

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А.В. Шадрина, Н.А. Антропова, В.М. Передерин,
Н.В. Чухарева**

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ
ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА
НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**

Издательство ТПУ
Томск 2006

УДК 681.783.2 (076.5)

П27

Шадрина А.В., Антропова Н.А., Передерин В.М., Чухарева Н.В.

Расчетно-графические работы по инженерно-геодезическому обеспечению строительства нефтегазопроводов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 124 с.

Пособие по инженерной геодезии составлено согласно рабочей программе изучения инженерной геодезии, утвержденной для студентов дневного и заочного обучения направления 130500 «Нефтегазовое дело» специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ», а также может использоваться студентами геологических специальностей.

В пособии изложены общие сведения о геодезических работах, выполняемых при строительстве нефте- и газопроводов. Даны принципы и технологии проведения полевых контурных, топографических съемок и построения по их результатам соответствующих планов и карт. Рассмотрены теория и способы угловых и линейных измерений. Описаны геодезические приборы, их поверки и юстировки. Особое внимание уделено современному геодезическому обеспечению.

В пособии рассмотрено решение практических вопросов дисциплины, поэтому оно может быть рекомендовано для выполнения лабораторных и расчетно-графических работ по топографической карте, геодезическим приборам и обработке геодезических измерений.

УДК 681.783.2 (076.5)

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом

Томского политехнического университета

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

А.Г. Парамонов

Начальник отдела земельного кадастра ОАО «Центрсибнефтепровод»

А.А. Томашевский

© Томский политехнический университет, 2006

© Оформление. Издательство ТПУ, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ТЕМА 1. Работа с топографической картой	7
Модуль 1. Чтение топографической карты.....	7
Модуль 2. Линейные измерения на топографических картах	12
Модуль 3. Определение координат точек на топографической карте	16
Модуль 4. Ориентирование линий на топографической карте.....	19
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.....	25
Построение поперечного масштаба. Линейные измерения с его использованием.....	25
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.....	26
Определение координат точек на топографической карте.....	26
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.....	27
Измерение углов ориентирования на топографической карте	27
ТЕМА 2. Устройство теодолита и работа с ним	27
Модуль 1. Назначение и устройство теодолита	28
Модуль 2. Поверки и юстировки теодолита	30
Модуль 3. Измерение горизонтальных углов	33
Модуль 4. Измерение углов наклона	35
Модуль 5. Измерение расстояний нитяным дальномером	36
ТЕМА 3. Обработка результатов теодолитной съемки и построение контурного плана.....	38
Модуль 1. Вычисление координат вершин замкнутого хода.....	38
Модуль 2. Составление плана теодолитной съемки	45
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.....	51
Расчет ведомости вычисления координат. Построение ситуационного плана.....	51

ТЕМА 4. Обработка результатов Тахеометрической съёмки	55
Модуль 1. Сущность тахеометрической съёмки	56
Модуль 2. Обработка журнала тахеометрической съёмки.....	58
Модуль 3. Построение топографического плана.....	60
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.....	66
Обработка результатов тахеометрической съёмки и построение топографического плана	66
ТЕМА 5. Измерение превышений	70
Модуль 1. Методы нивелирования	70
Модуль 2. Способы геометрического нивелирования.....	71
ТЕМА 6. Нивелиры	74
Модуль 1. Устройство нивелиров и реек	74
Модуль 2. Поверки нивелиров и реек.....	81
ТЕМА 7. Техническое нивелирование трассы.....	85
Модуль 1. Разбивка трассы.....	85
Модуль 2. Нивелирование по оси трассы.....	90
Модуль 3. Порядок обработки журнала технического нивелирования...94	
Модуль 4. Построение профиля местности по результатам обработки журнала	97
РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.....	98
Расчёт журнала технического нивелирования. Построение профиля трассы магистрального трубопровода	98
Тема 8. Современное геодезическое оборудование	104
Модуль 1. Электронные тахеометры	107
Модуль 2. GPS-навигаторы.....	111
Модуль 3. Цифровые трассоискатели.....	114
Модуль 4. Ручные лазерные дальнометры.....	115

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов-на Дону: Феникс, 2002. – 425 с.
2. Инженерная геодезия // Под ред. Д.Ш. Михелева. – М.: ВШ, 2004. – 480 с.
3. Фельдман В.Д., Михелёв Д.Ш. Основы инженерной геодезии. – М.:ВШ, 2002. – 426 с.
4. Парамонов А.Г. и др. Основы топографии и аэрофотосъемки. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Недра, 1991.– с
5. Ключин Е.Б. и др. Инженерная геодезия. – М.: Недра, 2000. – 358 с.
6. Практикум по прикладной геодезии. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений. – М.: Недра, 1993. – 80 с.
7. Лабораторные расчётно-графические работы по геодезии. / Гришичева Н.В., Черноглазов Н.В., Владимирова Г.А., Парамонов А.Г. - М.: МИНГ, 1990. – 56 с.
8. СНиП III-42-80. Магистральные трубопроводы.
9. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы.
10. СНиП 3.01.04-87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов.
11. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
12. ВСН 010-88. Строительство магистральных трубопроводов. Подводные переходы.
13. ВСН 012-88. Строительство магистральных и промысловых нефтепроводов. Контроль качества и приемка работ.
14. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
15. ГКИНП-02-033-82. Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная геодезия используется при изысканиях, проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации различных инженерных сооружений, в том числе, нефтегазопроводов и нефтегазохранилищ; при монтаже технологического оборудования, при разведке и добыче природных ископаемых т.п.

Дисциплина “Инженерная геодезия” включает две части – общую и специальную. В предлагаемом практикуме акцент сделан на рассмотрение и решение геодезических задач общей части.

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний и навыков, позволяющих им самостоятельно выполнять весь комплекс топографических, съемочных и инженерно-геодезических работ на местности. Кроме того, изучение дисциплины необходимо для успешного усвоения последующего курса лекций: «Геодезическое обеспечение строительства нефтегазопроводов и нефтегазохранилищ».

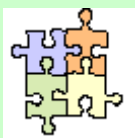
Наряду с практическими правилами и указаниями по производству типовых геодезических работ практикум содержит описание методов решения задач геодезии, их теорию и обоснование. Для более глубокого изучения дисциплины необходимо воспользоваться рекомендованными учебниками.

Для удобства восприятия учебной информации в тексте используется шрифтовое выделение формул, определений, кроме этого, используются специальные типы представления информации (примечания, задания, вопросы и т.п.). в соответствии с последними рекомендациями инженерной педагогики. Поэтому используются специальные пиктограммы:



ВНИМАНИЕ

*Абзац “**Внимание**” обращает внимание читателя на важные моменты в процессе изучения учебного материала, выполнения заданий..*



ПРИМЕЧАНИЕ

Примечания содержат дополнительную информацию, которая может быть полезна и интересна студенту.



ЗАДАНИЕ

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Задания и Вопросы для самопроверки позволяют проверить, на сколько хорошо вы усвоили материал, представленный в модуле.

*В абзаце “**Вопрос**” предлагается вопрос либо ситуация для анализа.*

Приложения практикума содержат образец титульного и графического листа для оформления расчетно-графических работ.

ТЕМА 1. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

Цели изучения темы: получить представление о топографических картах и планах; основных формах рельефа и способах их изображения; научиться пользоваться различными видами масштабов при измерении по картам длин отрезков прямых линий; изучить системы геодезических координат; изучить углы ориентирования в системе географических и прямоугольных координат; производить взаимные переходы от одних углов к другим в процессе решения различных инженерно-геодезических задач.

