наклона (ν) и расстояния (D) по формулам:

$$МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^0}{2} \qquad (1)$$

$$\left.\begin{array}{ll} \nu = МО\text{-}КЛ & \text{(теодолит Т5)} \\ \nu = КЛ\text{-}МО & \text{(теодолит Т30)} \end{array}\right\} \qquad (2)$$

$$D = k * D_0 + c \qquad (3)$$

где k, c - постоянные нитяного дальномера.

Затем вычисляют превышение h и горизонтальное проложение d по формулам

$$h = \frac{1}{2} D * \sin 2\nu \qquad (4)$$

(при наведении на высоту инструмента)

$$d = D \cos^2 \nu \qquad (5)$$

Величины h и d можно определить по специальным тахеометрическим таблицам или рассчитать по программе для ЭКВМ БЗ - 21 „Электроника" (приложение 1).

Высоты пикетов вычисляют путем прибавления превышения данного пикета к отметке станции (с учетом знака h_{nk} :

$$H_{nk} = H_{cm} + h_{nk} \qquad (6)$$

Пример заполнения журнала указан в табл. 1.

H_2=209,1м	МО=0°02'
Ориентировка на т. 3 – 0°00'	Теодолит Т5
i =1,45 м	Круг КЛ

Таблица I

очки	Горизонт. круг	Вертик круг	Расстояние дальном., м	Горизонт. проложение, м	Вертикальный угол	Превы-шение, м	Высота, м
	267°40’	179°46’	42,60	42,60	0°16’	+0,20	209.3
	355°55’	174°10	37,39	37,0	5°52’	+3,80	212.9
	283°21’	180°18’	131,60	131,60	-0°16’	-0,60	208.5
	347°10’	75°41’	129,00	129,0	+4°21’	+9,80	218.9

Горизонтальные и вертикальные углы измеряются оптическим теодолитом (ТЗО, Т5), расстояния до пикетных точек определяются нитяным дальномером.

Студенту выдается задание:

- журнал тахеометрической съемки с результатами полевых измерений;
- высота исходная одной или двух станций;
- абрис тахеометрической съемки (приложение 2).

10 Порядок выполнения работы

1. Расчет журнала тахеометрической съемки (см. раздел 2, формулы (1)-(6)) .

2. Графическое оформление плана

На листе чертежной бумаги строится координатная сетка со стороной 10 см с помощью линейки И. Ю. Дробышева. Диагонали построенной сетки не должны отличаться более чем на 0,2 мм. В масштабе 1:1000 оцифровывают

сетку, выбирая начало координат сетки так, чтобы участок разместился в середине листа. Наносят по координатам все вершины полигона. Правильность нанесения хода контролируется по длинам сторон.

Подробности местности наносятся по данным абриса. Методы

перенесения контуров и предметов местности на план должны соответствовать способам их съемки на местности.

Числовые данные и направление, указанные в абрисе, на план не наносятся. Ситуация изображается на плане условными знаками в строгом соответствии с условными знаками соответствующего масштаба, причем контурные знаки и надписи располагаются параллельно координатной сетке.

Высотные пикеты наносят на план следующим образом.

Возле каждой станции в виде дроби записывают в числителе номер станции, в знаменателе высоту станции до 0,01 м. Пакеты накладывают на план по горизонтальным углам от ориентирного направления по ходу часовой стрелки. На полученных направлениях откладывают горизонтальные проложения от точек стояния инструмента (станций) до пикетов в масштабе 1:1000 (используется масштабная линейка). Возле каждого нанесенного пикета выписывается его высота, округленная до 0,1 м.

10.1 Рисовка горизонталей

Проведение горизонталей состоит в определении на плане точек, отметки которых кратны высоте сечения рельефа, и в последовательном соединении их горизонталями. Определение положения таких точек на плане называется интерполированием. Горизонтали проводят с высотой сечения 1,0 м.

Интерполирование возможно только между точками, находящимися в начале и в конце однородного по уклону ската местности.

Чаще всего горизонтали рисует способом графической интерполяции: на месте прозрачной бумаги проводят параллельные линии, отстоящие одна от другой на произвольных, но равных расстояниях (0,2; 0,5; 1,0 см и т. д.). Подписывают эти линии отметками, кратными высоте сечения рельефа, от самой малой до самой большой (наприме, 221,0 - 225,0 м). Для интерполяции АВ плана (рис. 1) с отметками $H_A = 221{,}50$ м и H_B = 224,70 м изготовленную пометку накладывают на план так, чтобы точка А заняла положение между линиями кальки с отметкой 221,5 м, и закрепляют иглой. Затем поворачивают кальку вокруг иглы так, чтобы точка В заняла положение с отметкой 224,7 м.

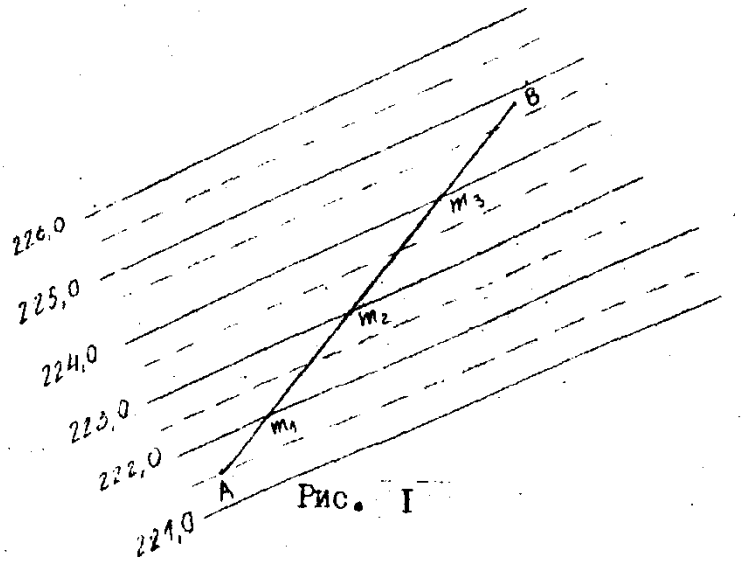


Рис. 1.

Теперь перекалывают на план иглой измерителя точки m_1, m_2 , m_3 пересечения линий кальки с линией АВ плана, подписывают их отметки. Аналогично производится интерполяция по всем остальным направлениям, указанным в абрисе тахеометрической съемки (приложение 2). Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями и таким образом получают горизонтали.

План вычерчивается тушью тонкими линиями. Толщина горизонталей 0,1 мм. Горизонтали кратные 5 м утолщаются в 2,5 раза и подписываются коричневым цветом так, чтобы верх цифр, обозначающих высоту горизонталей, был направлен в сторону подъема. Координатная сетка вычерчивается голубой или зеленой тушью. Стороны теодолитного хода на плане не указываются.

В верху плана дается надпись “План участка местности", вычерчивается рамка и внизу указывается численный масштаб и высота сечения. В нижнем правом углу указываются фамилия и группа исполнителя. (приложение 3).

11 Отчетные документы

Отчет по данной РГР должен содержать:

1. Топографический план, выполненный строго по условным знакам.
2. Журнал тахеометрической съемки с расчетами.
3. Исходное задание.

Съемочным обоснованием трассы трубопровода называется система геодезических пунктов (точек), расположенных по оси трассы для определения ее планового в высотного положения.

12 Полевое трассирование (рекогносцировка)

Предназначено для определения положения на местности оси трубопровода. При этом по направлению трассы тщательно изучают местность, выявляют наиболее сложные участки, места переходов через естественные и искусственные препятствия - овраги, дороги, постройки, другие препятствия и намечают пути их возможного обхода и способы преодоления.

Фиксированные точки трассы, т.е. точки поворота, места преодоления препятствий, примыкания трассы к существующим магистралям или опорным геодезическим пунктам, закрепляются на местности деревянными кольями, забиваемыми в землю.

Необходимо обеспечить такое положение фиксированных точек, чтобы с каждой из них была прямая видимость на две смежные точки по трассе, т.к. в последующем они будут использованы для прокладывания теодолитного хода и войдут в состав пунктов съемочного обоснования трассы.

12.1 Проложение теодолитного хода

В результате рекогносцировки определяется положение трассы на местности. Для этого на трассе прокладывают разомкнутый теодолитный ход и "привязывают" его к пунктам главной опорной сети (рис. 5.1).

В теодолитном ходе измеряются горизонтальные углы (β_i) и расстояния S_i) в следующей последовательности.

5.1.1. На каждой точке теодолитного хода (включая ближайшие опорные геодезические пункты) организуются (последовательно) теодолитные станции путем установки теодолита со штативом, центрирования его над точкой с помощью отвеса с точностью 0,5 - 1,0 см, приведением теодолита в рабочее положение [2].

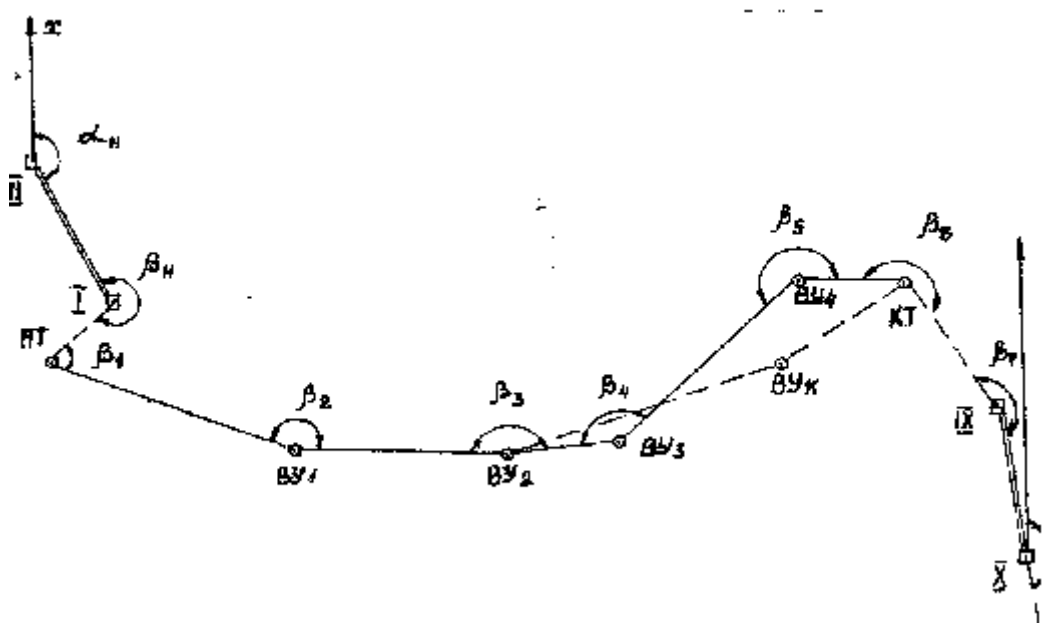


Рис. 5.1. Схема и основные геометрические элементы теодолитного хода по трассе трубопровода

5.1.2. Горизонтальные углы ("левые по ходу") измеряют полным приемом по методике, изложенной в [1]. Поскольку на трассе многие углы близки к 180°, необходимо следить за тем, чтобы рассчитанное значение левого угла не отличалось от его визуальной оценки на местности.

5.1.3. Расстояния между точками теодолитного хода измеряют стальной мерной лентой в прямом и обратном направлениях (методику измерений см. в [1]).

5.1.4. Измеряют углы наклона линий (νi) [1].

5.1.5. После измерения всех горизонтальных углов хода, расстояний и углов наклона, исполнитель должен заверить подписью выполненные измерения в журнале теодолитной съемки.

12.2 Камеральная обработка теодолитного хода

Задача камеральной обработки - вычисление координат точек теодолитного хода, т.е. пунктов съемочной сети трассы.

Эта задача решается в следующей последовательности.

5.2.1. Определяется сумма горизонтальных углов хода

$$\sum \beta_{изм} = \sum_{i=1}^{n} \beta_i$$

где n - количество измеренных углов.

5.2.2. Решением обратных геодезических задач [1] для исходных твердых геодезических пунктов (V ,VI и IX, X) применительно к рис. 5.1 определяются начальный ($\alpha_н$) и конечный ($\alpha_к$) дирекционные углы базовых направлений, к которым "привязывается " ход

$$\alpha = \mathrm{arctg}\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}, \qquad (2.1)$$

причем значение дирекционного угла определяется в зависимости от знаков приращений Δx и Δy и контролируется у преподавателя.

П р и м е ч а н и е . Для расчета значений табличных углов α можно использовать микрокалькулятор - см. программу № 1.

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - (\alpha_к - \alpha_н) + 180^\circ \cdot n \qquad (2.2)$$

5.2.3. Определяется угловая невязка для левых измеренных углов

5.2.4. Рассчитывается допустимая угловая невязка

$$f_{доп} = \pm 1{,}5t\sqrt{n}, \qquad (2.3)$$

где *t*- точность отсчета по горизонтальному кругу, и сравнить ее с фактической

$$\left|f_\beta\right| \le \left|f_{доп}\right|, \qquad (2.4)$$

5.2.5. Если условие (2.4) выполняется, измеренные углы выписывается в ведомость вычисления координат точек теодолитного хода по правилам, изложенным в [1]. Измеренные углы β_i исправляется введением поправки

$$\sum \beta_{изм} - f_\beta = \sum \beta_{испр}.$$

$$v_\beta = -f_\beta / n$$

т. е. с обратным знаком. Контроль:

При невыполнении условия (2.4) необходимо обратиться к преподавателю.

5.2.6. Вычисляются дирекционные углы сторон хода

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{испр} \pm 180^\circ. \qquad (2.5)$$

Контроль: $\alpha_{n+1} = \alpha_к$.

5.2.7. Выписываются в ведомость горизонтальные проложения d сторон хода, значения которых рассчитываются по формулам

$$d_i = S_i \cos \nu_i \text{ или } d_i = S_i^2 \sin^2 \frac{\nu_i}{2}. \qquad (2.6)$$

Поправку к S_i во второй формуле (2.6) можно найти в таблице Приложения 9 [1].

П р и м е ч а н и е . Значения d_i можно рассчитать по программе № 2 Приложения.

5.2.8. Если предусматривается использовать таблицу тригонометрических функции [3], нужно определить румбы углов α_i и выписать их значения в соответствующие строки таблицы.

5.2.9. Дальнейшие вычисления выполняется по следующему алгоритму.

Определяются приращения координат

$$\Delta x_i = d_i \cos \alpha_i; \quad \Delta y = d_i \sin \alpha_i. \qquad (2.7)$$

$$f_x \sum_{i=1}^{n} \Delta x_i - (x_к - x_н); \quad f_y = \sum_{i=1}^{n} \Delta y_i - (y_к - y_н) \qquad (2.8)$$

Вычисляются невязки по приращениям

и общая линейная невязка

$$f_S = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \qquad (2.9)$$

которая сравнивается о допустимой невязкой

$$f_{доп} = \frac{f_S}{S} \le \frac{1}{2000} \qquad (2.10)$$

где S - длина хода.

П р и м е ч а н и е . Расчеты этого пункта можно выполнять с использованием программы № 3 (см. приложение).

5.2.10. Если условие (2.10) не выполняется, необходимо обратиться к преподавателю. В благоприятном случае приращения уравниваются поправками, взвешенными по длинам сторон хода.

$$v_{xi} = -f_x \cdot \frac{d_i}{p}; \quad v_{yi} = -f_y \frac{d_i}{p} \qquad (2.11)$$

т.е. $\Delta x_{i\,исп} = \Delta x_{i\,вы} + v_{xi}; \quad \Delta y_{i\,исп} = \Delta y_{i\,вы} + v_{yi}.$ (2.12)

К о н т р о л ь : суммы исправленных приращений должны обращать в нуль равенства (2.8.).

5.2.11. В этом случае координаты точек теодолитного хода определяется по формулам

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{i\,исп}\,; \quad y_i = y_{i-1} + y_{i\,исп}\,. \qquad (2.13)$$

По вычислениям координатам точки теодолитного хода накладывается На план масштаба 1:1000.

12.3 Нивелирование трассы

Для определения третьей координаты точек съемочного обоснования - их высот, организуют и выполняют геометрическое нивелирование фиксированных и других точек трассы.

5.3.1. Разбивка пикетажа

Пикетажем называется система точек, закрепляющих на местности трассу трубопровода. Пикетажные точки - пикеты, промежуточные (плюсовые) точки, главные точки кривых (вставки закруглений трассы) и др. закрепляется на местности деревянными кольями, которые забиваются в землю вровень с поверхностью и используется для установки на них нивелирных реек.

5.3.1.1. Плановое положение пакетов и других точек пикетажа определяется их пикетажным наименованием, которое определяет расстояние точки от начала трассы. Пикета обозначаются последовательно по ходу трассы ПКО, ПК1 , ПК2 ... так, что расстояния целых пикетов от начала определяются произведением $L_n = l_n \cdot N$, где l_n - расстояние между пикетами (100 м), N - номер пикета.

Пикетажные наименования промежуточных точек выражаются сочетанием ПК № $+\Delta l$, где Δl - - расстояние в метрах от предыдущего пикета до плюсовой точки; выражается с точностью до единиц метров для рельефных точек и с точностью до сантиметров - для контрольных точек.

5.3.1.2. На участках поворотов трассы производят вставки закруглений, сопрягая прямолинейные участки (рис. 2.2).

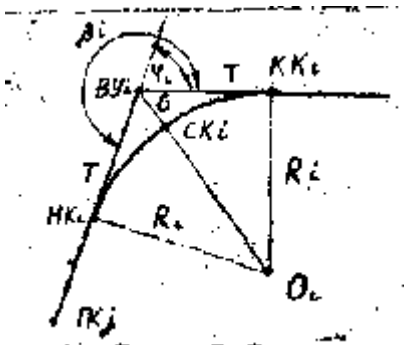


Рис. 2.2

Пикетаж разбивают через главные точки кривой: НК i - начало кривой; СК i - середина кривой, КК i - конец кривой. Пикетажные наименования точек вычисляют через элементы кривой (Т - тангенс, К - длину кривой) следующим образом:

$$НКi = ВУi - Т;$$
$$ККi = ВУi + Т;$$
$$СК = НК + К/2.$$

$$К = НК + 2Т - Д;$$
$$КК = ВУ + Т - Д,$$

К о н т р о л ь :

где Д (домер) = 2Т - К.

Элементы кривой выбираются из таблиц в зависимости от угла поворота трассы φ (φ_i=180°-βi или φ_i=βi - 180°) и радиуса кривой R_i.

Их можно также рассчитать по программе № 4 Приложения. Начало кривой на местности находят по пикетажному наименование или отложив от ВУi значение тангенса в обратном направлении, а от Ккi - в прямом. Точку Скi выносят по направлению биссектрисы угла на расстоянии Б от ВУi. Счет пикетажных наименований на закруглениях производится по кривым. Если целый пикет приходится на участок закругления, то его выносят, измеряя расстояния по кривой.

5.3.2. Нивелирование трассы.

Нивелирование трассы выполняется способом "из середины" в последовательности и по правилам, изложенным в пунктах 8-13 на с. 35-37 руководства .

5.3.3. Камеральная обработка нивелирования, построение профилей.

Камеральная обработка производится в соответствий с пунктами 14-18 на с. 37 - 38 руководства [1].

5.3.3.1. По результатам нивелирования, составляют продольный профиль и поперечные профили (поперечники).

Продольный профиль составляется в масштабах 1:1000 - горизонтальный и 1:100 - вертикальный. Поперечники составляются соответственно в масштабах 1:200 и 1:100.

Для построения продольного профиля используется стандартная основа, .форма которой приведена на. рис. 2.3.

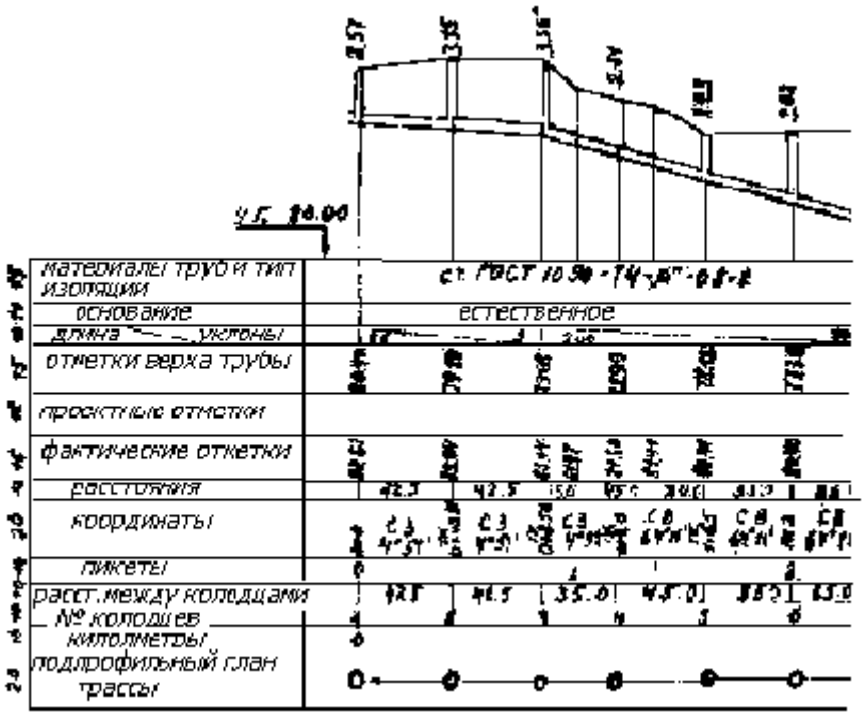


Рис. 2.3

5.3.4. Перед составлением профиля необходимо проконтролировать пикетаж следующим образом

5.3.4.1. Сравнивают горизонтальные проложения сторон теодолитного хода D_0 с их пикетажными значениями

$$\Delta S = D_0 - L = ПК_{i+1} - ПК_i + D_i,$$
$$\Delta S/D_0 \leq 1/500 \div 1/1000$$

5.3.4.2 Должно выполняться равенство

$$2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D$$

5.3.4.3. Сумма прямолинейных отрезков трассы (Р) и кривых (Кi) должна равняться длине трассы

$ПК_n + (ПК_n + КТ) = \Sigma K_i + \Sigma P_i$

где КТ - расстояние от последнего пикета до конца трассы, т.е. пикетажное наименование конца трассы.

5.3.4.4 Поперечники, которые разбиваются и нивелируются в характерных местах трассы, вычерчиваются на свободных участках основного продольного профиля, по формату, представленному на рис. 2.4

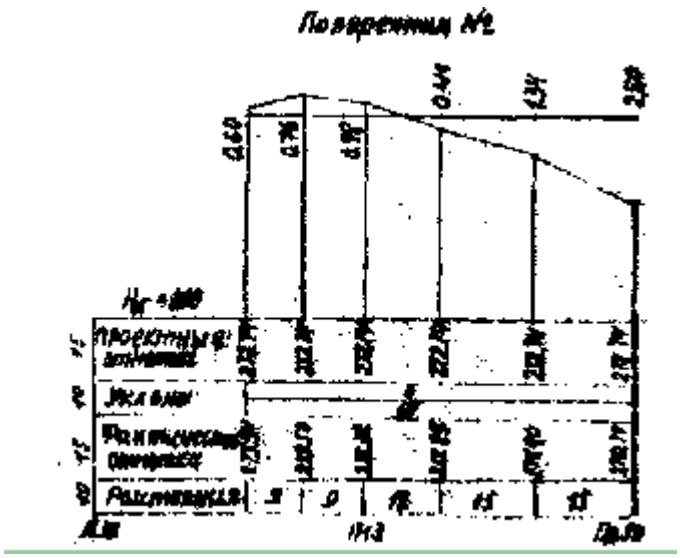


Рис. 2.4

Составление профиля начинают с нанесения пикетов и плюсовых точек по пикетажным значениям.

Высоты точек выписывают с округлением до сантиметров и в принятом вертикальном масштабе откладывают по ординатам от условного горизонта.

13 Тахеометрическая съемка

Вдоль трассы должен быть составлен топографический план местности в масштабе 1:1000. Ширина снимаемой полосы зависит от сложности ситуации и рельефа. Для условий практики ширина снимаемой полосы устанавливается преподавателем.

6.1. Для составления топографического плана производится тахеометрическая съемка, сущность которой заключается в определении полярных координат - полярного угла β_i и расстояния D_{0i}, а также высот H_i снимаемых точек. Эти данные является исходными для нанесения точек на план и изображения рельефа в горизонталях с использованием линейной интерполяции.

6.2. Для тахеометрической съемки используется теодолит и складные дальномерные рейки с одинаковыми "красными пятнами". Результаты измерений заносятся в специальный журнал тахеометрической съемки и обрабатываются затем с помощью тахеометрических таблиц [4] или на калькуляторе "МК-56" (программа № 4 в Приложении).

6.3. Съемочным обоснованием тахеометрической съемки являются пункты теодолитного хода по трассе. В процессе съемки на каждой точке хода организуется тахеометрическая станция. Для этого на точке устанавливается теодолит. Лимб теодолита ориентируется на смежный пункт теодолитного хода [2]. определяется место нуля вертикального круга и измеряется высота инструмента. Эти данные заносятся в журнал тахеометрической съемки, куда выписывается также высота точки теодолитного хода, с которой производится съемка. На черной стороне рейки отмечается высота инструмента.

6.4. В процессе съемки на каждой снимаемой точке устанавливается рейка ("реечная точка"), а труба теодолита наводится на отсчет, равный высоте инструмента. Берут отсчёты по горизонтальному (β_i) и вертикальному (ν_i) кругу, а также по дальномерным нитям ($n_в$ и $n_н$). Отсчеты записывают в журнал тахеометрической съемки, где отмечают отличительные признаки реечной точки (рельефная, контурная и т.п.).

6.5. На каждой тахеометрической станции набирается такое количество съемочных точек, которое обеспечивает изображение рельефа в горизонталях и всей ситуации в промежутке между точками съемочного обоснования, как минимум, на половину расстояния между станцией и смежными точками теодолитного хода.

6.6. В камеральных условиях результаты съемки обрабатываются математически путем расчетов горизонтальных проложений и высот съемочных точек для нанесения их на план.

Для облегчения расчетов используются специальные тахеометрические таблицы. Из этих таблиц выбираются значения солярных расстояний (D_{0i}) и превышений n_i, снятых точек по дальномерным расстояниям (D_i) и углом наклона (ν_i).

6.7. Для нанесения каждой точки на план от исходного направления откладывается круговым транспортиром измеренный полярный угол β_i. Далее на этом направлении откладывается полярное расстояние D_{0i}, съемочная точка закрепляется на плане и около нее аккуратно выписывается высота точки H_i . Затем с использованием линейной интерполяции и абрисной информации строятся горизонтали местности.

6.8. Топографический план трассы оформляется на ватмане в масштабе 1:1000 в соответствии с принятыми условными обозначениями и аккуратно.

Методические указания: по п. 4 даются руководителем практики.

14 Инженерно-геодезические задачи

14.1 Передача отметки на дно траншеи или котлована.

При передаче отметок на глубокие горизонты земляных выемок применяет схему геометрического нивелирования, представленного на рис. 5.1. Здесь R - исходный репер с известной отметкой H_p, dc - участок отвесно расположенной ленты, рулетки; M - груз - отвес.

В точках A и C последовательно или одновременно устанавливают нивелиры и наблюдают рейки на точках R и B и ленту. Отсчеты A. B, C и используют для расчета отметки $H_в$ на дне котлована

$$H_в = ГИ_2 - B = ГИ_1 - (d - c) - b. \qquad (4)$$

14.2 Детальная разбивка - круговых кривых

Задача состоит в том, чтобы закрепить на местности дугу поворота трассы равностоящими колышками. Задача решается двумя способами на участке наиболее резкого поворота трассы трубопровода. Одна половина Кривой (от НК до СК) разбивается способом прямоугольных координат, другая (от КК до СК) - способом продолжения хорд (см. рис. 4.1).

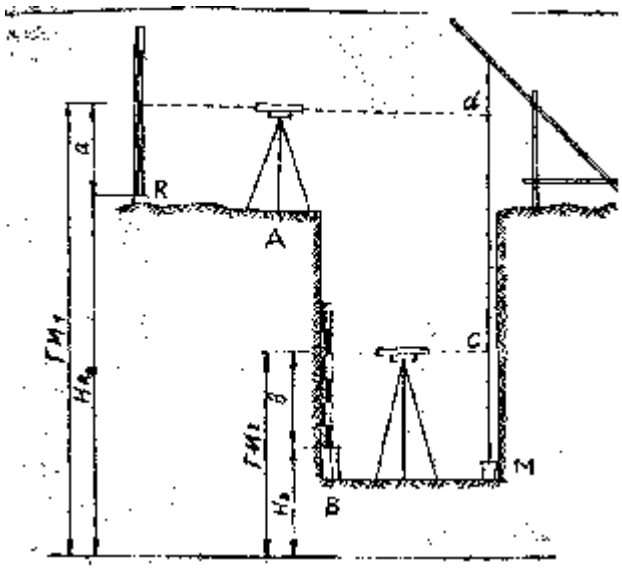


Рис. 7.1

С п о с о б п р я м о у г о л ь н ы х к о о р д и н а т . В условной системе прямоугольных координат X (НК - ВУ) и У (НК - 0) определяют координаты точек 1, 2, 3 ... на дуге кривой по формулам

$$x_i = R \sin i\varphi; \quad y_i = 2R \sin^2 \frac{i\varphi}{2}, \qquad (4.1)$$

$$\text{где } \varphi = \frac{180^\circ \cdot K}{\pi R}; \qquad (4.2)$$

где К - заданный интервал разбивки.

Значения координат можно выбрать из таблицы на с. 74 руководства [1] или рассчитать по программе № 6 Приложения.

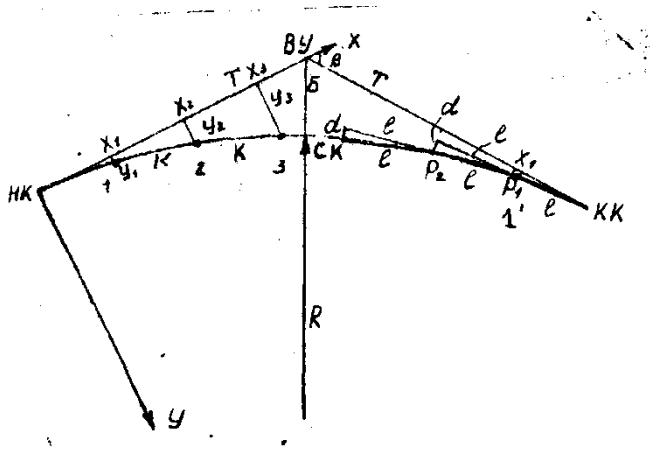


Рис. 7.2

При разбивке по направлению НК - ВУ укладывает стальную ленту и рулеткой в точках X_1, X_2 ... по перпендикуляру к ленте откладывают Y_1, Y_2 ..., закрепляя точки колышками.

С п о с о б п р о д о л ж е н н ы х х о р д . При использовании этого способа точки на кривой фиксируется линейной засечкой *l* и d по схеме рис. 5.2. Первая точка (1') выносится по прямоугольным координатам X_1 и Y_1. Далее через КК и 1' проводится и продолжается хорда, на которой по ходу откладывается *l* - - принятый интервал разбивки кривой, и из полученной точки линейной засечкой с радиусом

$$d=l^2/R, \qquad (4.3)$$

а из точки 1' радиусом *l* фиксируется на кривой и закрепляется колышком следующая точка 2'. Далее проводится хорда через 1' и 2' и процесс повторяется.

14.3 Вынос в натуру точки с заданной отметкой

Задача состоит в том, чтобы закрепить на местности репер с проектной отметкой Н (торец колышка). Задача решается геометрическим нивелированием "из середины" по схеме, представленной на рис. 7.3.

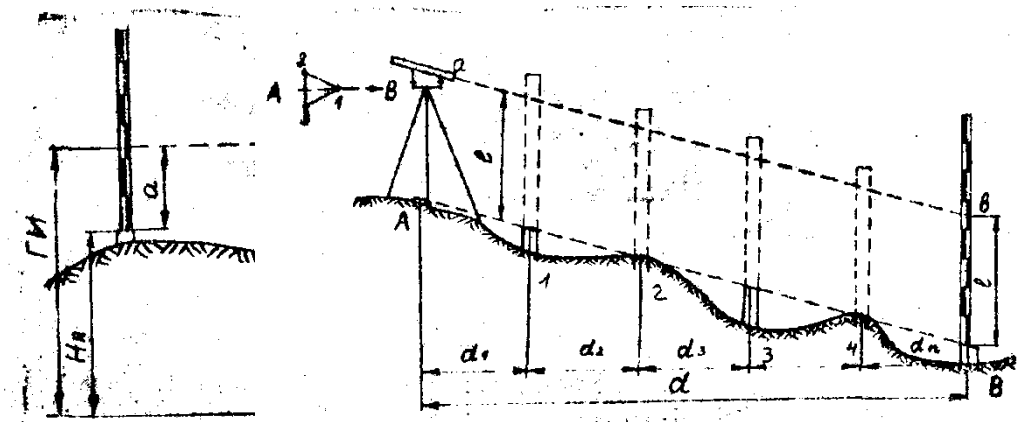


Рис. 7.3

Здесь H_R - высота исходного репера; *а*- отсчет по рейке на репере; В -

$$В = ГИ - Н_п = Н_R + a - Н_п.$$

рабочий отсчет, который рассчитывается по формуле

При наблюдении в трубу нивелира, рейку в т. В перемещают вверх - вниз до тех пор, пока не будет зафиксирован отсчет В.

В этот момент на уровне пятки рейки фиксируют и закрепляют проектную отметку.

14.4 Построение на местности линии заданного уклона

Задача состоит в том, чтобы закрепить на местности деревянными колышками, расположенными в створе на равных расстояниях, линию заданного уклона на $i_{пр}$, опирающуюся на торцы колышков. Задача решается способом нивелирования “вперед" наклонным визирным лучом. Нивелир устанавливают на т. А так, чтобы один из средних винтов трегера 1 по схеме АВ располагался по линии визирного луча. Измеряют высоту инструмента *l*.

В точку В выносят проектную отметку

$$Н_В = Н_а + id.$$

Далее рейку последовательно устанавливает в точках 1, 2, 3, 4 и фиксирует колышками уровни их торцов при отсчете *l* по рейке.

14.5 Определение высоты сооружения

Различают два случая решения задачи - доступное и недоступное сооружения. Доступным является сооружение, от которого можно измерить расстояние мерной лентой. При этом измеряют расстояние с лентой (см. рис. 7.5), устанавливают теодолит ВТ - А и берут отсчет при двух положениях вертикального круга КП и КЛ, наведя трубу на верх и низ сооружения. Рассчитывают "МО" (см) и высоту по формуле:

$H = c\,(tg\nu_1 - tg\nu_1')$,

где ν_1- вертикальный угол при наведении на верх сооружения; ν_1' - угол наклона при наведении на низ сооружения.

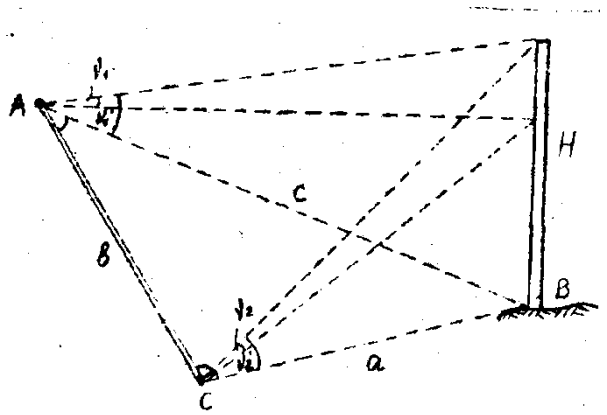


Рис. 7.5

Если сооружение недоступно, то высоту определяют с двух станций А и С базиса В, измеренного с относительной погрешностью не более 1/2000. Горизонтальные углы А и С измеряются двумя полуприемами с перестановкой лимба. Решением треугольника АВС определяются расстояния с и а:

$$a = \frac{b \sin A}{\sin(A + C)}; \quad c = \frac{b \sin C}{\sin(A + C)}.$$

Высота определяется с контролем

$H_1 = c\ (tg\nu_1 - tg\nu_1')$; $H_2 = c\ (tg\nu_2 - tg\nu_2')$

Если $|H_1 - H_2| < 5$ см, то $H_{ср} = (H_1 + H_2)/2$.

Геодезические работы, указанные в п, 4.1 - 4.4, 5,1. - 5.2, 5.7, 5.8 выполняются под непосредственным руководством преподавателя.