План работы

Модуль 1. Чтение топографической карты.

Модуль 2. Линейные измерения на топографических картах.

Модуль 3. Определение координат точек на топографической карте.

Модуль 4. Ориентирование линий на топографической карте.

Модуль 1. Чтение топографической карты

Топографический план – уменьшенное и подобное изображение в условных знаках на бумаге горизонтальных проекций контуров объектов и рельефа небольшого участка местности без учета сферичности Земли (рис.1.1, 1,2)



Рис. 1.1. Топографический план города (изображение в виде проекций на горизонтальную плоскость)



Рис. 1.2. План (рисунок) г. Томска 17 века в трехмерном изображении

Топографическая карта – уменьшенное и обобщенное изображение в условных знаках на бумаге горизонтальных проекций контуров объектов и рельефа значительного по размеру участка местности, построенного по математическим законам с учетом сферичности Земли (рис. 1.3, 1.4).

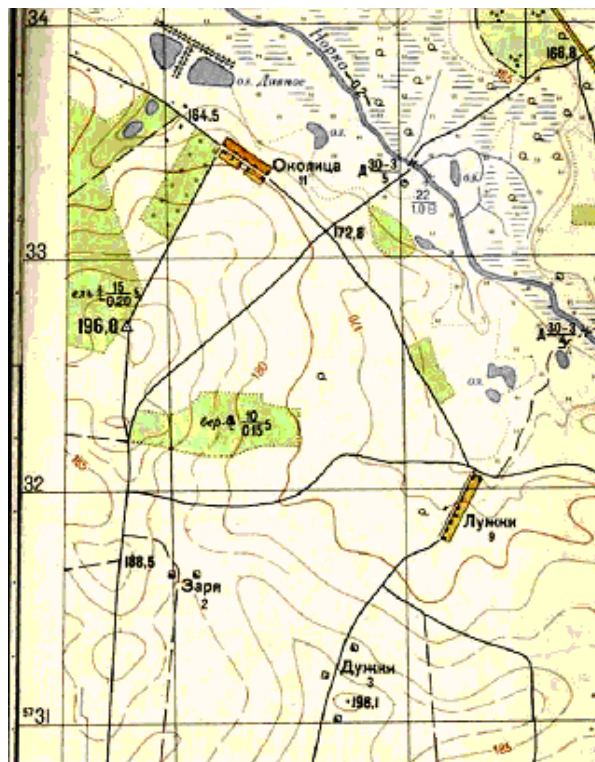


Рис. 1.3. Часть карты масштаба 1:25 000: участок местности размером 2 на 3 километра

Для изображения на картах и планах ситуации местности и рельефа пользуются обязательными для всех ведомств и учреждений страны условными знаками, разработанными для разных масштабов.

В соответствии с масштабами условные знаки сведены в отдельные альбомы (таблицы) и периодически переиздаются.

Для облегчения чтения карт условным знакам по возможности

придают очертания, напоминающие вид, характер и цвет изображаемых объектов местности.



Рис. 1.4. Часть карты масштаба 1:50 000: участок местности размером 4 на 6 километров

Условные знаки делятся на масштабные и немасштабные.

Масштабные знаки – знаки, которые несут информацию о форме, размере, характере объекта, а также его пространственном положении.

Предметы, которые вследствие своей малости не могут быть изображены в масштабе плана (карты) (ширина дорог, колодцы, родники, мосты и т.д.) изображаются **немасштабными** условными знаками, размеры которых на плане или карте не соответствуют их истинным размерам.

Рельеф на топографическом плане или карте изображается горизонталями. **Горизонтالي** – замкнутые кривые линии, соединяющие точки местности с одинаковыми абсолютными высотами. Сущность способа горизонталей представлена на рис. 1.5 а. Участок физической поверхности Земли сечется рядом горизонтальных плоскостей P_1, P_2, P_3 , и т.д., расположенных по вертикали на одинаковом расстоянии друг от друга. Спроектировав образованные в сечениях линии на горизонтальную плоскость Q , получаем горизонтали.

Разность двух отметок смежных горизонталей называется

высотой сечения рельефа и обозначается h . Высота сечения рельефа на планах и картах устанавливается в зависимости от характера рельефа местности и масштаба съемки. Чем меньше высота сечения рельефа h , тем подробнее и точнее изображается рельеф. В свою очередь расстояние между горизонталями в плане называется **заложением d** (рис. 1.5, б). Заложение, нормальное к горизонталям являющееся кратчайшим, называется **заложением ската**.

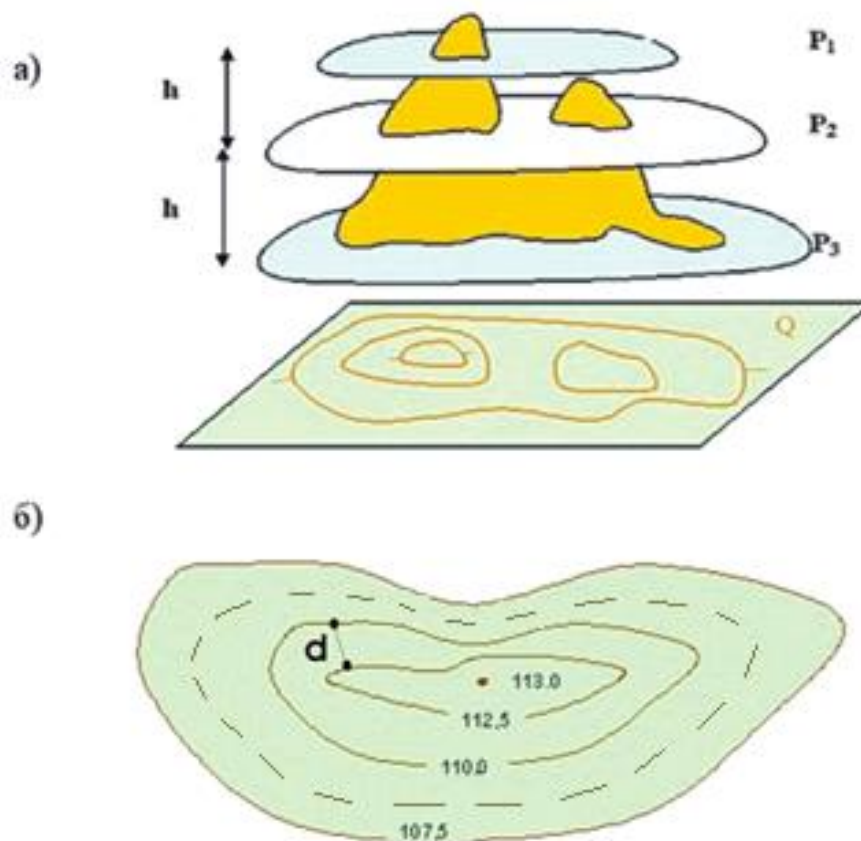


Рис. 1.5. Сущность способа горизонталей: а) принцип образования горизонталей; б) горизонтали и полугоризонтали

Характер горизонталей позволяют судить о крутизне склонов или скатов, форме и размерах объекта рельефа и его изменении с высотой. Если некоторые мелкие, но важные подробности рельефа невозможно изобразить горизонталями основного сечения, то на карте пунктирными линиями дополнительно проводят **полугоризонтали** (рис. 1.5, б).

Для чтения рельефа на топографической карте необходимо иметь представление об основных (элементарных) формах рельефа и их изображении горизонталями (рис. 1.6).

Холм, гора – выпуклая конусообразная форма рельефа, возвышающаяся над окружающей местностью (рис. 1.6, а). Имеет характерную точку – вершину и характерную линию – подошву.