15 Оси зданий и сооружений

Различают три вида осей зданий и сооружений: главные, основные и вспомогательные. Главные оси - это две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично. На генеральном плане оси обозначаются римскими цифрами.

Основными называются оси, ограничивающие общий контур (габарит) здания. Одни из них - продольные, обозначаются буквами, а перпендикулярные к ним – поперечные - арабскими цифрами (рис.1).

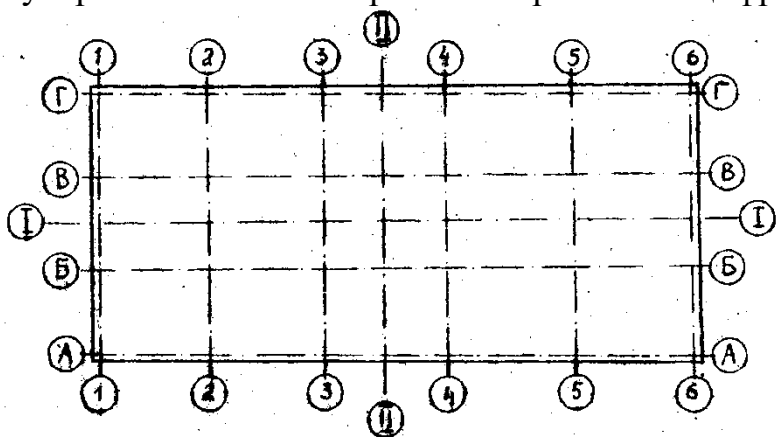


Рис. 8.1 Главные и основные оси здания.

На рис.8.1 главными являются оси I-I и II-II, основными А-А, Г-Г, 1-1 ,6-6.

Вспомогательные или разбивочные оси служат для детальной разбивки частей и элементов зданий. На рис.1 это Б-Б, В-В, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5.

16 Типовые задачи, решаемые в процессе проектирования

16.1 Графическое определение координат точек на плане

Для определения координат т. А (рис. 9.1) необходимо измерить приращения координат Δx и Δy с помощью измерителя и масштабной линейки.

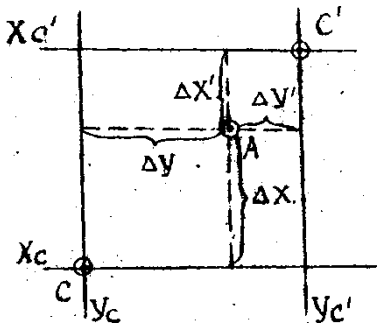


Рис. 9.1 Определение координат т. А на плане

$$\left.\begin{aligned} X_A &= X_C + \Delta X + K_X \\ Y_A &= Y_C + \Delta Y + K_Y \end{aligned}\right\}, \qquad (9.1)$$

где K_X, K_Y - коэффициенты деформации бумаги

$$K_{X,Y} = \lambda_{\text{Т}} / \lambda_U , \qquad (9.2)$$

где $\lambda_{\text{Т}}, \lambda_U$ - теоретическая длина стороны координатной сетки и её измеренное значение соответственно, взятое вдоль оси X (для K_X) или Y (для K_Y).

Определение координат т. А контролируют по формулам

$$\left.\begin{aligned} X_A &= X'_C - \Delta X' \cdot K_X \\ Y_A &= Y'_C - \Delta Y' \cdot K_Y \end{aligned}\right\} \qquad (9.3)$$

16.2 Решение прямой геодезической задачи

Прямая, геодезическая задача требует определить координаты точки В, зная исходные координаты т. А (X_A, Y_A), горизонтальное проложение между т.А и т. В (S_{AB}) и дирекционный угол между этими точками (α_{AB}):

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB} \end{aligned} \qquad (9.4)$$

где $$\begin{aligned} \Delta X_{AB} &= S_{AB} \cdot \cos\alpha_{AB} \\ \Delta Y_{AB} &= S_{AB} \cdot \sin\alpha_{AB} \end{aligned} \qquad (9.5)$$

Знаки приращений определяют по знакам $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$ или по табл. 1.

Таблица 9.1 - знаки приращений координат в зависимости от значения дирекционного угла

Значение дирекционного угла	Знаки	
1 четв. С – В 0-90°	+	+
2 четв. Ю – В 90-180°	-	+
3 четв. Ю – З 180-270°	-	-
4 четв. С – З 270-360°	+	-

16.3 Решение обратной геодезической задачи

Зная координаты точек А и В (X_A, Y_A), (X_B, Y_B), нужно вычислить дирекционный угол направления АВ (α_{AB}) и горизонтальное проложение (S_{AB}) этой линии.

$$\alpha_{AB} = arctg\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = arctg\frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \qquad (9.6)$$

$$S_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos\alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin\alpha_{AB}} = \sqrt{\Delta X^2{}_{AB} + \Delta Y^2{}_{AB}} \qquad (9.7)$$

Совпадение результатов, вычисляемых по формуле (9.7), обеспечивает надёжный контроль вычисления α_{AB} и S_{AB}.

17 Подготовка данных для разбивки осей зданий малой этажности

Подготовка данных осуществляется графическим способом.

Он обеспечивает соответствие в положении объектов на проектных чертежах и на местности в пределах точности плана.

На топографический план наносят контур проектируемого здания (рис. 10.1 а). Привязку проекта для выполнения разбивки на местности осуществляют путём определения расстояний от ближайших капитальных сооружений с помощью измерителя и масштабной линейки,. При этом в линии вводят поправки за деформацию бумаги.

Длина линии d_{AB} между точками А и В на плане будет

$$d_{AB} = d'_{AB}\left(K_X \cdot \cos^2\alpha_{AB} + K_Y \cdot \sin^2\alpha_{AB}\right) \qquad (10.1)$$

где d_{AB} и α_{AB} - измеренные значения длины линий и дирекционного угла соответственно.

K_X и K_Y вычисляют по формуле (9.2).

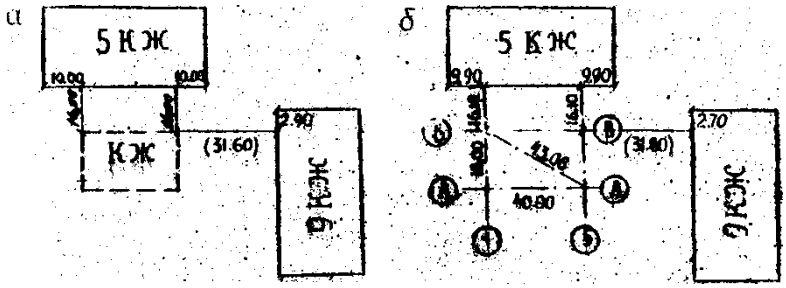


Рис. 10.1. Привязка основных осей зданий: а - план участка,
б – схема разбивки.

На рис. 10.1, а) показана привязка (расстояния 16,00 и 10,00 м) проектируемого здания (КЖ) к 5-этажному жилому дому, расположенному параллельно проектируемому зданию. Измерены также расстояния до других капитальных сооружений. Эти расстояния используют при разбивке осей на местности для контрольных промеров. В примере на рис.3 а) определены расстояния (31,60 м и 2,90 м) до 9-этажного жилого здания (9КЖ).

По полученным результатам составляют схему разбивки (разбивочный чертёж) (рис. 10.1, б), куда наносят основные оси проектируемого здания, существующие капитальные строения, некоторые элементы ситуаций.

Далее на нее выписывают величины привязок (31,80 м и 2,70 м), размеры по основным осям (40,00 и 16,00 м) и диагональ прямоугольника осей (43,08м). Размеры приводятся по осям, поэтому учитываются расстояния от контуров зданий до их осей.

18 Подготовка данных и вынос в натуру основных осей зданий и сооружений повышенной этажности

18.1 Графо-аналитическая подготовка данных для разбивки основных осей

18.1. 1 Расчёт координат точек пересечения основных осей здания

На план участка местности (рис. 11.1) наносят габариты проектируемого здания. На отдельном листе чертёжной бумаги в произвольном масштабе составляют план расположения осей здания (рис. 11.2).

Расстояния между основными осями должны быть кратны 6 м или 8 м.

Подготовку данных начинают с расчёта координат точек пересечения основных осей.

С плана осей здания (рис.11.2) берут расстояния от наружных граней стен до осей (100 и 150 мм в нашем примере) и откладывают эти расстояния в соответствии с масштабом (М 1:500) от габарита здания на плане участка местности (рис. 11.3).

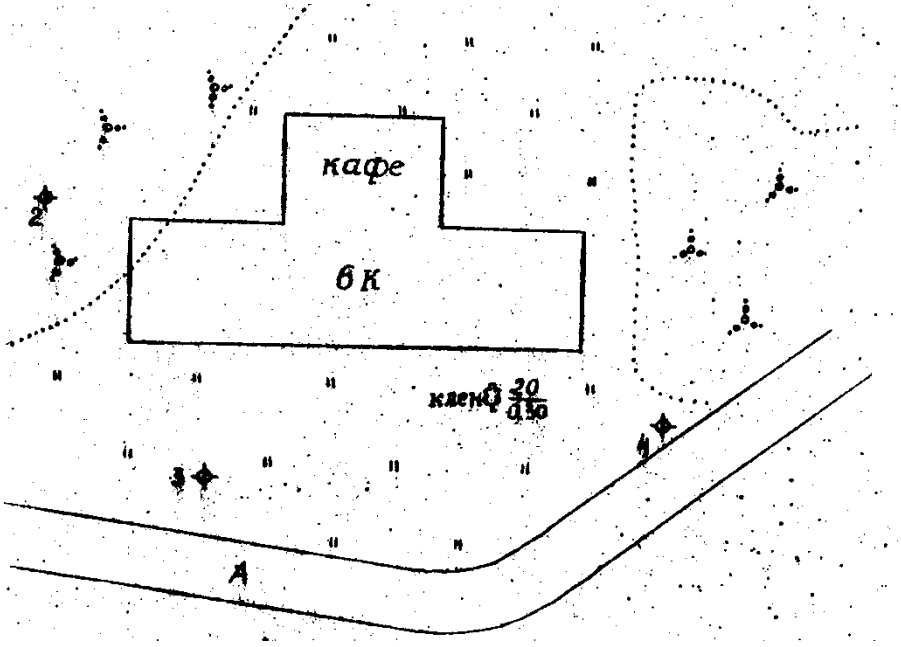


Рис.11.1 План участка местности.

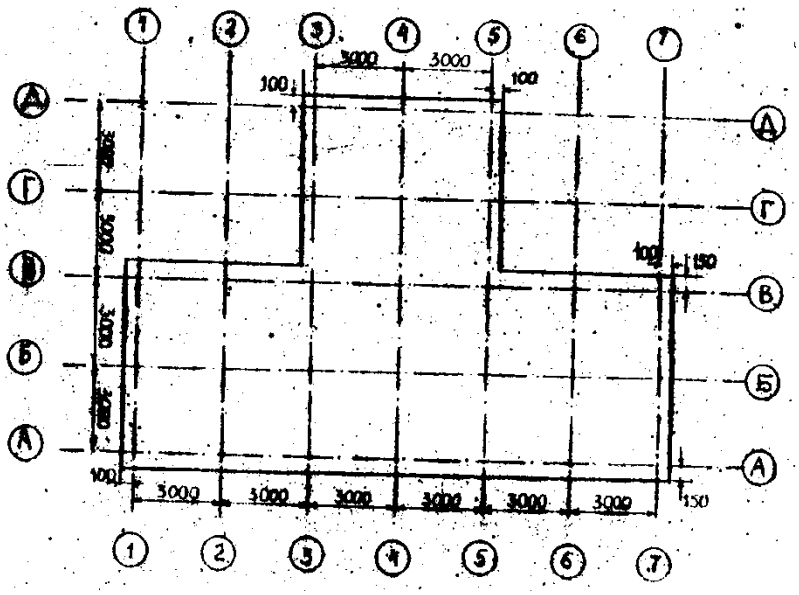


Рис.11.2 План осей здания.

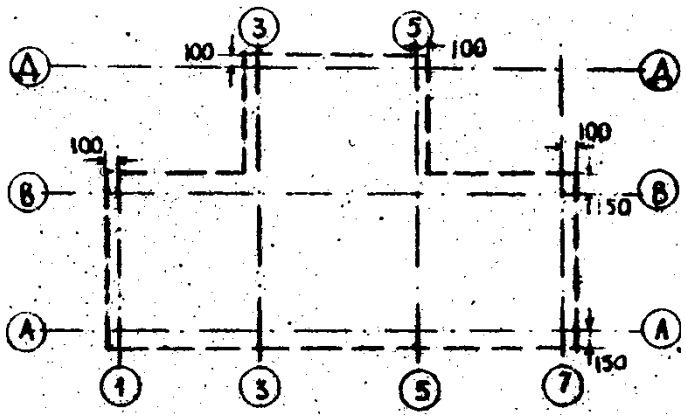


Рис.11.3 Габарит здания, выделение точек пересечения основных осей

Выбирают наибольшую сторону здания, например А7-А1, графически определяют на плане координаты т.А7 (см. пункт 3.1.) (X_{A7}=583.50м, $Y_{A7} = 385.00$м) и дирекционный угол направления выбранной стороны. Дирекционный угол измеряют транспортиром (с возможно большей тщательностью), в точках А7 и А1. Вычисляют средний дирекционный угол $\alpha = (\alpha_{ПР} + \alpha_{ОБР} \pm 180°)/2$, где $\alpha_{ПР}$ и $\alpha_{ОБР}$ - измеренные на плане дирекционные углы с точки А7 на А1 в прямом направлении и в обратном с А1 на А7 (α = 268° 30′).

Координаты точки А7 и дирекционный угол α вписывают в ведомость

вычисления координат точек пересечения основных осей здания (табл. 2).

Таблица 2. Ведомость вычисления координат точек пересечения основных осей здания.

Название точек	Углы между	Дирекционные	Длины сторон, S,	Координаты, м			
				Δx	Δy	X	Y
А7		268 30	18	-0,47	-17,99	583,50	385,00
А1	90 00	358 30	6	+6,00	-0,16	583,03	367,00
В1	90 00	88 30	6	+0,16	+6,00	589,02	366,84

В3	270 00	358 30	6	+6,00	-0,16	589,18	372,84
Д3	90 00	88 30	6	+0,16	+6,00	595,18	372,68
Д5	90 00	178 30	6	-6,00	+0,16	595,34	378,68
В5	270 00	88 30	6	+0,16	+6,00	589,34	378,84
В7	90 00	178 30	6	-6,00	+0,16	589,50	384,84
А7	90 00	268 30	6	+0,01	+0,01	583,50	385,00
	186 35 6		20,03			596,80	367,29
	89 02 8	27 13	27,13			576,90	364,99
						576,45	392,12

Длины сторон S и углы между осями здания β берут с плана осей здания (рис. 11.2)

Вычисление координат точек пересечения основных осей выполняют по известной схеме, в основе которой лежит решение прямых геодезических задач (см. пункт 3.2) . Следует обратить внимание, что вместо невязок в приращениях координат может появиться ошибка округления в 0.01м. (В нашем примере $\Delta x = +0{,}01м$ и $\Delta y = +0{,}01м$). Эту величину с противоположным знаком вводят в наибольшие по абсолютной величине приращения. Координаты точек планового обоснования (т. 2, 3, 4) снимают графически (см. п.3.1) с плана (рис. 4). В этом случае длины сторон ($S_{2\text{-}3}$, $S_{3\text{-}4}$) и дирекционные углы (α_{2-3}, α_{3-4}) получают из решения обратных геодезических задач (см. п. 3.3; табл. 3).

Либо координаты исходных пунктов, длины сторон и дирекционные углы выписывают из готовой ведомости вычислений координат точек планового обоснования.

Для удобства дальнейших измерений и вычислений эти данные заносят в табл.2.

18.1.2. Расчет разбивочных элементов переноса в натуру осей здания

Для вынесения в натуру осей необходимо, прежде всего, вынести точки пересечения основных осей здания.

На местности оси разбивают (выносят в натуру) способами полярных, прямоугольных координат, линейными и угловыми засечками.

Способ разбивочных работ выбирают в зависимости от условий местности и наличия тех или иных геодезических приборов. Остановимся в качестве примера на полярном способе. На плане участка местности намечают направления с точек планового обоснования на пересечения основных осей здания. При этом полярные расстояния по возможности должны быть небольшими (одно уложение мерной ленты), на линии не должно быть препятствий для измерений.

Для определения разбивочных элементов (полярных углов и расстояний) по намеченным точкам решают обратные геодезические задачи (см. п.3.3.). Вычисления рекомендуется выполнять на микрокалькуляторах (например, на "МК-56" по программе [1, с.7-8]) с оформлением результатов в ведомости, (табл.3) и сопровождать для наглядности соответствующими схемами и расчётами (рис. 11.4).

На рис.11.4 β_3, β_4 – полярные (разбивочные) углы, β_3' – дополнение полярного угла до 360, α_{3-4} – дирекционный угол исходного направления, α_{4-3} – обратный ему дирекционный угол, $\alpha_{3-A1}, \alpha_{4-A7}$ – дирекционные углы вычисляемых направлений, S_{3-A1}, S_{4-A7} – полярные расстояния.

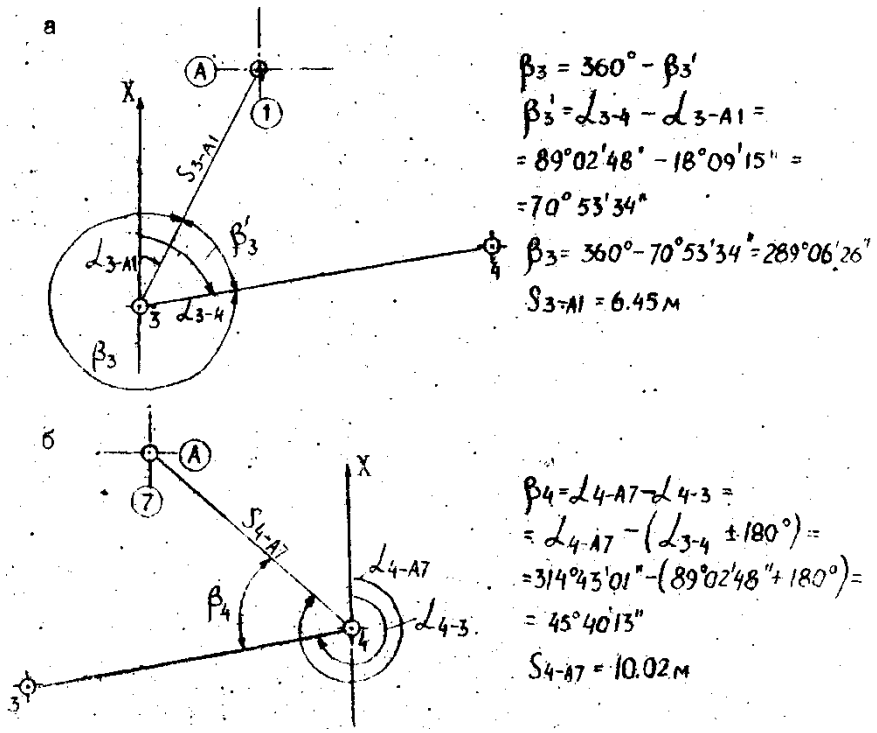


Рис.11.4 Схема и пример расчета разбивочных элементов переноса в натуру точек пересечения основных осей здания полярным способом:

а - для точки А1, б – для точки А7.

Таблица 3-Ведомость решения обратных геодезических задач для расчета разбивочных элементов (пример, для точек а1 и а7)

Порядок	Формулы и обозначения	А (исходный 3 пункт),	А (исходный 4 пункт),
1	y_B	367,00	385,00
2	y_A	364,99	392,12
3	$\Delta y = y_B - y_A$	+2,01	-7,12
4	x	583,03	583,50
5	x	576,90	576,45
6	$\Delta x = x_B - x_A$	+6,13	+7,05
7	$tg\alpha_{AB} = \Delta y / \Delta x$	0,32790	1,00993
8	$r_{AB} = arctg\alpha_{AB}$	18,15409 ($18^0\ 09'\ 15''$)	45,28304 ($45^0\ 16'\ 59''$)
9	α_{AB}	$18^0\ 09'\ 15''$	$314^0\ 43'\ 01''$
10	$\sin\alpha_{AB}$	0,31157	0,71059
11	$S'_{AB} = \Delta x / \sin\alpha_{AB}$	6,45	10,02
12	$\cos\alpha_{AB}$	0,95022	0,70361
13	$S''_{AB} = \Delta x / \cos\alpha_{AB}$	6,45	10,02
14	$S_{cp} = (S'_{AB} + S''_{AB})/$	6,45	10,02

18.1.3. Составление разбивочного чертежа.

Составлением разбивочного чертежа завершается подготовка данных для выноса точек пересечения основных осей здания в натуру.

На разбивочном чертеже в произвольном масштабе изображают весь графический и числовой материал так, чтобы он читался без затруднений.

Обязательно показывают точки и стороны планового обоснования, основные оси здания, разбивочные элементы, а также направление север-юг (рис. 8).

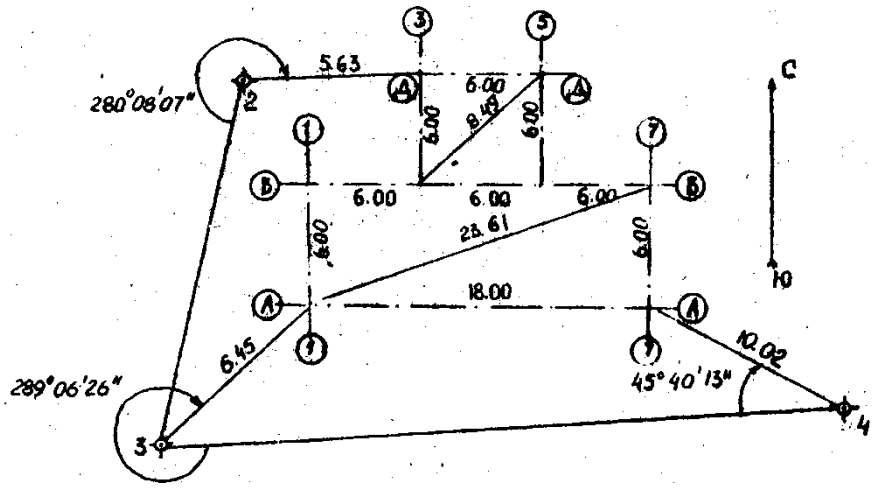


Рис.11.5. Разбивочный чертёж.

На чертеже выписывают значения диагоналей прямоугольников получаемых из решения обратных геодезических задач.

Если расчёт разбивочных элементов производился для метода угловых, линейных засечек или перпендикуляров, то на чертеже показывают соответствующие значения углов, расстояний.

18.2 Разбивка (вынос в натуру) основных осей зданий

Построение разбивочных элементов на местности осуществляется по разбивочному чертежу. Последовательность действий рассмотрим на примере выноса точки А1 в натуру (рис.8).

В точке 3 планового обоснования теодолитом с точностью отсчётного устройства строят проектный полярный угол [1, с. 8-11] (β_3=289^0 06$^/$ 26$^{//}$). Полученное направление на точку AI помещается вешкой или шпилькой (из комплекта мерной ленты) и выносится проектное полярное расстояние ($S_{изм}$=6,45м) с помощью металлической мерной ленты [1, с. 12]. Точка закрепляется колышком.

При полярных расстояниях до 6 м построение проектного угла выполняют при одном положении круга теодолита, более 6 м - при двух положениях круга.

При полярных расстояниях превышающие 20 м точки пересечения осей строят с контролем при двух положениях круга с двух точек планового обоснования (должны присутствовать на разбивочном чертеже соответствующие данные).

Аналогично выносят в натуру точку А7 и Д3 (с точек планового обоснования 4 и 2). Недостающие точки (В1, В3, В5, В7, Д5) достраивают линейными засечками, методом перпендикуляров, ориентируя теодолит по длинным линиям.

18.3 Закрепление осей

Одновременно с построениями производят закрепление осей выносками и окрасками (не менее чем двумя для каждой оси) на существующих зданиях и сооружениях. Закрепление осуществляют деревянными колышками или металлическими штырями. После построения обноски, их переносят на обноску и закрепляют гвоздями.

18.4 Составление разбивочного чертежа.

Правильность построений точек пересечена основных осей здания контролируют промерами диагоналей прямоугольников. Отклонение контрольных промеров от проектных значений не должны превышать 1.5 точности выноса основных осей.

Результаты контрольных промеров, отклонения от проектных значений выписывают на исполнительный чертеж (рис.9) красным цветом.

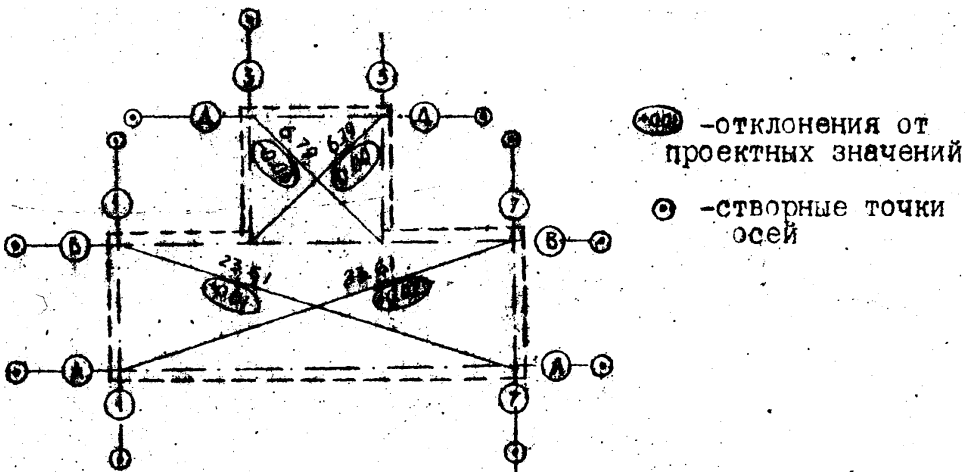


Рис.9. Исполнительный чертеж разбавки основных осей здания.

18.5 Составление схемы благоустройств.

На схеме благоустройства показывают отмостку вокруг здания и, в зависимости от окружающей застройки, восстанавливаемые и вновь создаваемые тротуары, подъезды, скверы, газоны и пр. элементы, а так же все необходимые размеры и расстояния (рис.10). Для восстановления элементов благоустройства на местности задаётся их положение относительно, основных осей зданий.

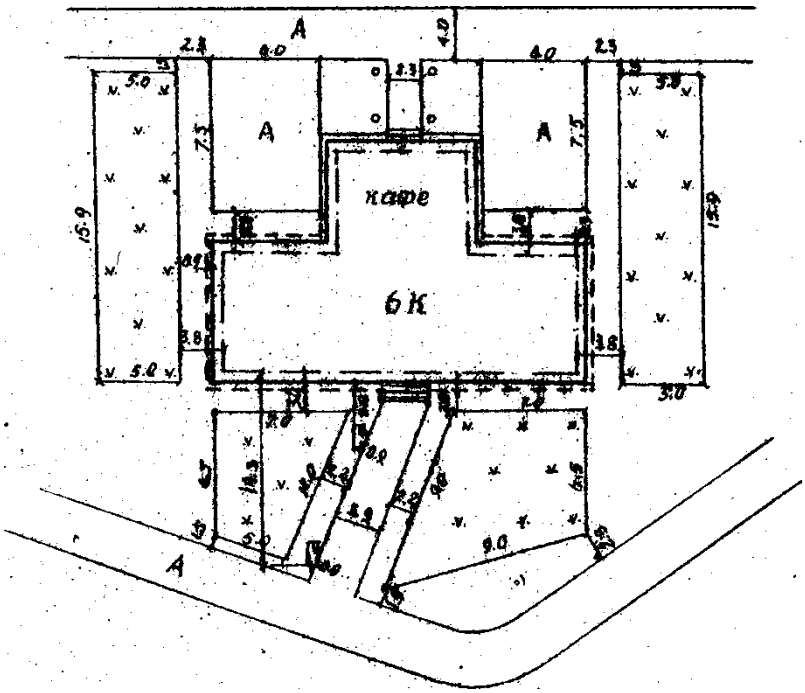


Рис.10. Схема благоустройства

18.6 Документация, предоставляемая по завершении работ

1. План участка местности с проектом здания и основными осями (рис. 4, рис.6).
2. План осей здания (рис. 5).
3. Ведомость вычисления координат точек пересечения основных осей здания (табл. 2).
4. Ведомость решения обратных задач (табл. 3).
5. Схемы и расчёты разбивочных элементов (рис. 7).
6. Разбивочный чертёж (рис. 8).
7. Исполнительный чертёж (рис. 9).
8. Схема благоустройства (рис. 10).

Следует обратить внимание, что все документы вычисляются "во вторую руку”, т. е. заново или другим человеком. На каждом чертеже, схеме и ведомости должны стоять подписи лиц составивших, вычисливших и проверивших данный лист документации.

19 Исследование и поверки теодолита

19.1 Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов предназначен теодолит. Устройство теодолита (рис.1.1, 1.2) рассмотрим на примере оптических теодолитов Т-30 и Т-5.

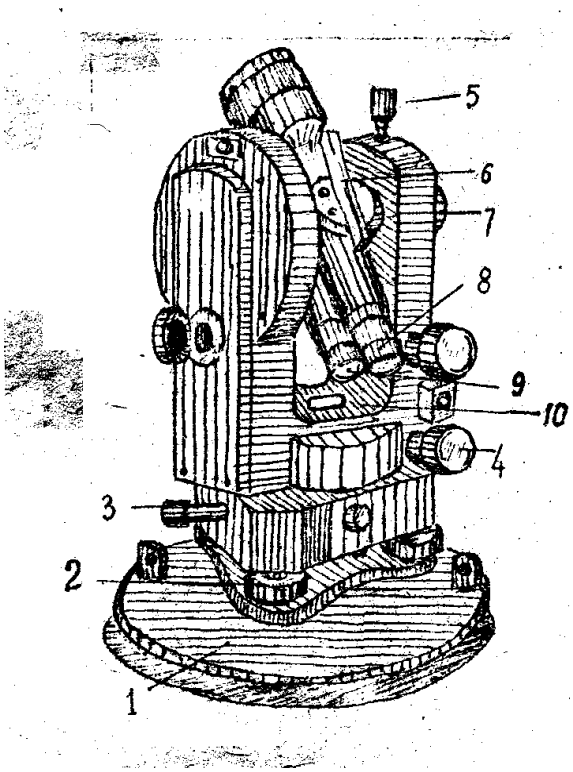


Рис. 1.1 Теодолит Т-30

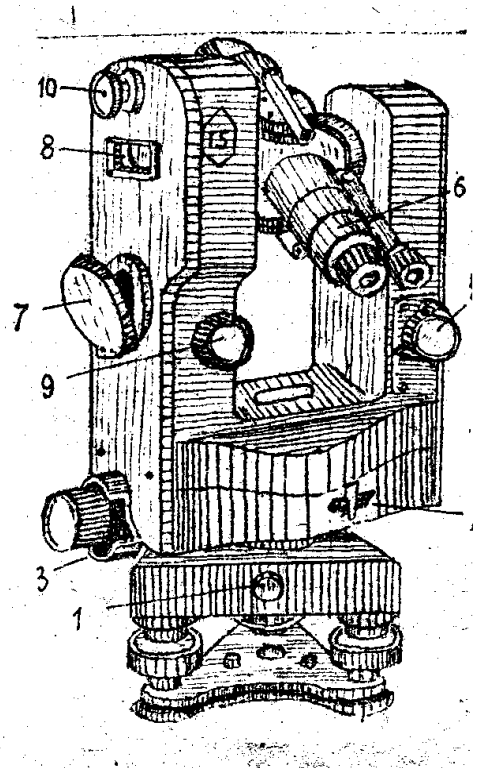


Рис. 1.2 Теодолит Т -5

1 - подставка; 2 - подъемные винты; 3 - наводящий винт горизонтального круга; 4 - наводящий винт алидады; 5 - закрепительный винт трубы; 6 - визирное приспособление; 7 - фокусирующий винт; 8 - окуляр зрительной трубы; 9 - микроскоп; 10 - цилиндрический уровень.

1 - зажимной винт подставки; 2 - клавиша; 3 - закрепительная наводящая система алидады; 4 - наводящий винт; 5 - закрепительно-наводящая система трубы; 6 - кремальера; 7 - откидное зеркало; 8 - уровень при вертикальном круге; 9 - винт уровня; 10 - призма-лупа.

Теодолит имеет подставку 1 с тремя подъемными винтами 2, которая укрепляется на штативе с помощью станового винта (рис.1.1). Подставка имеет втулку, внутрь которой входит полая коническая ось алидады. Она же является осью вращения горизонтального круга. В теодолите Т-30 лимб и алидада могут вращаться независимо друг от друга благодаря системе закрепительных и наводящих винтов 3, 4 (рис. 1.1) (такие теодолиты называются повторительными).

В теодолите Т-5 вертикальная ось горизонтального круга закрепляется в подставке зажимным винтом 1 (рис. 1.2). Лимб может вращаться совместно с алидадой при помощи зажимного винта лимба или защелки 2. Алидада имеет соосную систему закрепительно-наводящего устройства 3 (рис. 1.2).

К алидаде прикреплены две подставки зрительной трубы, на них расположена ось вращения зрительной трубы и сама зрительная труба. Зрительная труба переводится через зенит обоими концами. Фокусирование зрительной трубы осуществляется вращением фокусирующего винта 7 (рис. 1.1) или кремальерой 6 (рис. 1.2). Зрительная труба имеет закрепительный и микрометренный винт 5 (рис. 1.2).

Стеклянные угломерные круги (горизонтальный и вертикальный) имеют цену деления 1°, каждый штрих оцифрован. Приспособлением для отсчитывания по кругам является штриховой или шкаловой микроскоп, окуляр 9 которого (рис. 1.1) находится рядом с окуляром зрительной трубы. Поле зрения отсчетного микроскопа показано на рис. 1.3, 1.4. Угломерные круги освещаются при помощи откидного зеркала 7 (рис. 1.2).

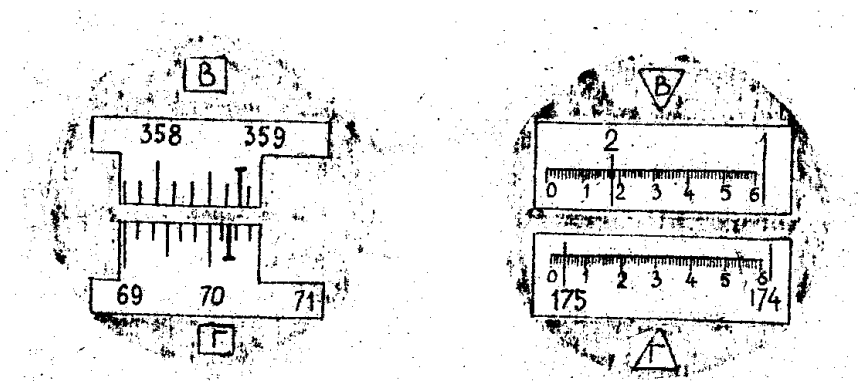


Рис. 1.3 Штриховой микроскоп: Рис. 1.4 Шкаловой микроскоп:

отсчет по	358 58,	отсчет по	219, 5,
отсчет по	70 25.	отсчет по	175 04

На алидадном круге теодолита расположен цилиндрический уровень 10 (рис. 1.1) для приведения лимба инструмента в горизонтальное положение. Уровень имеет исправительный винт.

С трубой жестко скреплен вертикальный круг для измерения углов наклона. Перед взятием отсчета по вертикальному кругу в теодолите Т-5 винтом 9 уровень 8 приводится в нульпункт, пользуясь лупой-призмой 10 (рис. 1.2).

19.2 Исследование теодолита

При получении инструмента необходимо установить его пригодность к работе.

Прежде всего, следует убедиться в выполнении механико-технологических условий, предъявляемых к теодолиту. Проверяют устойчивость установки теодолита, после прикрепления его к штативу, убеждаются в правильности и плавности вращения частей инструмента: лимба, алидады, зрительной трубы; проверяют исправность подъемных, закрепительных и наводящих винтов, зрительной трубы, отсчетных приспособлений, уровней и прочность всех частей теодолита.

Исправность зрительной трубы проверяют путем пробных наведений ее на различные предметы. Наведение на предмет может осуществляться двояким образом - при положении вертикального круга справа от наблюдателя (КП) и слева от него (КЛ). Переход от положения КП к положению КЛ осуществляется путем поворота трубы вокруг ее оси вращения на 180°, это действие называется переводом трубы через зенит.