Котловина или впадина – вогнутая замкнутая форма рельефа (рис. 1.6, б). Имеет характерные линии – дно и бровку.

Хребет – выпуклая и постепенно повышающаяся в одном направлении форма рельефа (рис. 1.6, в). Характерная линия – водораздел.

Лощина – вогнутая и постепенно понижающаяся в одном направлении форма рельефа (рис. 1.6, г). Характерная линия – водослив (талъвег).

Овраг – узкая лощина с обрывистыми обнаженными скатами (рис. 1.6, д).

Седловина – пониженный участок местности, расположенный на хребте между соседними вершинами (рис. 1.6, е).

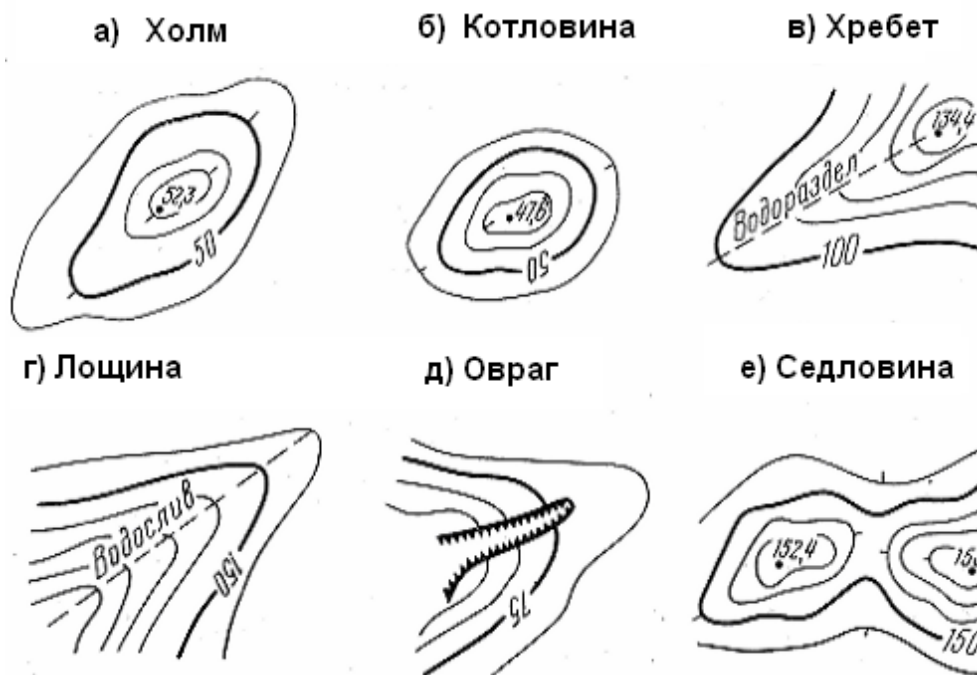


Рис. 1.6. Схема изображения основных форм рельефа горизонталями

Для облегчения чтения рельефа и определения направления скатов перпендикулярно к горизонталям ставятся **берг-штрихи (скатоуказатели)**, которые *всегда указывают на понижение рельефа*. Каждая пятая (иногда четвертая) основная горизонталь проводится утолщенной и подписывается в разрыве горизонтали.

На топографических картах горизонталями изображаются формы рельефа, у которых угол наклона ската не превышает 45° . При изображении более крутых скатов пользуются дополнительными

условными знаками: подписи отметок вершин, глубин и других высот, характеризующих рельеф.

Модуль 2. Линейные измерения на топографических картах

При составлении планов и карт горизонтальные проекции линий местности d (рис. 1.7) уменьшают в определенное число раз в зависимости от требований и точности, предъявляемых к планам и картам.

Масштабом называется отношение длины линии на плане или карте к длине ее горизонтальной проекции на местности. С помощью масштаба решаются две задачи:

- 1 – определение длины линии на топографическом плане;
- 2 – построение заданной линии.

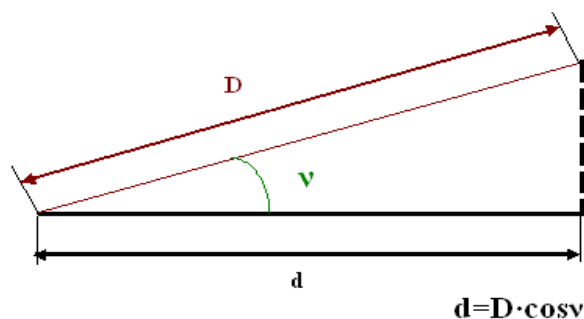


Рис. 1.7. Определение горизонтального проложения по измеренному наклонному расстоянию между точками: D – длина наклонной линии; d – проекция наклонной линии на горизонтальную плоскость; v – угол наклона линии к горизонту

Пример: Длина горизонтального проложения линии местности равна 250 м, тогда на плане масштаба 1:5000 длина этой линии будет равна $250 \text{ м} : 5000 = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}$. Если длина линии на плане того же масштаба равна 6,3 см, то соответствующая длина горизонтального проложения линии на местности будет: $6,3 \text{ см} \times 5000 = 31500 \text{ см} = 315 \text{ м}$.

На топографической карте приведены три типа масштаба: **численный**, **именованный** и **линейный** (рис. 1.8.). Если масштаб выражается дробью, например: 1:1000, то он называется численным масштабом. Знаменатель такого масштаба показывает во сколько раз горизонтальное проложение линии местности уменьшено при изображении ее на плане или карте.

На картах ниже подписи численного масштаба приводится **именованный** (пояснительный) масштаб: “в 1 сантиметре 10 м”.

Линейный масштаб представляет прямую линию, на которой

последовательно откладывают несколько отрезков равной длины (либо 1, либо 2 см), которые называют **основанием масштаба**.

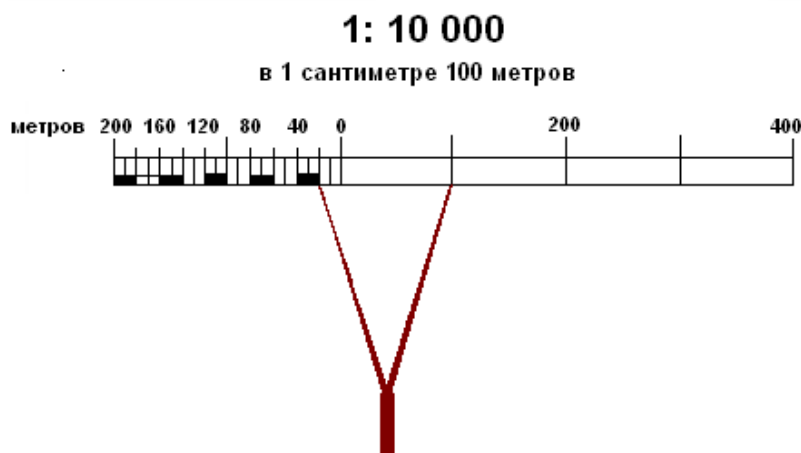


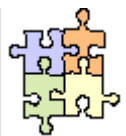
Рис. 1.8. Масштабы карты

Над правым концом первого основания слева ставят нуль, а все другие основания подписываются сообразно численному масштабу. От нуля налево основание разбивается на десять равных делений.

Пользование линейным масштабом состоит в определении длины отрезка, взятого циркулем-измерителем с карты. За начало отсчета принимается нулевой штрих. Для измерения расстояния по карте раствор ножек циркуля-измерителя прикладывают к линейному масштабу так, чтобы левая ножка пришлась влево от нуля, а правая стояла точно на одном из делений вправо от нуля.

Для масштаба 1:10000, принятом на рис. 1.8, полное основание масштаба равно 100 м, десятое основание масштаба – 10 м, и сотое – 1 м.

Длина отрезка АВ (рис. 1.8), равная сумме полных оснований масштаба (правых от нуля), десятых оснований масштаба и сотых (определяемых на глаз) будет равна $AB = 1 \cdot 100 м + 2 \cdot 10 м + 5 \cdot 1 м = 125 м$.



ПРИМЕЧАНИЕ

Линейный масштаб позволяет определять длины линий на картах с точностью до десятых долей основания масштаба точно, до сотых долей – на глаз.

Более точное графическое определение и построение длин линий можно сделать с помощью поперечного масштаба (рис. 1.9).

На линейном масштабе откладывают несколько оснований, принимаемое обычно 2 см, и из их концов восстанавливают перпендикуляры длиной 3 см.

Крайние перпендикуляры разбивают по высоте на десять равных частей (по 3 мм) и через эти точки проводят прямые линии, параллельные начальной.

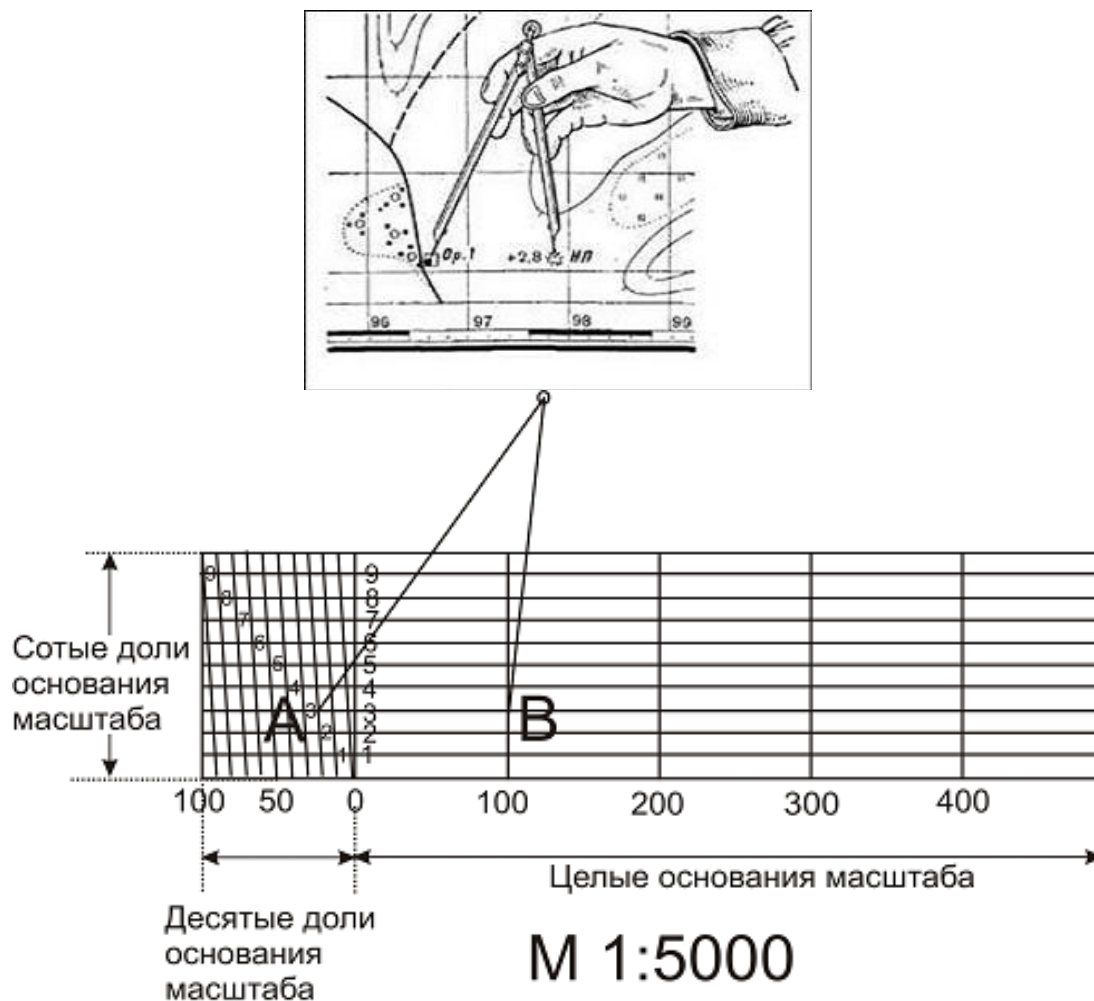


Рис. 1.9. Измерение длин линий на карте с помощью поперечного масштаба

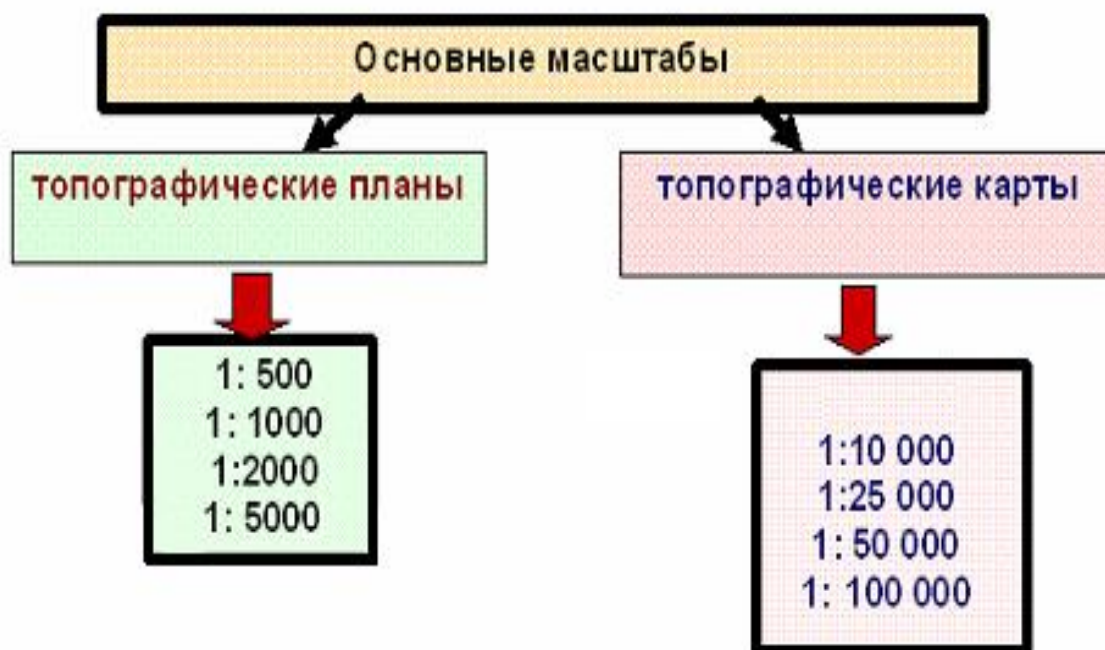
Первое, находящееся слева основание на нижней и верхней линиях разбивают на десять равных делений и соединяют между собой наклонными линиями в таком порядке – от нуля справа налево начало нижнего отрезка, соединяют с концом такого же отрезка наверху, затем начало второго с его концом и т.д. Особенностью этих наклонных линий является то, что при пересечении десяти горизонтальных, они делят отрезок в 0,1 основания масштаба на 10 равных частей, то есть на сотые доли основания масштаба.