1.2.1. Установка зрительной трубы для наблюдений. Установить зрительную трубу для наблюдений - это значит добиться отчетливого изображения сетки нитей и наблюдаемого предмета. Для этого наводят трубу на светлый фон и, вращая окулярную трубочку 10 (рис. 1.2), добиваются отчетливого изображения нитей сетки. Далее совмещают центр нитей с изображением (рис. 1.5), устанавливая трубу на резкость изображения предмета кремальерой.

После установки трубы нужно убедиться в отсутствии параллакса сетки нитей. Параллаксом сетки нитей называется кажущееся смещение изображения наблюдаемого предмета относительно пересечения нитей при перемещении глаза наблюдателя около окуляра. Устраняют параллакс нитей дополнительным перемещением окулярного кольца, сохраняя при этом четкое изображение сетки нитей.

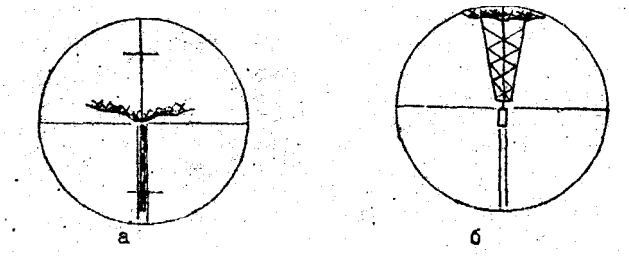


Рис. 1.5. Наведение сетки нитей на изображение предмета:

а - на веху; б - на сигнал.

19.3 Поверки и юстировка теодолита

Поверками теодолита называют действия, позволяющие выявить отклонения от геометрических условий, предъявляемых к инструменту.

Юстировка - исправление обнаруженных отклонений от требуемых условий.

19.3.1 Поверка цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга

Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси в ращения инструмента. Это условие необходимо для того, чтобы придать оси вращения инструмента отвесное положение.

Перед поверкой ось вращения инструмента устанавливается приблизительно в отвесное положение. Ставят цилиндрический уровень по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину. Поворачивают алидаду на 180°. Если пузырек останется в нульпункте или отклонится не более чем на 1-1,5 деления (рис. 1.6), то условие выполнено (оси uu_1 и zz_1 взаимно перпендикулярны), если нет, то при повороте на 180°, ось уровня отклонится от своего первоначального положения на угол 2α . Для исправления дефекта нужно изменить угол между осью уровня и осью вращения zz_1 лишь на величину α, соответствующую половине смещения пузырька, с середины. После этого подъемными винтами нужно установить пузырек снова на середину и поверку повторить.

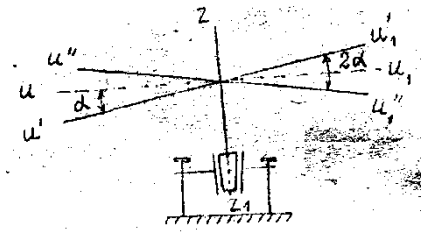


Рис. 1.6. Схема поверки уровня на алидаде

Для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение ставят уровень по направлению двух подъемных винтов и приводят пузырек в нульпункт. Затем ставят уровень по направлению третьего подъемного винта и тоже приводят пузырек уровня в нульпункт. В любом положении алидады пузырек уровня должен оставаться в иульпункте.

19.3.2 Поверка положения визирной оси зрительной трубы относительно оси вращения ее

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы. Несоблюдение этого условия вызывает появление ошибки, называемой коллимационной.

Коллимационная ошибка "с" выражает величину угла между визирной осью WW_1 и перпендикуляром к оси вращения трубы HH_1, (рис. 1.7).

Для поверки наводят трубу на точку, расположенную на высоте горизонта инструмента (труба будет занимать примерно горизонтальное положение) и берут отсчеты по шкаловому (штриховому) микроскопу при положении $КП_1$, затем переводят трубу через зенит и опять наводят ее на ту же точку, берут отсчеты при $КЛ_1$.

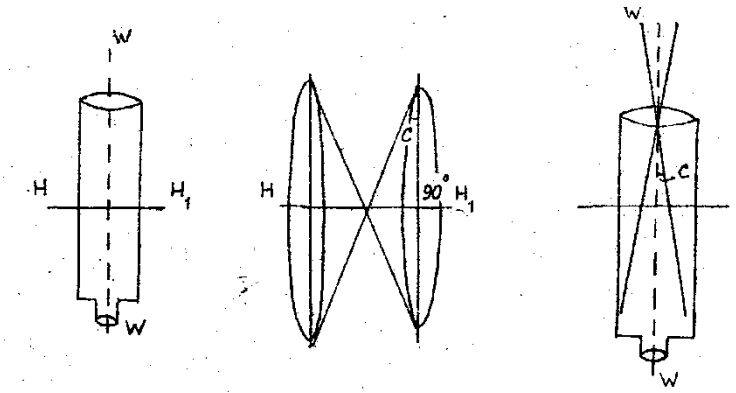


Рис. 1.7. К поверке положение визирной оси

С целью исключения влияния эксцентриситета (несовпадение центров осей лимба и алидады) горизонтального круга открепляют теодолит и поворачивают его на 180°, после чего повторяют наведение и берут отсчеты $КП_2$, $КЛ_2$. Для Т-5 - для поворота на 180° открепляют теодолит в треножнике; для Т-30 - поворот на 180° осуществляется вращением алидадной части при отпущенном зажимном винте.

Величину коллимационной ошибки вычисляют по формуле:

$$2c = \frac{КП_1 - КЛ_1 \pm 180^0 + КП_2 - КЛ_2 \pm 180^0}{2}$$

Исправление. Средний отсчет, свободный от влияния коллимационной ошибки, устанавливают на алидаде горизонтального круга. Крест нитей сойдет с точки. Боковыми исправительными винтами сетки нитей наводят крест нитей на точку. Поверку повторяют. Запись выполняется по образцу, приведенному в таблице 1.1.

Таблица 12.1 Определение коллимационной ошибки

На блюд. то чка	**Отсчеты**				**с**	
	$КП_1$	$КЛ_1$	$КП_2$	$КЛ_2$		
5	17°46′30″	197°48′00″	197°45′00″	17°48′00″	2′	1′

19.3.3 Поверка положения оси вращения зрительной трубы

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента. Условие необходимо для того, чтобы коллимационная плоскость, как проектирующая, занимала отвесное положение.

Наводят трубу при КП и КЛ на высоко расположенную точку М (угол 40° - 50°) (рис. 1.8) и опускают вниз до горизонта инструмента, отмечая положение креста сетки нитей на стене. Если проекция ранее отмеченной точки не совпала с перекрестием сетки нитей менее чем на ширину биссектора, то наклон оси вполне допустим, Указанный допуск соответствует неперпендикулярности 15″ - 20″.

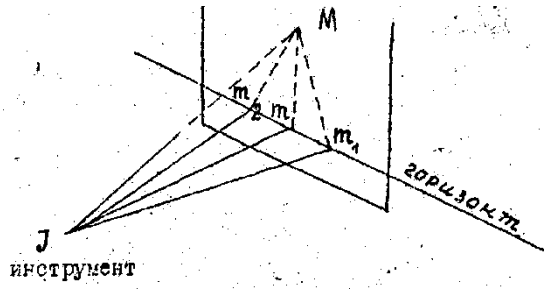


Рис. 1.8. К поверке положения оси вращения зрительной трубы

В теодолитах Т-5, Т-30 условие гарантировано заводом-изготовителем. Если условие не выполняется, то следует работать при двух положениях круга. Средний отсчет свободен от влияния неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к оси вращения теодолита.

19.3.4 Одна из нитей сетки должна находиться в коллимационной плоскости

Вращая зрительную трубу ее микрометренным винтом, наводят перекрестие сетки нитей на ясно видимую точку. Если при этом изображение точки останется на нити сетки - условие выполнено. В противном случае следует открепить винты сетки и соответствующим образом повернуть ее, после чего винты снова закрепить и повторить поверку.

19.3 Измерение горизонтального угла. Подготовка к измерениям

Перед измерением горизонтального угла инструмент должен быть центрирован и отнивелирован.

Ц е н т р и р о в а т ь теодолит - это значит поставить теодолит с помощью нитяного иди оптического отвеса таким образом, чтобы ось его вращения проходила через вершину измеряемого угла.

О т н и в е л и р о в а т ь - это значит поставить ось вращения теодолита в отвесное положение с помощью цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга. Оба действия выполняются методом приближений.

При измерении горизонтального угла между некоторыми точками А и В, в этих точках ставят опознавательные вехи (за или перед колышком) по направлению к инструменту. Вращением алидады наводят трубу на веху, стоящую на точке А. Перекрестие сетки нитей наводят на нижнюю часть вехи (чтобы уменьшить ошибку за наклон вехи). Наводящим винтом на ввинчивание совмещают вертикальную нить с осью вехи. Берут отсчет по микроскопу (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Журнал измерения горизонтального угла

Название вершины угла	Название визируемых точек	Отсчеты	Значение угла из полуприема	Значение угла из приема
КП	2	18°44,5′	21°13,8′	-
	3	39°58,3′	-	21°13,9′
6	2	-	21°14,0′	-
КЛ	3	129°27,0′	-	-

Открепляют алидаду и наводят трубу на веху, стоящую в точке В, фокусируют, берут отсчет. Разность отсчетов (В-А) дает значение угла из одного полуприема. Для исключения остаточного влияния коллимационной ошибки, неперпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения инструмента, угол измеряют при втором положении круга. Трубу переводят через зенит, визируют на точку А, снимают отсчет, поворотом алидады наводят трубу на В и берут отсчет. Желательно, чтобы отсчет по лимбу при наведении на точку А был близким к 90°. Разность отсчетов (В-А) дает значение угла из второго полуприема. Весь этот процесс представляет один прием.

Два значения угла должны быть близки и не расходиться, более чем на 2′. Если расхождение более 2′, нужно перемерить угол при КП или КЛ.

Примечание. В лабораторных условиях используются макеты визирных целей.

19.5 Измерение вертикальных углов

Угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси зрительной трубы называется у г л о м н а к л о н а .

При измерении вертикального угла на некоторую точку М наводят зрительную трубу при двух положениях круга и берут, отсчеты по вертикальному кругу. При этом в теодолите Т-5 перед взятием отсчета приводят в нульпункт пузырек уровня при алидаде вертикального круга с помощью винта уровня.

В теодолите Т-30 измерение вертикальных углов связано с необходимостью следить за положением пузырька уровня, при алидаде горизонтального круга, приводя его подъемными винтами на середину перед визированием зрительной трубы наточку местности.

Для вычисления углов наклона пользуются формулами:

$$Для Т-5: \nu = \frac{КП - КЛ - 180^0}{2}; \nu = КП - МО; \nu = МО - КЛ - 180^0$$

$$Для Т-30: \nu = \frac{КЛ - КП - 180^0}{2}; \nu = КЛ - МО; \nu = МО - КЛ - 180^0$$

где *МО*- место нуля вертикального круга.

К отсчетам, меньшим 90°, следует предварительно прибавлять 180°.

М е с т о н у л я в е р т и к а л ь н о г о к р у г а (МО) - это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положений визирной оси трубы и оси уровня на алидаде вертикального круга.

МО определяют по формуле:

$$MO = \frac{КП + КЛ + 180^0}{2}$$

Указанный метод измерений вертикальных углов можно применить будучи уверенным в том, что ранее найденное значение МО не изменяется.

Постоянство МО является надежным средством контроля качества измерения вертикальных углов.

Поверка постоянства МО производится следующим образом. Визируют на несколько различно удаленных от инструмента местных предметов при КП и КЛ; по взятым отсчетам по вертикальному кругу вычисляют значения МО по формуле. Полученные результаты не должны расходиться более двойной точности отсчетного приспособления.

Для удобства вычислений желательно, чтобы МО было близко к 0^0.

Существует два способа приведения МО к нулю.

Первый способ:

а) определяют значение МО;

б) наводящим винтом трубы устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный МО, при этом визирная ось займет горизонтальное положение;

в) микрометренным винтом алидады вертикального круга совмещают 0° шкалы микроскопа с 0° вертикального круга; при этом пузырек, сойдет с нульпункта;

г) исправительными винтами уровня приводят пузырек уровня в нульпункт.

Второй способ:

а) определяют значение МО (для Т-30);

б) оставляют трубу наведенной на предмет;

в) вычисляют значение угла наклона и микрометренным винтом алидады вертикального круга устанавливают этот отсчет, вследствие чего пузырек уровня сойдет с нульпункта;

г) исправительными винтами уровня приводят пузырек уровня в нульпункт.

Образец записи определения МО и углов наклона приведен в табл. 1.3.

Таблица 1.3 Журнал определения МО

Точка стояния	Название визируемых точек	Отсчеты	МО	Угол наклона
КП КЛ	5 5	1°32,0′ 358°30,0′	0°01,0′	ν=КП-МО=1°32′-0°01′=1°31′ ν=МО-(КЛ±180°)= =180°01′-178°30′=1°31′

19.6 Измерение расстояний. Работа с нитяным дальномером

В трубах геодезических инструментов имеется устройство в виде двух дальномерных нитей (рис. 1.5).

Для оптических теодолитов, имеющих трубу с внутренний фокусированием, расстояние от инструмента до рейки, стоящей в точке, вычисляют по формуле:

$$S=100\times l+p,$$

где 100 - условно принятое значение коэффициента дальномера; l - дальномерный отсчет по рейке в миллиметрах, определяемый как разность отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям; p - поправка к расстоянию, являющаяся переменной величиной.

Значение определяют опытным путем на базисе. На местности разбивают базис на отрезки по 10 м и закрепляют точки А, Е, Н, К, В (рис. 1.10). Отрезки измеряют стальной лентой с относительной ошибкой порядка 1:3000.

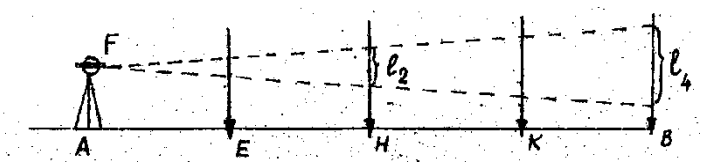


Рис. 1.10. Определение коэффициента дальномера

Таблица 1.4 Журнал определения поправки к коэффициенту дальномера

Длина линии, м	Отсчеты по рейке, см									Сред-ний отс- чет	По-прав-ка
	I прием			II прием			III прием				
	н ср в	н-ср ср-в	н-в	н ср в	н-ср ср-в	н-в	н ср в	н-ср ср-в	н-в		
	200,3			170,2			130,0				
		15,3			15,2			15,1			
30	185,0		30,4	155,0		30,0	114,9		30,3	30,3	-0,3
		15,2			15,1			15,2			
	169,8			139,9			99,7				
	150,1			120,2			80,2				
		25,1			25,2			25,2			
50	125,0		50,3	95,0		50,4	55,0		50,4	50,4	-0,4
		25,2			25,2			25,2			
	99,8			69,8			29,8				
	190,1			140,2			230,2				
		50,1			50,2			50,2			
100	140,0		100,5	90,0		100,5	180,0		100,5	100,5	-0,5
		50,4			50,3			50,3			
	89,6			39,7			129,7				

На каждое расстояние получают поправку и составляют таблицу поправок (табл. 1.5).

Таблица 1.5 Таблица поправок

, м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
		0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	

Образец записи измерения расстояний приведен в табл. 1.6.

Таблица 1.6 Журнал измерения расстояний

Номер п/п	Отсчеты по нитям сетки,см	*l=H-b*, см	100 *l*, м	*p*, м	Д, м	Непсредственно измерен. расстоние, м	ΔS, м	$\frac{\Delta S}{S}$
1	153,0	22,0	22	-0,3	21,7	21,75	0,05	1:400

Примечание. В лабораторных условиях при измерении, расстояний принять р=0.

20 Исследование и поверки нивелира

Для определения превышений точек местности, необходимых для вычислений высот точек над уровенной поверхностью, производят нивелирование. На рис. 2.1 показан вид современного нивелира.

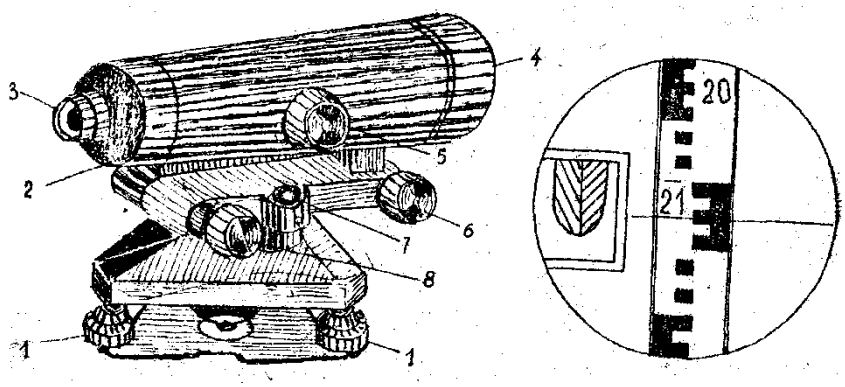


Рис. 2.1 Нивелир Н-3:

1 - подъемные винты; 2 - труба; 3 - окуляр; 4 - объектив; 5 - фокусирующий винт трубы; 6 - микрометренный винт трубы 7 - круглый уровень; 8- элевационный винт.

Рис. 2.2

Поле зрения нивелира:

отсчет средней нити - 2126.

До начала работы с нивелиром надо убедиться в выполнении механико-технологических условий, предъявляемых к нивелиру. В целом эти условия такие же, как и предъявляемые к теодолиту.

20.1. Поверки и юстировка нивелира

20.1.1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Поверка выполняется поворотом уровня вместе с трубой вокруг оси вращения инструмента на 180°. Если при этом пузырек уровня отклоняется от нульпункта, его перемещают на половину дуги отклонения исправительными винтами.

20.1.2. Одна из нитей сетки должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

На рейку, установленную отвесно, в 30-40 м от нивелира наводят трубу так, чтобы ее изображение последовательно получалось в разных местах поля зрения, у двух краев и в центре, и берут по ней отсчеты. В момент отсчета по рейке с помощью элевационого винта контактируют видимое в поле зрения трубы изображение концов пузырька цилиндрического уровня (рис. 2.1). Если все отсчеты одинаковы, то условие выполнено.

Юстировка производится путем поворота оправы сетки нитей. Доступ к ним можно получить, если ослабить окулярную часть трубы. Следует несколько ослабить эти винты, после чего сетка вместе с оправой может поворачиваться на 2-3° за счет люфта в отверстиях для винтов. Поверку повторяют.

20.1.2 Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.

Поверка главного условия нивелира производится двойным нивелированием линии местности методом вперед. Закрепляют кольями линию АВ (рис. 2.3) длиной 50-75 м. Нивелир устанавливают на станции так, чтобы

окуляр трубы находился над точкой А и рулеткой или нивелирной рейкой измеряют его высоту, i_1 (от точки А до центра окуляра). Трубу нивелира наводят на установленную в точке В рейку и, приведя тщательно пузырек уровня элевационным винтом, в нульпункт, берут отсчет b_1 по рейке. Затем нивелир и рейку меняют местами, измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчет по рейке в точке b_2 (при пузырьке уровня в нульпункте).

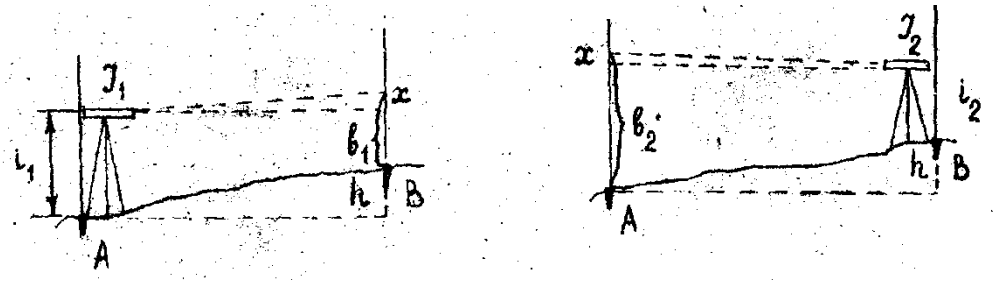


Рис. 2.3. Поверка главного условия нивелира

Если визирная ось параллельна оси уровня, то ошибка в отсчете

$$x = \frac{1}{2}(i_1 + i_2) - \frac{1}{2}(b_1 + b_2)$$

не должна превышать ±4 мм. В противном случае исправляют положение уровня: элевационным винтом среднюю нить сетки наводят на отсчет

$$b = b_2 + x$$

при этом совмещенные ранее изображения концов пузырька уровня разойдутся. Действуя затем исправительными винтами цилиндрического уровня, добиваются их совмещения. После юстировки повторяют поверку.

20.2. Измерение превышений

20.2.1Нивелирование из середины.

Для определения превышений точек А и В (рис. 2.4) устанавливают в них отвесно рейки R_1, и R_2, а между ними на одинаковом расстоянии от реек - нивелир *I*. Наводя последовательно зрительную трубу нивелира на рейки R_1, и R_2, берут отсчеты по ним a и b. Превышение h нивелируемых точек определяется

$$h = a – b.$$

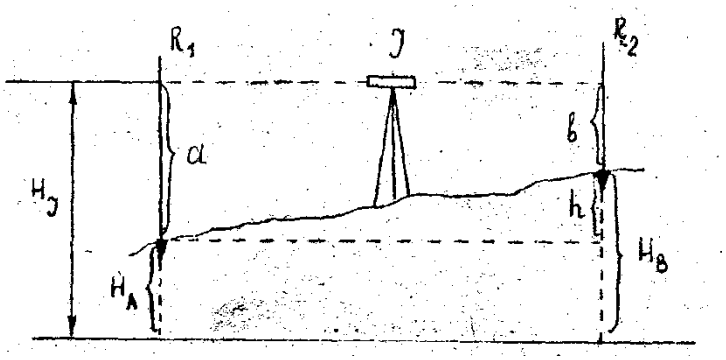


Рис. 13.4. Нивелирование из середины

Точка В, превышение которой определяют, называется передней; точка А, относительно которой определяют превышение, называется задней.

При значительном расстоянии между точками А и В производят последовательное нивелирование на станции (ряс. 2.5).

После того, как взяты отсчеты a_1 и b_1 по рейкам на первой станций I_1 заднюю рейку R_1 из точки А переносят в точку B_1, а нивелир устанавливают на второй станции I_2 между точками B_1 и B_2, и берут отсчеты a_2 и b_2 и т.д. пока на станции I_n передняя рейка не окажется в точке В. Точки, являющиеся задними и передними называются связующими. Превышения между связующими точками определяются:

$$h_1 = a_1 – b_1$$

$h_2 = a_2 – b_2$; …

$$h_n = a_n – b_n;$$

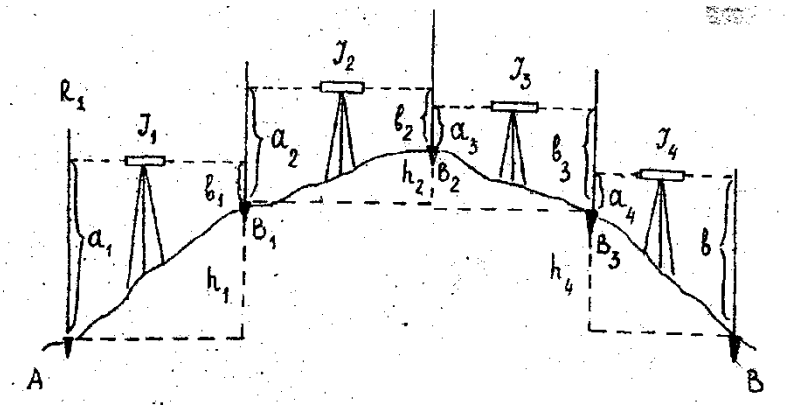


Рис. 13.5. Сложное нивелирование

При двухсторонних рейках измерения производят по следующей программе:

1) отсчет по черной стороне задней рейки;

2) отсчет по черной стороне передней рейки;

3) отсчет по красной стороне передней рейки;

4) отсчет по красной стороне задней рейки.

Превышения между связующими точками на станции, вычисленные по черной и красной сторонам реек, не должны расходиться более чем на 5 мм. Результаты измерений записывают в полевой журнал установленной формы (табл. 2.1).

Таблица 13.1 Журнал нивелирования

Номер станции	Номера пикетов	Отсчеты по рейкам			Превышение	Среднее превышение	ГИ	Абсолютные отметки
		Задняя	Передняя	Промежуточная				
14	ПК 32 ПК 33	2072 7757	2392 7078		+0679 +0580	+0580		163,529 164,109
15	ПК 32	275						164,109

	ПК 34	9 744 5	0756 5541		+1904 +2003	+2004		166,113

Примечание. В целях борьбы с влиянием вертикальной рефракции визирный луч не должен проходить вблизи поверхности земли; отсчеты по рейкам не должны быть меньше 200 мм**.**

Зная отметку исходной точки А, можно вычислить отметку следующей связующей точки:

$H_{B1} = H_A + h^1_{ср}$;

$H_{B2} = H_{B2} + h^2_{ср}$ …

$H_B = H_A + \sum h_{ср}$

20.2.1. Нивелирование вперед.

При определении превышения между точками А и В (рис. 2.6) нивелир устанавливают так, чтобы окуляр зрительной трубы находился над задней точкой А, а в передней точке В устанавливают рейку R. Делают отсчет по рейке и измеряют рулеткой высоту инструмента i - от центра окуляра до точки А. В этом случае

$H = i\text{-}b$,

$H_B = H_A + i - b$ или $H_B = H_J - b$,

где HJ = HA + i называется горизонтом инструмента, это есть высота визирного луча над исходной уровенной поверхностью. Горизонт инструмента на задней станции равен отметке точки плюс отсчет по рейке, установленной в этой точке.

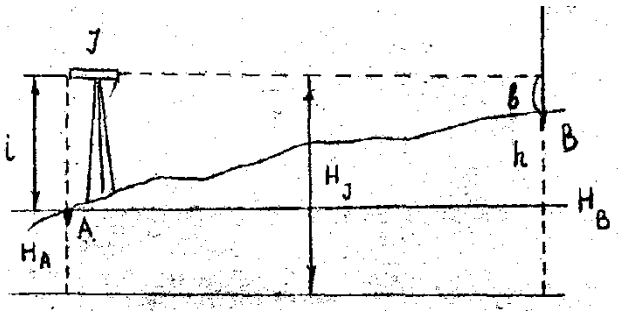


Рис. 13.6. Нивелирование вперед

21 Поверки и исследования мензулы и кипрегеля

В комплект инструментов, служащих для мензульной съемки входят мензула и кипрегель (рис. 14.1).

Мензула состоит из штатива 17, планшета 13 и подставки. К головке штатива подставка крепится становым винтом 16. Подставка имеет три подъемных винта для нивелирования планшета и микрометренные винты 14 для небольшого и медленного поворота планшета в горизонтальной плоскости вокруг оси вращения мензулы. Планшет прикрепляется к верхней части металлической подставки тремя винтами 15.

Кипрегель состоит из линейки 10, 12. В средней части ее укреплена колонка 7 с втулкой, на одной из осей которой прикреплена зрительная труба 4, на второй - вертикальный круг 6.

Линейка кипрегеля состоит из двух частей: одна является основанием кипрегеля, вторая - дополнительная, соединена с первой шарниром. Благодаря этому расстояние между линейками может изменяться от 0 до 37 мм, и при этом они остаются параллельными. Таким образом, скошенное ребро второй линейки можно приложить к точке планшета, не передвигая кипрегеля.

Отсчет по кругу производится с помощью шкалового микроскопа с точностью до *0,1t*, т. е. 1′. При алидаде вертикального круга имеется контактный уровень 5, который при взятии отсчетов должен находиться в нульпункте.

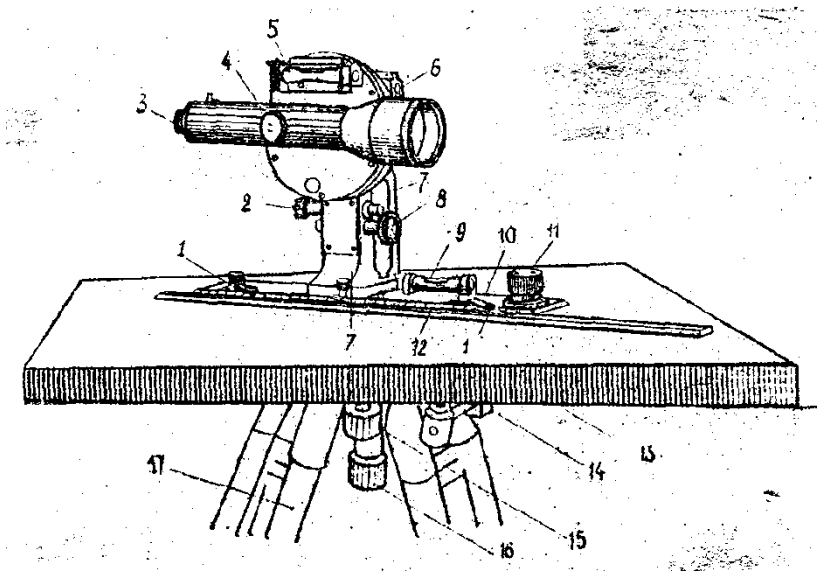


Рис. 14.1. Кипрегель

1 - шарниры крепления линеек; 2 - микрометренный винт трубы; 3 - окуляр; 4 - труба; 5 - уровень вертикаяьного круга; 6 - вертикальный круг; 7 - конки; 8 - микрометренный винт алидады вертикального круга; 9 - цилиндрический; уровень; 10 - основная линейка; 11 - микрометренный винт линейки; 12 - дополнительная линейка; 13 - планшет 14 - наводящий винт подставки; 15 - винт крепления подставки с планшетом; 16 - становой винт; 17 - штатив.

Кроме угломерной шкалы на вертикальном круге имеются: к р и в а я для автоматического определения горизонталых проложений измеряемых расстояний и к р и в ы е для определения превышений точек местности. Нижняя кривая (основная) перед отсчетом по рейке совмещается с осью марки, или наводится на круглый отсчет 1000, 2000 и т. д. кривая S с коэффициентом C=100, служащая для определения горизонтальных положений линии местности; три пары кривых с коэффициентами $k_1 = \pm 10$, $k_2 = \pm 20$, $k_3 = \pm 100$ для определения положительных и отрицательных превышений точек местности. Кривые диаграммы видны в поле зрения трубы при положении "круг лево" (КЛ).

Для определения горизонтального положения линии и превышения точек местности отсчитывают с помощью кривых интервалы l_S и l_h и умножают их на соответствующие коэффициенты c и k, т. е.

$$S = c \cdot l_S, \quad h = k \cdot l_h$$

На рис. 3.2 имеем l_S = 9,3 см, следовательно, S = 9,3 м, превышение h можно определить по 2 кривым l_h = 4,2 см и h = 4,2·(-20) = - 0,84 м, соответственно, l_h = 8,4 см, h = 8,4·(-10)= - 0,84 м.

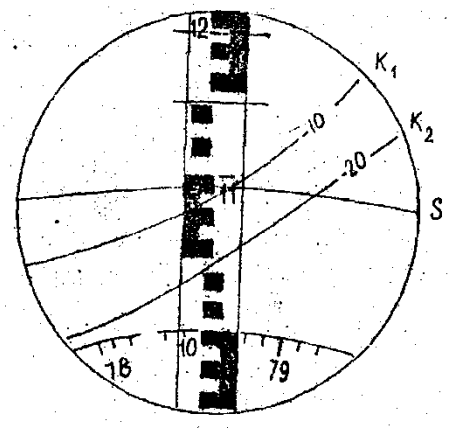


Рис. 14.2. Номограммное определение расстояний и превышений в КА-2

Горизонтальные проложения линий длиной до 200-250 м определяются с относительной ошибкой 1:500 - 1:600. Средние квадратические ошибки превышений при пользовании кривой с коэффициентом k_1 = ±10 колеблются в пределах от ±2 – ±4см; при пользовании кривой с коэффициентом k_2 = ±20 от ±4 – ±6 см; при пользовании кривой с коэффициентом k_3 = ±10 – ±15см.

Образец записи определения расстояний и превышений по кипрелю. приведен в табл. 2,2.

Таблица 2.2

Журнал мензульной съемки

$H_{станции}$=119,0 м, i=1,32 м
V_1=1 м, H_1=119,32 м
V_2=2 м, H_2=118,32 м

Номера пикетов	Высота наведения (основная кривая) V_1, V_2	Отсчеты по кривой			S, м	h, м	Абсолютная отметка
		горизонтальных проложений	превышения				
			коэфф.	отсчет			

1	1000	1339	-10	1125	33,9	-125	118,07
2	1000	1200	0	1000	20,0	0	119,32
3	2000	2188	-10	2100	18,8	-1,0	117,32

Примечание. $H_{1(2)} = H_{ст} + i - v$, $H_{ПК} = H_{1(2)} + h$

21.1 Поверки мензулы

21.1.1 Мензула должна быть устойчивой.

Устанавливают кипрегель на мензулу и наводят на трубу на отдаленный ясно видимый предмет, предварительно утаптывают до отказа в грунт наконечники ножек штатива, закрепляют становой винт и винты, скрепляющие подставку и планшет. Наблюдая в трубу, нажимают пальцем на планшет сверху и с боков. Условие считается выполненным, если мензула пружинит, т.е. после прекращения действия нагрузки на планшет труба остается наведенной на предмет. В противном случае следует проверить крепление планшета к подставке, крепление подставки к головке штатива, крепление наконечников на концах ножек, проверяют, не имеется ли качка в подъемных винтах и не качается ли головка штатива.

20.1.2. Верхняя поверхность мензульной доски должна быть плоскостью.

Ребро выверенной линейки прикладывают в различных направлениях к поверхности доски. Между ребром линейки и поверхностью доски не должно быть просветов, больших 0,5-1 мм. При наличии таковых доска не пригодна к работе.

20.1.3. Верхняя плоскость мензульной доски (планшета) должна быть перпендикулярна к оси вращения мензулы.

С помощью выверенного уровня и подъемных винтов мензулы приводят верхнюю плоскость доски (планшета) в горизонтальное положение. Это действие называется нивелированием мензулы (планшета).

Нивелирование планшета производится также, как и нивелирование теодолита. У исправной мензулы. одновременно с этим ось вращения займет отвесное положение. Открепив закрепительный винт подставки, медленно вращают планшет. Если при этом пузырек уровня отклоняется от нульпункта не больше, чем на 2-3 деления, условие считается выполненным.

21.2. Поверки и юстировки кипрегеля

21.2.1. Нижняя поверхность линейки кипрегеля должна быть плоскостью, а скошенное ребро - прямой линией.

Поверхность линейки проверяется путем установки кипрегеля на планшет; линейка должна плотно прилегать к нему во всех местах. Допускается небольшая погнутость концов линейки книзу; под тяжестью кипрегеля, поставленного, на планшет, она устраняется.

Для поверки качества скошенного ребра линейки кипрегеля устанавливают его на планшет и прочерчивают остро заточенным карандашом вдоль ребра линейки линию. Затем прикладывают скошенное ребро линейки кипрегеля к прочерченной линии с другой стороны (поворотом на 180°) и вновь прочерчивают линию. Если обе линии на всем их протяжении совпадают, условие выполнено.

21.2.2. Ось цилиндрического уровня, установленная на линейке должна быть параллельна нижней плоскости, линейки.

Поверка производится аналогично поверке уровня на алидаде теодолита, т. е. поворотом на 180°. Кипрегель устанавливают на планшете (в средней части) по направлению двух подъемных винтов мензулы и вращением последних приводят пузырек поверяемого уровня в нульпункт. Прочерчивают на планшете линию вдоль ребра линейки и прикладывают к ней линейку кипрегеля с другой стороны (поворотом его на 180°). При отклонении пузырька уровня от нульпункта более, чем на одно делание ампулы, перемещают его в направлении нульпункта на половину дуги отклонения. Поверка повторяется.

Завершив юстировку уровня, нивелируют планшет, для чего устанавливают кипрегель по направлению третьего подъемного винта мензулы (т. е. перпендикулярно прочерченной линии) и вращением его приводят пузырек уровня в нульпункт.

21.2.3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.

Поверка данного условия и юстировка производится аналогично соответствующему условию теодолита с той лишь разницей, что вместо отсчетов по лимбу в данной случае прочерчивают на планшете линии.

Для юстировки устанавливают ребро линейки по биссектрисе получившегося угла и боковыми юстировочными винтами сетки нитей добиваются, чтобы крест нитей вновь оказался наведенным на предмет.

После юстировки поверка повторяется.

21.2.4. Ось вращения трубы должна быть параллельной нижней плоскости линейки кипрегеля.