Для определения длины линии на карте с помощью поперечного масштаба следует взять ее раствором циркуля-измерителя и приложить к поперечному масштабу. При этом правую ножку циркуля-измерителя поставить на один из подписанных перпендикуляров линии справа от нуля так, чтобы игла левой ножки оказалась обязательно в разграфленной части.

Затем обе ножки циркуля-измерителя поднимают вверх одновременно и параллельно начальной прямой до совпадения левой ножки с

наклонной линией левого основания масштаба, а далее определяют сколько в растворе циркуля-измерителя целых оснований, десятых и сотых его делений, тысячные доли определяются на глаз, деля сотую долю на десять частей.

Пример: Определим длину отрезка AB на карте для рис. 1.9. Масштаб карты 1:5000 (в 1 см 50 м). Целое основание масштаба равно 100 м (приняли длину целого основания масштаба равным 2 см), десятое основание масштаба – 10 м, сотое – 1 м, тысячное – 0,1 м (определяется на глаз). Таким образом, длина линии AB равна $AB = 1 \cdot 100\text{м} + 2 \cdot 10\text{м} + 3 \cdot 1\text{м} = 123\text{м}$.



Точностью масштаба называется горизонтальный отрезок на местности, который соответствует 0,1 мм на плане данного масштаба. Это наибольшая точность, с которой можно измерить расстояние по карте (плане).

Пример: *Определим точность, с которой можно определить длину линии масштаба 1:5000.*

Для масштаба 1:5000 в 1 см 50 м; 0,1 мм – 0,5 м. Таким образом, с помощью поперечного масштаба длину линии на плане масштаба 1:5000 можно определить с точностью 0,5 м..

Модуль 3. Определение координат точек на топографической карте

Для определения географических и прямоугольных координат точек или нанесения точек по известным координатам на карту используются градусная и километровая сетка карты.

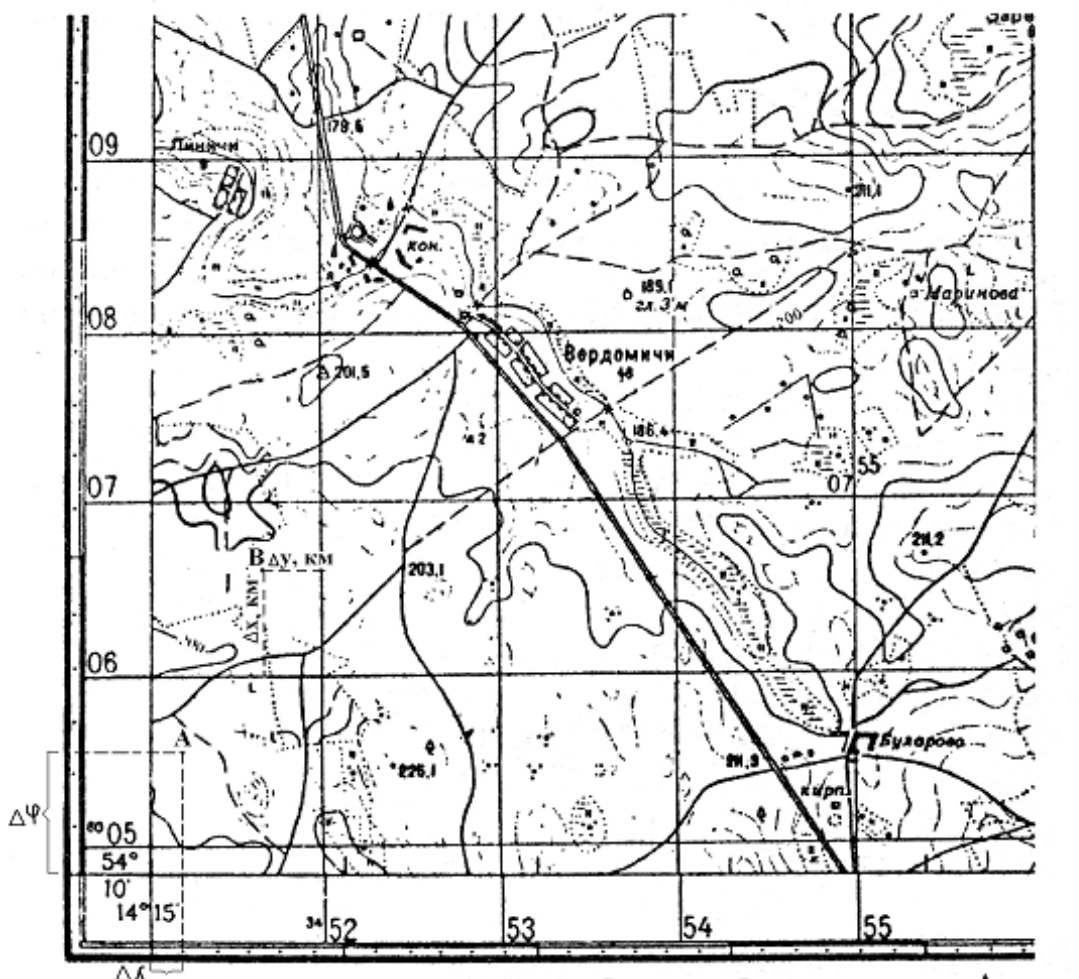
Определение географических координат точек

Каждый лист топографической карты ограничен с севера и юга параллелями соответствующих широт, а с востока и запада – меридианами.

Северная и южная стороны карты разделены на чередующиеся темные и светлые минутные отрезки долготы, а восточная и западная на минутные отрезки широты. Каждый минутный отрезок разделен на 6 десятисекундных отрезков. На углах градусной сетки подписаны обозначения в градусах и минутах: долготы (λ) в строчку, а широты (φ) – столбиком (рис. 1.10).

Чтобы определить географические координаты точки местности А (λ_A и φ_A) следует провести через эту точку на карте прямые линии (показаны штриховыми линиями), параллельные меридиану и параллели, ближайших к точке. Далее к начальному значению широты данного листа карты $\varphi = 54^\circ 10'$ прибавляется приращение широты $\Delta\varphi$ до точки А, для чего измеряют длину минутного отрезка широты на карте, а также длину $\Delta\varphi$. Путем интерполирования вычисляют угловое значение $\Delta\varphi$.

Аналогично определяется приращение $\Delta\lambda$ (минутные отрезки долготы значительно меньше отрезков широты).



Склонение на 1964 г. восточное $1^{\circ}00'$ (0-17). Среднее сближение меридианов западное $0^{\circ}30'$ (0-08). При прикладывании буссоли (ком-паса) к вертикальным линиям координатной сетки среднее отклоне-ние магнитной стрелки восточное $0^{\circ}02'$ (0-01). Поправка в дирекцион-ный угол при переходе к магнитному азимуту минус (0-25).
Примечание. В скобках показаны деления угломера (одно деле-ние угломера=3:6)

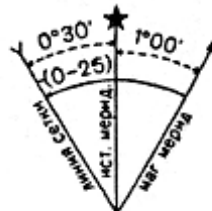


Рис. 1.10. Фрагмент карты масштаба 1:50 000

Пример: Определим географические координаты точки А (рис.1.10).

Длина минутного отрезка по широте равна 4,7 см, длина $\Delta\varphi$ равна

$$1,8 \text{ см. Тогда } \Delta\varphi = \frac{1,8 \text{ см} \cdot 1'}{4,7 \text{ см}} = 0,38' = 23''. \text{ Таким образом, } \varphi_A = 54^{\circ}10'00'' +$$

$$0^{\circ}00'23'' = 54^{\circ}10'23'' \text{ С.Ш.}$$

Длина минутного отрезка по долготе равна 2,3 см, длина $\Delta\lambda$ равна

$$0,4 \text{ см. Тогда } \Delta\lambda = \frac{0,4 \text{ см} \cdot 1'}{2,3 \text{ см}} = 0,17' = 10''. \text{ Таким образом, } \lambda_A =$$

$$14^{\circ}15'00'' + 0^{\circ}00'10'' = 14^{\circ}15'10'' \text{ В.Д.}$$

Определение координат точек в системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера

При решении инженерно-технических задач система географических координат бывает неудобной и поэтому на практике пользуются системой плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.

На топографической карте система координат Гаусса-Крюгера представлена совокупностью линий, параллельных осевому меридиану и линиями, параллельными экватору.

На карте нанесена координатная сетка вертикальные линии которой параллельны оси абсцисс, а горизонтальные – оси ординат. Координаты вершин квадратов координатной сетки подписаны на карте, например, запись 6006 означает, что абсцисса линии сетки $x = 6006$ км. Запись 3452 означает, что ордината линии сетки $y = 3452$ км.

Пользуясь координатной сеткой, циркулем и поперечным масштабом, можно по карте определить прямоугольные координаты точки В (рис. 1.10).



ВНИМАНИЕ

Необходимо помнить, что на карте абсциссы x как и φ возрастают к северу, а ординаты y - к востоку, как и λ .

Сначала записывают абсциссу нижней (южной) стороны квадрата, в котором находится точка В, в метрах, т.е. 600600 м. Далее по карте необходимо измерить расстояние Δx с точностью до 0,1 мм. Выразив Δx в метрах для соответствующего масштаба, полученную величину прибавляют к абсциссе нижней стороны квадрата.

Аналогично определяют ординату точки В: записывают ординату правой (восточной) стороны квадрата, в котором находится точка В, в метрах, т.е. 3452000 м. Из значения ординаты восточной линии квадрата необходимо вычесть Δy , выраженный в метрах в соответствующем масштабе, т.к. точка В лежит западнее, чем ордината с отметкой 3452000.



ВНИМАНИЕ

Необходимо помнить, что координата y имеет двойное преобразование.

- Чтобы получить истинную (действительную) ординату в зоне, необходимо исключить из координаты y , определенной на карте с двойным преобразованием, номер зоны (отделить справа налево шесть значащих цифр), а из остатка вычесть 500 км.

Пример: Определим прямоугольные координаты точки В (рис.1.10).

Масштаб карты 1:50 000

(в 1 см 500 м).

$\Delta x = 1,5$ см, $\Delta y = 0,9$ см.

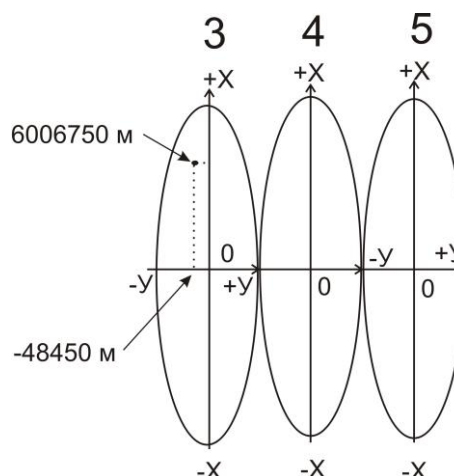
$X_B = 6006000$ м + 750 м = 6006750 м.

$Y_B = 3452000$ м - 450 м = 3451550 м.

Зона № 3.

$Y_{B\text{ист}} = 451550$ м - 500000 м = -48450 м.

Таким образом, точка расположена в 3-ей зоне, на западе от осевого меридиана этой зоны.



Модуль 4. Ориентирование линий на топографической карте

Для того чтобы ориентировать линию, необходимо знать **угол ориентирования**, т. е. тот угол, который данная линия составляет с направлением, принятым за начальное в каждой системе координат.

В географической системе за начальное направление принято северное направление географического меридиана, обязательно проходящего через точку ориентирования и углами ориентирования являются географический азимут A_G и географический румб r_G .

Географический азимут — угол, отсчитываемый от северного направления географического меридиана, проходящего через точку ориентирования (стояния), по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° .

Географический румб — угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления географического меридиана проходящего через точку ориентирования, до ориентируемой линии. Румб может иметь значения от 0° до 90° с обязательным указанием направления линии, относительно сторон света.

В геодезии пользуются терминами: прямое направление линии и обратное. Так, если исходное направление линии — направление СД прямое (рис. 1.11), то обратное направление — направление ДС. Соответственно азимут или румб линии СД будет прямым, линии ДС — обратным.

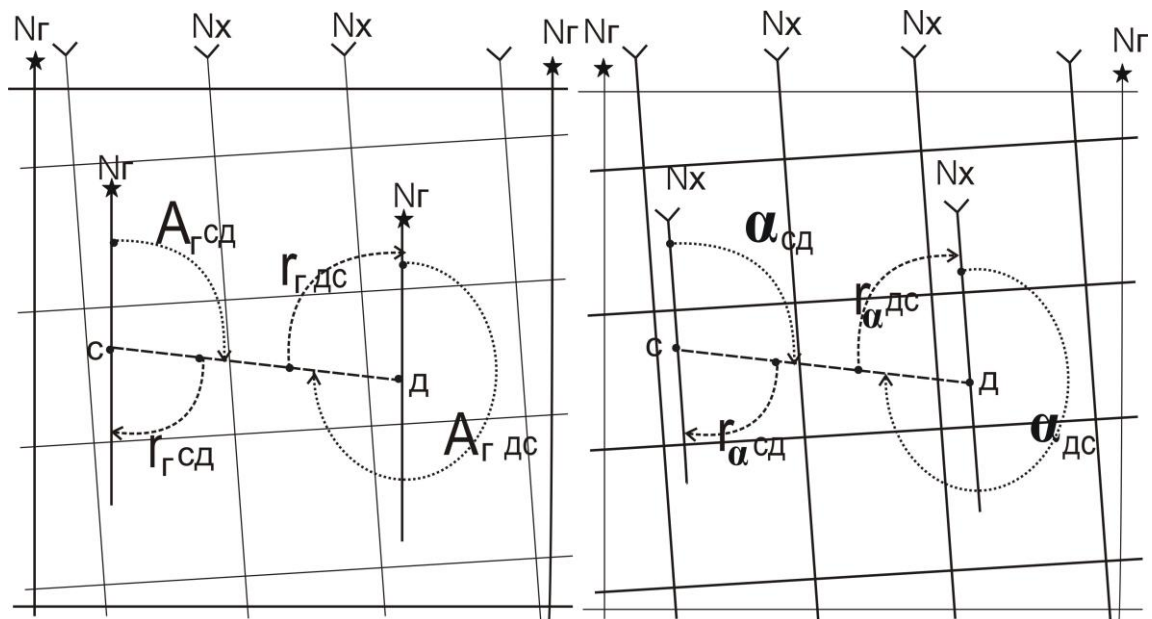


Рис. 1.11 Ориентирование в географической системе координат

Рис. 1.12 Ориентирование в плоской системе координат Гаусса-Крюгера

Зная прямой азимут линии СД, можно вычислить обратный азимут линии ДС по формуле $A_{2\text{ ДС}} = A_{2\text{ СД}} + 180^\circ$, если длина ориентируемой линии меньше 1 км; $A_{2\text{ ДС}} = A_{2\text{ СД}} + 180^\circ + \gamma_2$, если длина линии больше 1 км; где γ_2 – сближение меридианов в географической системе координат (рис. 1.13).