Это условие соответствует условию перпендикулярности оси вращения трубы теодолита к оси вращения его алидады и поверяется аналогичным образом.

21.2.5. Одна из нитей сетки должна находиться в коллимационной плоскости.

Условие поверяется так же, как и аналогичное условие теодолита. Юстировка производится путем соответствующего поворота сетки нитей.

21.2.6 Коллимационная плоскость трубы кипрегеля должна проходить через скошенное ребро линейки или быть ему параллельной.

Условие гарантируется заводом, выпускающим инструменты. Если данное условие не выполняется, то все прочерчиваемые на планшете направления повернуты на один и тот же угол относительно действительного направления (рис. 3.3). Но угол β между прочерчиваемыми направлениями не содержит ошибки.

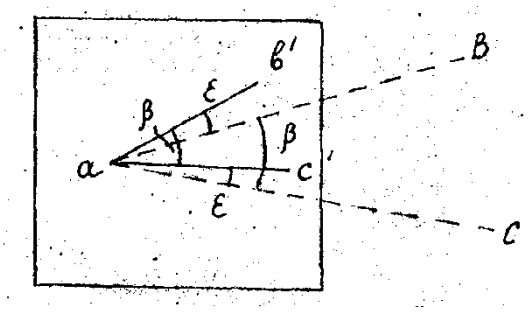


Рис. 14.3. К поверке коллимационной плоскости трубы кипригеля

21.2.7. Место нуля вертикального круга должно быть постоянным.

Поверка постоянства места нуля выполняется, как и у вертикального круга теодолита.

Если значение МО отличается от 90° более, чем на ±3 , необходимо выполнить приведение МО к 90° способами, аналогичными для теодолита.

21.2.8. Дополнительное условие.

Дополнительная линейка, находясь на разных расстояниях от основной линейки, должна оставаться параллельной самой себе.

При неподвижном положении кипрегеля на планшете устанавливают дополнительную линейку на нескольких различных расстояниях от основной линейки и каждый раз прочерчивают вдоль ее скошенного ребра линию. Циркулем-измерителем сравнивают в разных местах расстояния между двумя линиями. Допустимые колебания не более 0,2 мм.

21.3. Установка мензулы на станции

Устанавливая мензулу на станции следует добиться выполнения следующих трех условий: планшет должен быть центрирован, нивелирован и ориентирован.

Выполнение указанных условий добиваются методом последовательных приближений. Прежде всего, ориентируют планшет на глаз по окружающим предметам местности, затем, также на глаз, центрируют и нивелируют планшет. Уточняют установку мензулы с помощью инструментов, последним действием является ориентирование планшета.

Центрирование и ориентирование планшета иллюстрируется рис. 3.4.

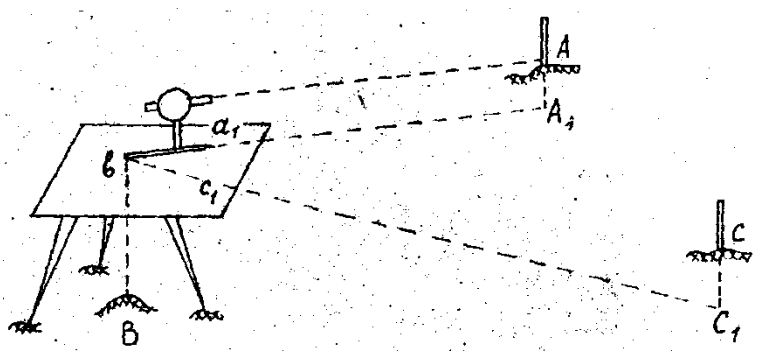


Рис. 14.4. Схема построения горизонтального угла при

мензульной съемке

Для точного ориентирования планшета прикладывают линейку кипрегеля к точкам b и a_1 и поворачивают планшет так чтобы труба кипрегеля оказалась наведенной на точку *А* местности.

Если планшет ориентирован правильно, то приложив линейку кипрегеля к точке b, наводят трубу на, точку С местности. Скошенное ребро линейки должно пройти через точку c_1, планшета. В противном случае ориентирование повторяют.

Для ориентирования планшета выбирают наиболее длинные линии. Желательно заблаговременно удлинить линии путем прочерчивания на краях планшета отрезков, являющихся их продолжением. Продолжение линий следует тщательно подписать и прикладывать линейку, кипрегеля к ним, а не к точкам.

22 Технические требования к выбору и проектированию трассы газопровода

По назначению газопроводы бывают магистральные (транзитные), распределительные и ответвления.

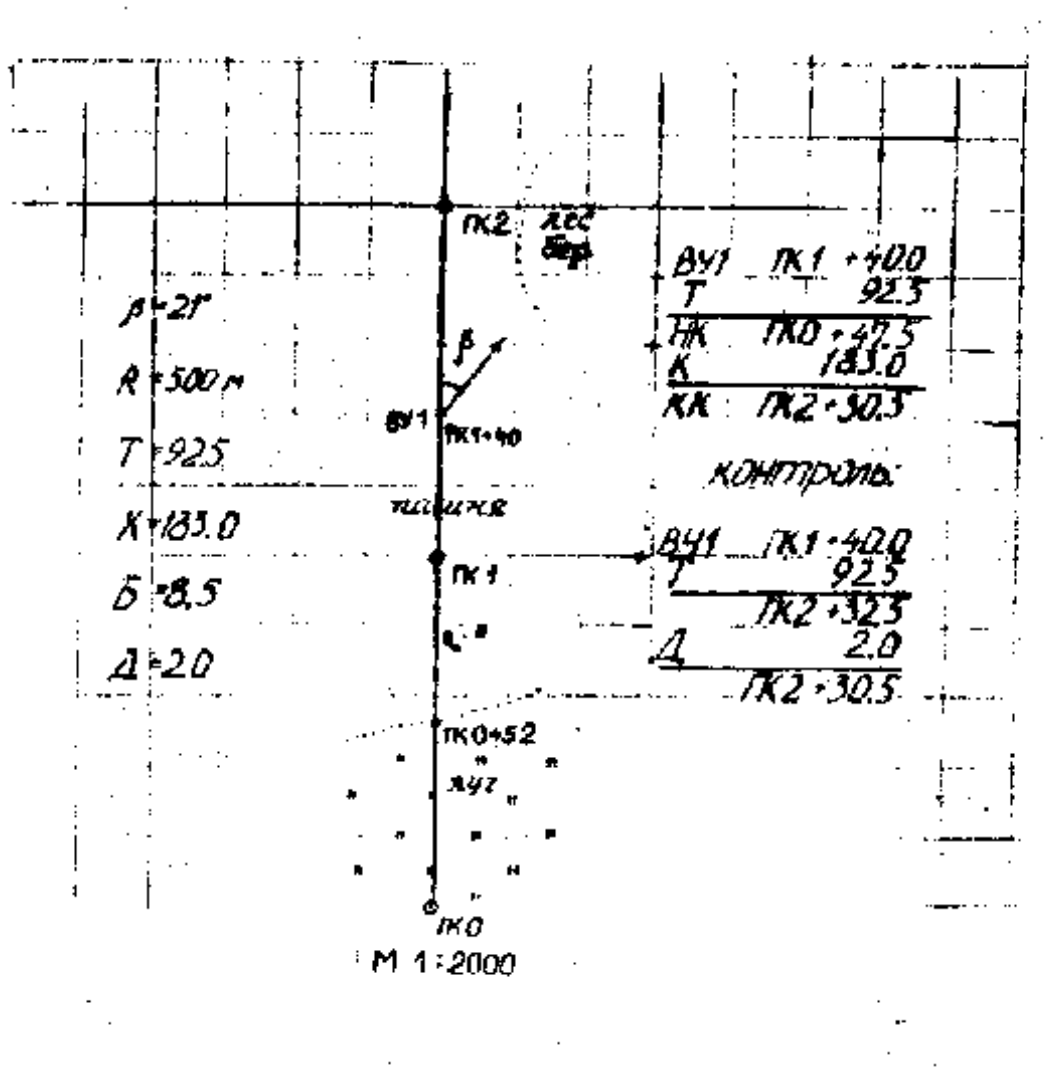
Для подземных и надземных газопроводов в зависимости от давления применяются стальные трубы различных диаметров: низкого давления – диаметр труб от 13,5 мм до 165 мм, среднего давления – от 10 мм до 530 мм, высокого давления – от 465 мм до 1620 мм.

При прокладке газопроводов учитывают минимальные расстояния между подземными газопроводами и другими сооружениями и коммуникациями.

Глубина заложения труб газопровода должна быть не менее 0,8 м, под железнодорожными путями не менее 1,5 м, под трамвайными путями и автомобильными дорогами не менее 1 м; газопроводов, транспортирующих жидкий газ, – ниже линии промерзания.

Переходы газопроводов всех давлений через реки, овраги, каналы выполняют подводным, подземными или надземными дюкерами, как правило, в две нитки, устанавливая на обоих берегах реки или других водяных преград отключающие устройства.

Пикетный журнал



Пикетный журнал (рис. 15.1) – основной полевой документ, составляемый при разбивке пикетажа на трассе. В журнале в определённом масштабе занесены результаты угловых и линейных измерений, номера точек,

расчёты пикетных обозначений точек, элементы кривых и абрис съёмки полосы местности вдоль оси трассы.

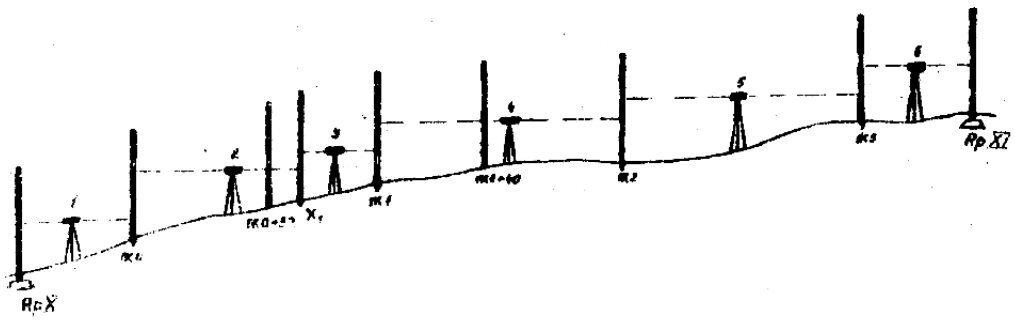
I.
II.
III.
IV.
V. Рис. 15.1 Пикетажный журнал

Оси трассы показывают условно в виде прямой линии, углы поворота стрелками. Началу трассы приписывают ПКО.

В пикетажном журнале зафиксированы также плюсовые точки – характерные перегибы рельефа, урезы воды в пересекаемых водоёмах, контурные точки, которые не совпадают с пикетами.

Журнал технического нивелирования

Результаты нивелирования всех точек трассы представлены в журнале технического нивелирования (табл. 1), схема нивелирования – на рис. 2.



VI. Рис. 15.2 Схема нивелирования трассы газопровода

Задание 1. Обработать журнал технического нивелирования.

Задание 2. Построить продольный профиль местности по проложенной трассе газопровода.

Задание 3. Запроектировать трассу газопровода.

Таблица 1 Журнал технического нивелирования

№ ст	Название нивелирных точек	Отсчёты по рейкам, мм			Превышение, мм	Среднее превышение, мм	Исправ. превыш, мм	Горизонт. инструм, м	Отметки м
		задн	передн	пром					
	Rp X	2939				+2			200.540
1		7622			+2792	+2792	+2794		
	ПК0		0147		+2792				203.334
			4830						
	ПК0	2614				+2		205.948	203.334
2		7328			+2378	+2379	+2381		
	X_1		0266		+2380				205.715
			4948						
	ПК0 +52			0317					205.631
	X_1	2979				+2			205.715
3		7662			+2739	+2739	+2741		
	ПК1		0240		+2739				208.456
			4923						
	ПК1	1501				+2		209.957	208.456
		6185			+527	+528	+530		
4	ПК2		0974		+528				208.456
			5657						
	ПК1+40			1590					208.367
	ПК2	1304				+1		210.290	208.986
		5987			+165	+165	+166		

5	ПК3		1139		+165				209.152
	Поперечник на ПК2		5822						
	ПР +20			2050					208.240
	Л +20			1020					209.270
	Л+20			1078					209.212
	ПК3	2135				+1			209.152
		6820			-165	-164	-163		
	Rp XI		2300		-163				208.989
			6983						
	Сумма $\frac{\Sigma a3-\Sigma aП}{2}=\frac{16877}{2}=8438.5$	55106	38229	$\Sigma h\tau = H_{XI} - H_X = +8449$	+16877	+8439			
				$fh = \Sigma h_{cp} - \Sigma hr = -10мм$					
				$fh_{доп} = 10мм\sqrt{n} = 25мм$					

Задание 1. Обработать журнал технического нивелирования.

1. Вычисляют превышения по чёрной и красной сторонам рейки и среднее превышение:

$$h_{ч.} = a_{з.ч.} - a_{п.ч.},$$
$$h_{к.} = a_{з.к.} - a_{п.к.},$$
$$h_{ср.} = \frac{h_{ч.} + h_{к.}}{2},$$

где $a_{з.ч.}$, $a_{з.к.}$ – отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки на задней по ходу точке;

$a_{п.ч.}$, $a_{п.к.}$ – отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки на передней по ходу точке.

Среднее превышение записывают в соответствующей графе с округлением до 1 мм.

2. Выполняется постраничный контроль. Подсчитывают суммы отсчётов по задним ($\Sigma a_з$) и передним ($\Sigma a_п$) рейкам, алгебраическую сумму средних превышений ($\Sigma h_{ср}$).

$$\textbf{Контроль: } \Sigma a_з = \Sigma a_п = \Sigma h\,,$$
$$\Sigma h_{ср} = ½\ \Sigma h$$

(это равенство должно соблюдаться в пределах ошибки округления).

3. Вычисляют невязку разомкнутого нивелирного хода:

$$fh = \Sigma h_{ср} - \Sigma h_{теор.},$$
$$\Sigma h_{теор.} = H_{к.} - H_{н.},$$

где $\Sigma h_{теор.}$ - теоретическая сумма превышений;

$H_{к.}$, $H_{н.}$, - высотные отметки конечной и начальной точек.

4. Вычисляют допустимую невязку:

$$fh_{доп} = 10мм\sqrt{n}\,,$$

где n – число станций.

5. Если невязка находится в пределах допуска ($fh = fh_{доп}$), то её распределяют с обратным знаком между всеми превышениями в виде поправок:

$$Vh = -\frac{fh}{n}$$

Поправку Vh определяют с округлением до целых миллиметров и

$$\textbf{Контроль: } \Sigma Vh = -fh.$$

записывают над средним превышением.

6. Вычисляют исправленное превышение:

$$h_{испр.} = h_{ср.} + Va$$

Контроль: $\Sigma h_{испр.} = \Sigma h_{теор.}$

7. Вычисляют отметки связующих точек:

$$H_{n+1} = H_{n.} + h_n^{испр}{}_{n+1},$$

где H_{n+1}, $H_{n.}$ - отметки последующей и предыдущей точек.

$h_n^{испр}{}_{n+1}$ - исправленное превышение между этими точками.

При вычислении отметок следует помнить, что отметки точек даны в метрах, а превышения в миллиметрах.

Контроль: вычисленная отметка конечного репера должна быть равна исходной отметки этого репера.

8. Вычисляют отметки промежуточных точек через горизонт инструмента (ГИ) станции:

$$ГИ_n = H_n + a_{ч.n},$$

где H_n - отметка предыдущей (или последующей) связующей точки;

$a_{ч.n}$ - отсчёт по чёрной стороне рейки на этой точке.

Контроль: горизонт инструмента, вычисленный по передней связующей точке, должен быть равен горизонту инструмента, вычисленному по задней связующей точке. Допустимое расхождение не должно превышать 4 мм.

Для вычисления отметок промежуточных точек на данной станции из горизонта инструмента вычисляют промежуточные отсчёты:

$$H_{пром,\ i} = ГИ_n - b_{пром.,\ i},$$

Задание 2. Построить продольный профиль местности по проложенной трассе газопровода.

Продольный профиль местности составляют по данным пикетажного и нивелирного журналов (индивидуальное задание выдаётся преподавателем). Профиль вычерчивается на миллиметровой бумаге в масштабах горизонтальном 1: 2000 и вертикальном 1: 200 (рис. 15.3).

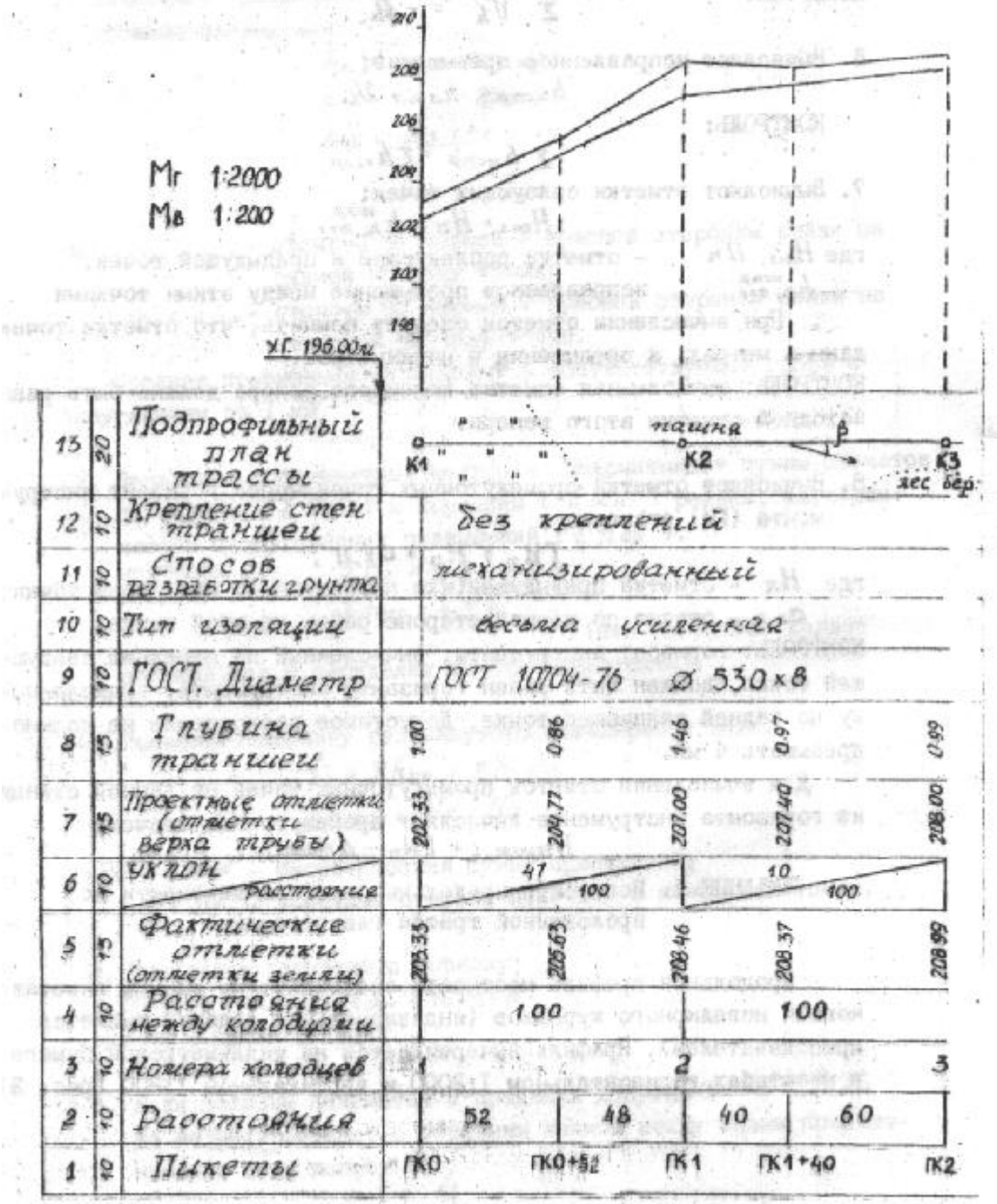


Рис. 15.3. Продольный профиль трассы газопровода

Продольный профиль состоит из двух частей: нижней части – сетки и верхней – собственно профиля. Сетка представляет собой ряд горизонтальных граф с цифровыми и другими данными.