Для приближенного определения $\gamma_2 = (\lambda_2 - \lambda_1) \sin \varphi_{cp}$, где λ_2, λ_1 – долготы точек С и Д, φ_{cp} – средняя широта точек С и Д.

Числовые значения румба необходимо сопровождать названием четверти, в которой находится линия.

Пример: На рис. 1.11 для линии СД географический румб будет $r_{Г} = \text{ЮВ}: 66^\circ 15'$, для линии ДС $r_{Г} = \text{СЗ}: 66^\circ 15'$ и т. д

Обратные румбы отличаются от прямых названием (СВ – ЮЗ; СЗ – ЮВ), их угловая величина не меняется. Связь румбов и азимутов представлена на рис. 1.14.

В системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера за начальное направление принято северное направление осевого меридиана (рис. 1.12), и углами ориентирования являются дирекционный угол α и дирекционный румб r_α

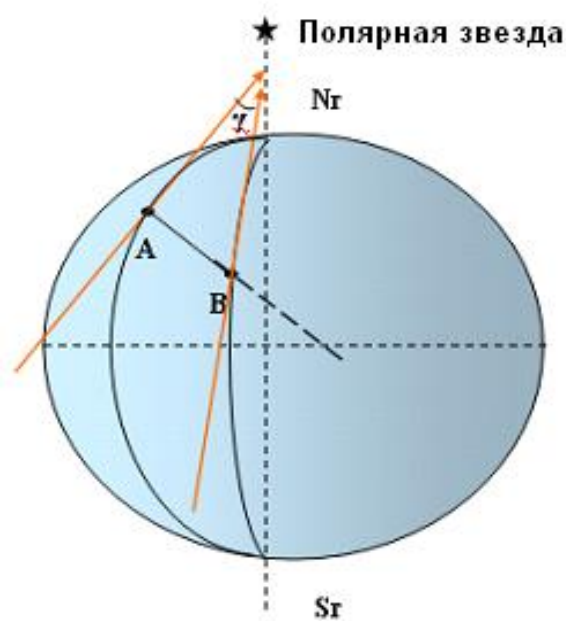


Рис. 1.13 Сближение меридианов в географической системе координат

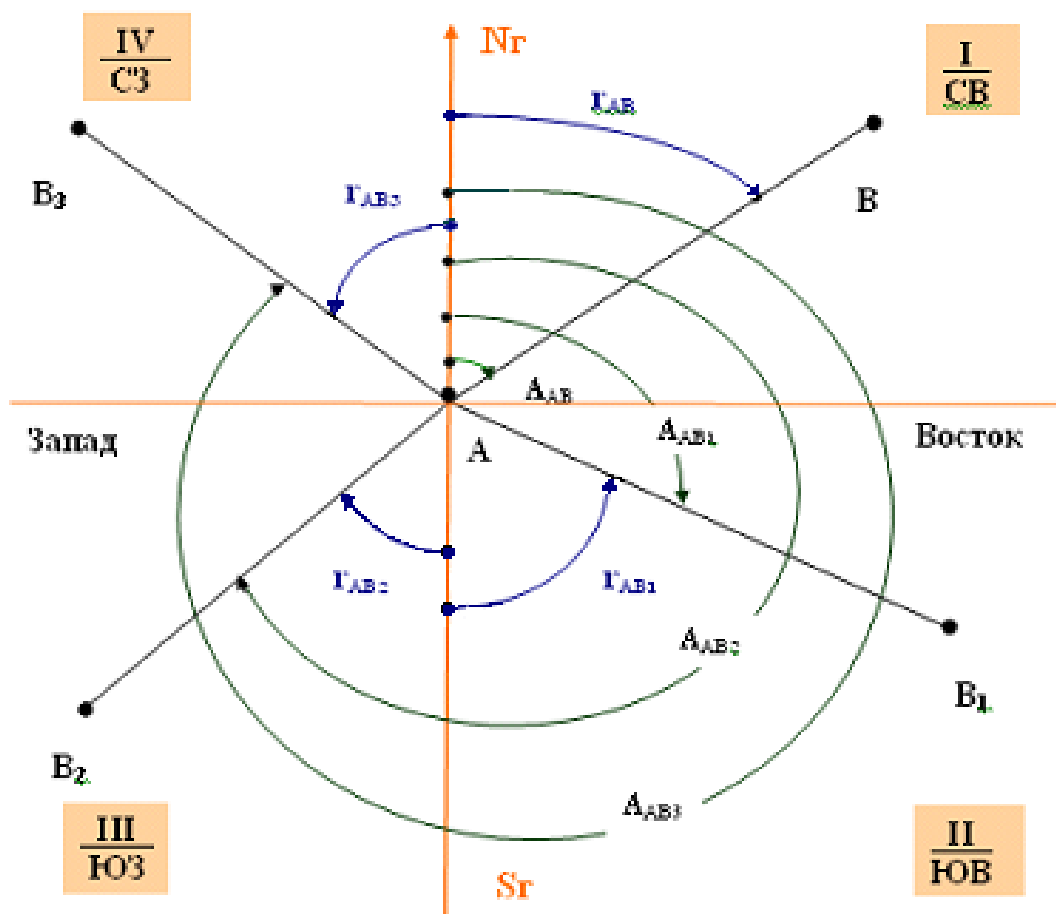
Дирекционный угол – это угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, проходящей через точку ориентирования, по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° .

Дирекционный угол в разных точках прямой – величина постоянная, и соответственно обратный дирекционный угол равен: $\alpha_{\text{обр}} = \alpha_{\text{пр}} + 180^\circ$.

Дирекционный румб – угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления осевого меридиана проходящего через точку ориентирования, до ориентируемой линии. Связь между румбами и дирекционными углами такая же, как и в географической системе.

Угол, образованный осевым меридианом и географическим меридианом, проходящим через точку ориентирования называется **сближение меридианов в прямоугольной системе координат** (γ). Условились сближение восточное считать положительным, а западное – отрицательным.

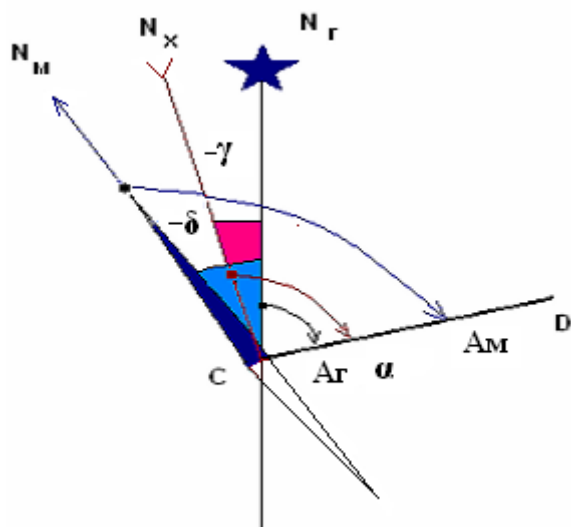
При ориентировании относительно *магнитного меридиана* на местности, за начальное направление принято **северное направление магнитного меридиана** и углами ориентирования являются магнитный азимут A_M и магнитный румб r_M .



$$\begin{array}{ll}
 \text{I} & \Gamma_{AB} = A_{AB}; \\
 \text{II} & \Gamma_{AB_1} = 180^\circ - A_{AB_1}; \\
 \text{III} & \Gamma_{AB_2} = A_{AB_2} - 180^\circ; \\
 \text{IV} & \Gamma_{AB_3} = 360^\circ - A_{AB_3}
 \end{array}$$