Построение профиля начинается с сетки.

На расстоянии нескольких сантиметров от нижнего края листа бумаги вычерчивают первую графу (ширина граф дана на рис. 3 в миллиметрах), где в принятом масштабе отмечают пикеты и подписывают их номера.

Выше проводят следующую графу; здесь указывают расстояния между смежными пикетами и промежуточными точками (сумма расстояний между этими точками в пределах пикета должна составлять 100 м). Если между пикетами нет промежуточных точек, то расстояние между ними, равное 100 м, не подписывается.

Следующие две графы – «Номера колодцев» и «Расстояние между колодцами» (фиксируются с учётом требований проекта).

В графе «Фактические отметки» выписывают отметки пронивелируемых точек, которые берут из журнала нивелирования (табл. 1). Отметки выписывают с округлением до сантиметра.

Последующие три графы (6,7,8) заполняются в процессе проектирования.

В графе 6 «Уклон/расстояния» над чертой записывают величину уклона в тысячных долях (например, вместо 0,005 пишут 5), под чертой – протяжённость участка отдельного уклона. Участки различных уклонов отделяют красной вертикальной чертой. В полученных прямоугольниках уклон проектной линии показывают красной линией с наклоном в ту сторону, куда направлен проектный скат. При нулевом уклоне черта проводится горизонтально. Все записи в этой графе делают красным цветом.

Графа 7 оставляется для записи проектных отметок. Они вычисляются и записываются с точность до сантиметров, оформляются красным цветом.

Графа 8 предназначена для записи глубины траншеи (синим цветом).

Графы 9-12 дополнительная информация, связанная с проектированием газопровода.

Последняя графа 13 предназначена для зарисовки снятой ситуации по данным, занесённым в пикетажную книжку. В середине этой графы проводят красную прямую линию трассы, на которой стрелками можно показать углы отклонения трассы в плане.

Когда сетка профиля будет построена, составляется собственно профиль. Для этого над сеткой проводят линию условного горизонта (в качестве линии условного горизонта можно использовать последнюю линию сетки), которому придают такую отметку, чтобы высота профиля, с учётом принятого масштаба, была равной 3-10 см. От линии условного горизонта в принятом вертикальном масштабе (можно предварительно расписать вертикальную шкалу через 1 см), на ординатах откладываются разности между фактическими отметками точек и отметкой условного горизонта. Затем соседние точки соединяют прямыми линиями и тем самым получают профиль местности по трассе. Поперечный профиль строится по тем же правилам, но в одном масштабе (горизонтальном и вертикальном, например: 1: 200) и более простой сеткой, состоящей из двух горизонтальных граф – пикетажа и фактических отметок.

Задание 3. Запроектировать трассу газопровода.

Прежде чем начать производство земляных работ по трассе, необходимо на продольном профиле местности провести проектную линию, то есть линию профиля строившегося сооружения (газопровода).

Проектную линию проводят с учётом технических требований, указанных в пункте 1 исходных данных.

Следует обратить внимание, что уклоны следует менять на закреплённых точках (связующих или промежуточных).

Проектная линия вычёркивается красным цветом.

Для вычисления уклона проектной линии по каждому участку отметки начала и конца этой линии определяются графически с чертежа профиля (если заранее не задана начальная отметка трассы) и каждый отдельный уклон

$$i = \frac{H_K - H_H}{d}$$

линии подсчитывается по формуле:

Где H_K – отметка конечной точки проектной линии;

H_H – отметка начальной точки проектной линии;

d - горизонтальное расстояние между начальной и конечной точками, взятые с учетом масштаба с сетки профиля.

Проектные отметки верха трубы вычисляются аналитически по формуле:

$$H_{пр.n+1} = H_{пр.n} + i \cdot d_{n+1.n}$$

где $H_{пр.п}$ - проектная отметка верха трубы предыдущей точки;

$H_{пр.п+1}$ - проектная отметка верха трубы последующей точки;

i - проектный уклон на данном участке;

$d_{п+1.п}$ - расстояние между этими точками.

Глубина траншеи – это разница между фактическими и проектными отметками.

В том случае, если глубина не соответствует техническим требованиям, то меняют уклон или разбивают участок на несколько частей с разными уклонами, делая перегибы трассы на закрепленных точках. Проектные отметки, глубину траншеи пересчитывают.

На чертеже профиля указывают масштабы; он должным образом подписывается.

Оформление выполняется тушью.

23 Проектирование линий сооружений

1. Исходные данные

Студенту выдается журнал технического нивелирования с результатами полевых измерений; указываются отметки начального и конечного реперов; предельно допустимый уклон $i_{пред}$.

В некоторых вариантах задается проектная отметка начального репера.

2. Обработка журнала технического нивелирования

Выполняется нивелирование из середины (для связующих точек), отметки промежуточных точек определяются через горизонт инструмента.

На каждой станции превышение h.между связующими точками определяют по разности заднего отсчета **а** и переднего **в**

$$h = a - в. \qquad (1)$$

Превышение вычисляют дважды, по черной и по красной стороне реек (расхождение между ними не более ± 4 мм) и выводят среднее превышение hср , округлив до целого количества миллиметров.

Для контроля правильности вычислений в журнале выполняют

постраничный контроль:

$$\left.\begin{aligned} &\Sigma a - \Sigma в = \Sigma h; \\ &\frac{\Sigma h}{2} = \Sigma h_{ср} \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

(в пределах ошибки округления).

Суммы отсчетов (2) записывайся внизу под соответствующими графами.

Если постраничный контроль подтверждает правильность вычислений, то определяется невязка нивелирного хода, проложенного между двумя реперами, отметки которых известны.

$$f_h = \Sigma h_{ср} - (H_к - H_н) \ , \quad (3)$$

где $H_к$ - отметка конечного репера} $H_н$ - отметка начального репера.

Допустимость невязки определяется по формуле

$$f_{h_{доп}} = \pm 50мм \sqrt{L} \ , \quad (4)$$

где L - длина нивелирного хода в км.

Если $f_h < f_{h\ доп}$, то в средние значения превышений вводят поправки.

Поправки вводят поровну (с округлением до целых миллиметров) во все превышения. Убедившись, что сумма всех поправок равняется невязке с обратным знаком, поправки выписывают над вычисленными средними превышениями.

Распределив невязки, вычисляют отметки связующих точек хода, используя следующую формулу:

$$H_{n+1} = H_n + h^{испр}_{(n,n+1)} \quad (5)$$

Контролем правильности вычислений отметок является получение в конце хода известной отметки $H_к$ репера конечной точки.

На тех станциях, где есть промежуточные точки, вычисляют значение горизонта инструмента *ГИ.*

Горизонтом инструмента называется высота визирного луга нивелира над уроненной поверхностью.

Для каждой станции это делают дважды по наблюдениям на заднюю (переднюю)точки: *ГИ* равен отметке *Н* эадней (или передней) точки плюс

отсчет по черной стороне, рейки, стоящей на этой точке. Расхождение между двумя вычисленными значениями *ГИ* допускается в пределах 3-5 мм.

Одно из значений записывают в журнал.

Отметки промежуточных точек вычисляют так: *ГИ* на данной станции минус отсчет по рейке, стоявшей на этой промежуточной точке (рис.1)

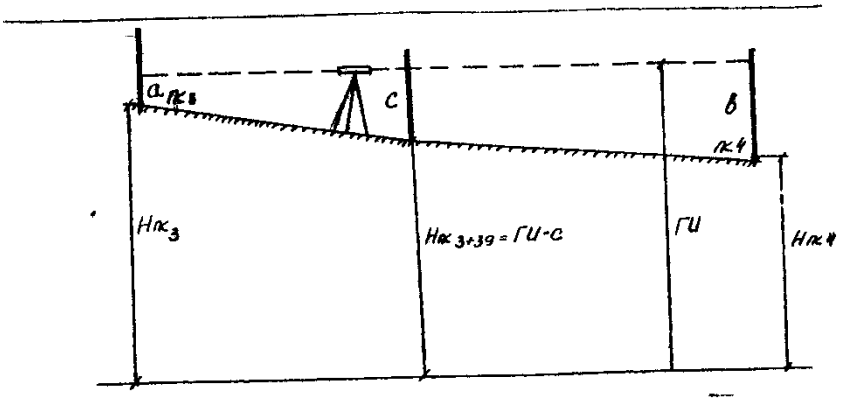


Рис. I

3. Построение продольного профиля трассы

Продольный профиль вычерчивают на миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальном –I:2000 и вертикальном - I:200. Сначала профиль составляют в карандаше, по окончании работы оформляют в туши.

Построение выполняют в такой последовательности; в левой нижней части листа заготавливают профильную сетку - систему горизонтальных граф, размеры и названия которых показаны на рис.2.

Верхняя линия профильной сетки называется линией условного горизонта,

По данным нивелирного журнала заполняют графу "Расстояние», откладывая в ней горизонтальные расстояния в масштабе 1:2000. Плановое положение всех пикетов и плюсовых точек фиксируются в этой графе вертикальными отрезками. Под нижней линией этой графы подписывают номера пикетов.

В графу фактические отметки выписывают высоты иэ нивелирного журнала и по ним строят черную линию профиля в масштабе 1:200 вверх от линии условного горизонта. Отметку условного горизонта выбирают в зависимости от фактических отметок: она должна быть кратной 10 м и притом такой, чтобы самая низкая точка профиля отстояла от линии условного горизонта не ближе чем на 1 см.

Графу "План местности** заполняют по данным пикетажного журнала.

Проектная линия профиля проводится так, чтобы уклон по этой линии не превышал заданного предельного уклона $i_{пр}$ и величина объёма земляных работ по трассе была минимальной, т.е. объем выемок компенсировался бы объемом насыпей.

Для этого рядом с чертежом профиля строят в принятых масштабах линию предельного уклона (рис. 3) (на чертеже дано $i_{пр}$=0,020)

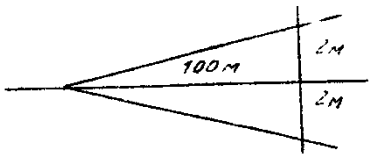
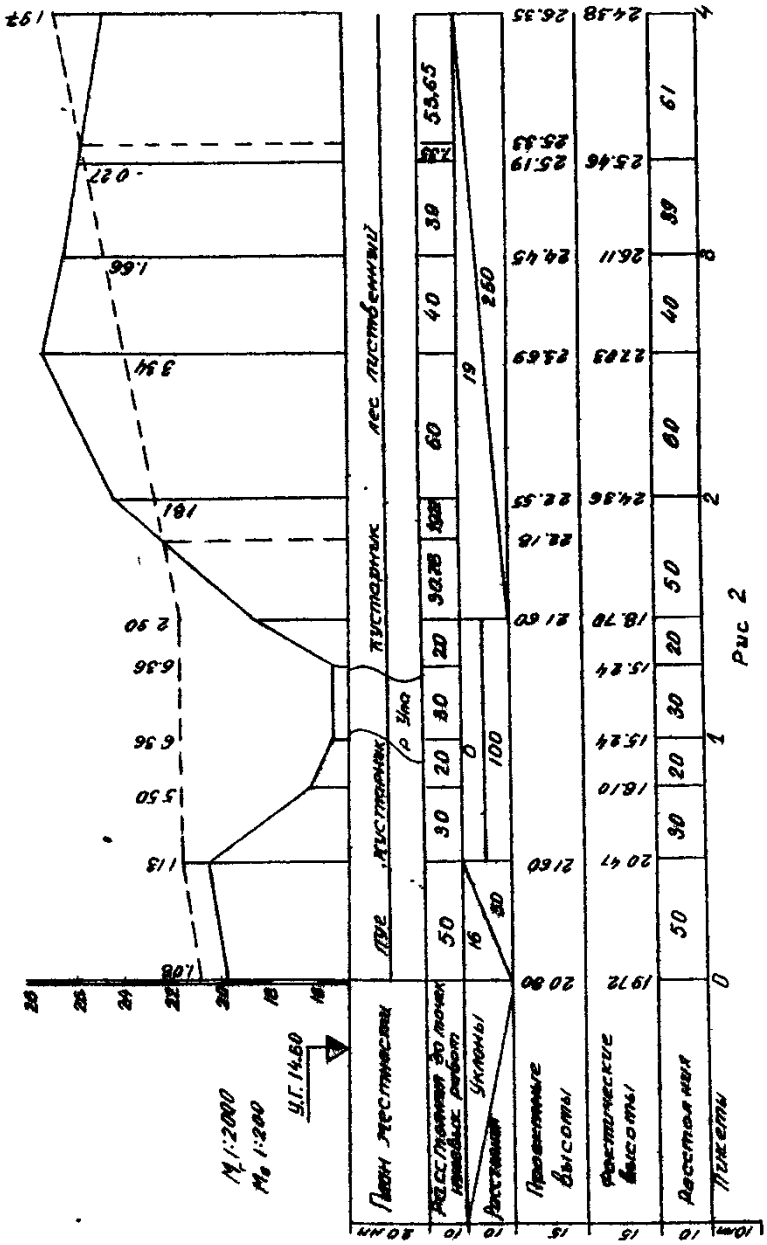


Рис. 3



Затем берут линейку, и прикладывая ее к разным участкам профиля, выбирают проектную линию так, чтобы отрезки этой линии не были круче линии с предельным уклоном и, оценивая на глаз объем будущих выемок у насыпей, стараются их скомпенсировать. Желательно изломы проектной линии делать на ординатах занивелированных точек. Проектная линия может содержать несколько участков с разными

На каждом таком участке вычисляют уклон проектной линии.

$$i = \frac{H_к - H_н}{d} = \frac{h}{d}, \quad (6)$$

где $H_к$, $H_н$ - отметки конца и начала проектной **линий** на этом участке (берут графически с чертежа профиля);

d - длина участка в м .

Уклон округляется до тысячных долей (промилле), может иметь знак «+» или «-« Величины *1* (в промиллях) и *d* выписывают *в* графу "Уклон/асс-т.", указав диагонально направление уклона.

Проектные отметки остальных пикетных и промежуточных точек вычисляют аналитически по формуле

$$H_2 = H_1 + i \cdot d_{1-2}, \quad (7)$$

т.е. отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс произведение уклона линии на горизонтальное расстояние между точками.

Такой расчет выполняется последовательно от исходной точки. При изломе проектной линии аналитически вычисляется отметка конечной точки участка, и она принимается начальной для следующего участка профиля.

На всех пикетах и плюсовых точках профиля вычисляют рабочие отметки (высоты насыпей или глубины выемок) как разность проектной отметки и фактической отметки. На выемках рабочие отметки подписывают под проектной линией, а на насыпях - над ней.

Точки пересечения профильной и проектной линии называются точками нулевых работ, рабочие отметки там равны 0. Из этих точек опускают ординату (перпендикуляр) на линию условного горизонта и вычисляют горизонтальные расстояния X и У до этой точки от ближайших пикетов или, плюсовых точек (рис. 4):

$$x = \frac{h_1 D}{h_1 + h_2}; \quad y = \frac{h_2 D}{h_1 + h_2}, \quad (8)$$

где h_1 , h_2- рабочие отметки, D - расстояние между ближайшими за нивелированными точками;

X, У – горизонтальные расстояния до точек нулевых работ (рис.4)

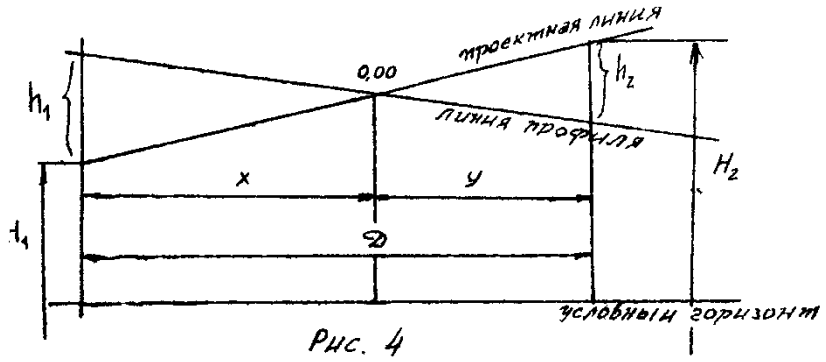


Рис. 4

Вычисление X и У контролируют соблюдением равенства X+У=D.

Отметку Н точки нулевых работ вычисляют по формуле [б) и записывают синей тушью в графу «Проектные отметки». X и *У* записывают в графу "Расстояния до точек нулевых работ» синей тушью.

Красной тушью оформляют проектную линию, все рабочие отметки, ось дороги в графе 'План местности», все линии и цифры в графе уклонов, проектные отметки.

Все линии, надписи и цифры остальные (кроме точек нулевых работ) оформляют черной тушью.