Рис. 1.14. Схема перехода от азимутов к румбам

По дирекционному углу, измеренному на карте, можно найти географический (истинный) и магнитный азимуты, зная магнитное склонение δ и сближение географического и осевого меридианов γ (рис. 1.15). Величина магнитного склонения, соответствующая году изготовления карты, и сближения меридианов для данного листа карты, как правило, приводится в ее нижнем левом углу. Величину магнитного склонения необходимо привести к текущему году работы с картой в соответствии с величиной годового изменения магнитного склонения $\Delta\delta$ для данной местности.



$$A_M = A_G \pm \delta$$

$$\alpha = A_G \pm \gamma$$

Рис. 1.15. Сближение меридианов в прямоугольной системе координат и магнитное склонение

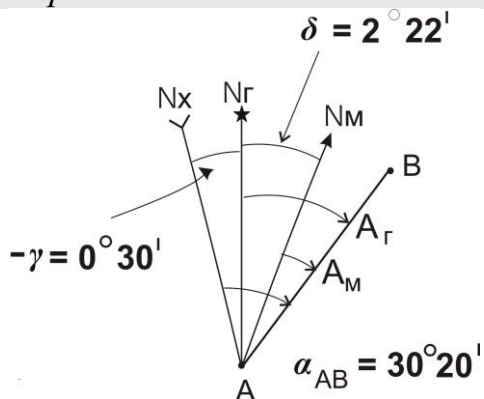


ВНИМАНИЕ

При решении задач по ориентированию рекомендуется составлять чертеж, на котором однозначно контролируются положение меридианов и знаки сближения меридианов ($\pm \gamma$) и магнитного склонения ($\pm \delta$).

Пример: Определим магнитный и географический азимуты линии (AB) по известному дирекционному углу на листе карты масштаба 1:50 000. Примем $\alpha_{AB} = 30^\circ 20'$.

$\delta_{1964 \text{ г.}} = +1^\circ 00'$, $\Delta\delta = +0^\circ 02'$, тогда $\delta_{2005 \text{ г.}} = (2005-1964) \cdot 0^\circ 02' + 1^\circ 00' = +2^\circ 22'$. Сближение меридианов $\gamma_n = -0^\circ 30'$. Для решения задачи составим чертеж ориентирования, условно расположив все меридианы согласно исходным данным



$$1) A_{M_{AB}} = \alpha_{AB} - \gamma_n - \delta \dots \dots \dots$$

$$2) A_{G_{AB}} = A_{M_{AB}} + \delta \dots \dots \dots$$

$A_{G_{AB}}$ также можно было определить через дирекционный угол.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ:

1. Что называется масштабом?
2. Какой масштаб называется численным, линейным, поперечным?
3. Что называется основанием линейного и поперечного масштабов?
4. Чему равно основание нормального поперечного масштаба?
5. Чему равно наименьшее деление основания нормального поперечного масштаба?
6. Чему равно наименьшее деление нормального поперечного масштаба?
7. Что называется точностью масштаба?
8. Назовите углы ориентирования в географической системе координат.
9. Укажите углы ориентирования в плоской зональной системе координат Гаусса–Крюгера.
10. Сформулируйте определение сближения меридианов в географической системе координат.
11. Дайте определение сближения в плоской зональной системе координат Гаусса–Крюгера и нарисуйте схему изменения γ в пределах зоны по величине и направлению.
12. Укажите пределы изменения A_m .
13. Укажите численный масштаб для следующего именованного масштаба: в 1 см 10 м.
14. Набрать на поперечном масштабе и отложить отрезок 38,5 м для масштаба 1:1000.
15. Укажите именованный масштаб для следующего численного масштаба 1:2 000.
16. Определите азимут географический A_g , если азимут магнитный этой же линии $A_m = 34^\circ 20'$, магнитное склонение $\delta = +1^\circ 20'$. Составить чертеж ориентирования.
17. Определите румб дирекционный r_d , если дирекционный угол этой же линии $\alpha = 325^\circ 20'$. Составить чертеж ориентирования.
18. Определите истинные координаты точки, а также долготы западного и восточного меридианов, если координаты точки, определенные по карте, равны $x = 6003670$ м, $y = 11350440$ м.
19. Определите координаты точки 107,0, находящейся в квадрате 65–11 на листе учебной топографической карте У-35-38-А-в-3 масштаба 1:10000, в географической и плоской системе координат Гаусса–Крюгера.
20. Определите A_g , r_g , α , r_d для линии, заданной преподавателем, на листе учебной топографической карте У-35-38-А-в-3 масштаба 1:10000.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Построение поперечного масштаба. Линейные измерения с его использованием

ЗАДАНИЕ

Для выполнения расчетно-графической работы студент получает лист топографической карты У-35-38-А-в-3 масштаба 1:10 000.

1) Отложите отрезки с помощью поперечного масштаба на листе формата А4 в соответствии с вариантом.

Вариант 1 1:500 40,16 м; 20,58 м; 1:1 000 64,27 м; 29, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 576,88 м; 603,25 м.	Вариант 2 1:500 45,16 м; 25,58 м; 1:1 000 69,27 м; 34, 7 м; 1:5 000 324,04 м; 403,5 м; 1:10 000 581,88 м; 608,25 м.	Вариант 3 1:500 30,16 м; 18,5 м; 1:1 000 38,5 м; 29, 7 м; 1:5 000 219,04 м; 398,5 м; 1:10 000 676,88 м; 603,25 м.
Вариант 4 1:500 20,16 м; 50,58 м; 1:1 000 66,27 м; 25, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 586,88 м; 613,25 м.	Вариант 5 1:500 40,16 м; 18,58 м; 1:1 000 68,87 м; 29, 7 м; 1:5 000 389,04 м; 398,5 м; 1:10 000 576,88 м; 623,25 м.	Вариант 6 1:500 30,16 м; 24,48 м; 1:1 000 54,27 м; 29, 7 м; 1:5 000 319,24 м; 403,5 м; 1:10 000 576,88 м; 636,25 м.
Вариант 7 1:500 30,16 м; 20,48 м; 1:1 000 64,27 м; 29, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 576,88 м; 605,25 м.	Вариант 8 1:500 15,16 м; 34,58 м; 1:1 000 64,52 м; 29, 7 м; 1:5 000 348,04 м; 498,5 м; 1:10 000 520,88 м; 603,25 м.	Вариант 9 1:500 40,16 м; 20,58 м; 1:1 000 64,07 м; 59, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 594,88 м; 633,25 м.
Вариант 10 1:500 20,16 м; 18,77 м; 1:1 000 68,87 м; 25, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 536,88 м; 603,25 м.	Вариант 11 1:500 40,16 м; 20,58 м; 1:1 000 64,27 м; 29, 7 м; 1:5 000 319,04 м; 398,5 м; 1:10 000 576,88 м; 603,25 м.	Вариант 12 1:500 43,16 м; 29,58 м; 1:1 000 12,27 м; 69, 7 м; 1:5 000 169,04 м; 498,5 м; 1:10 000 576,88 м; 603,25 м.

2) Наберите на циркуль-измеритель заданные преподавателем отрезки по топографической карте и определите их длину с помощью поперечного масштаба. Полученные цифры приведите на графическом листе.

Материалы к сдаче: все построения и результаты измерений вынести на графический лист (Приложение 2), предварительно оформленный рамкой шириной по 0,5 см от края листа и штампом, принятым на кафедре ТХНГ.

Титульный лист необходимо выполнить в соответствии с требованиями (Приложение 1).

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Определение координат точек на топографической карте

ЗАДАНИЕ

Для выполнения расчетно-графической работы студент получает лист топографической карты У-35-38-А-в-3.

Определите географические и прямоугольные координаты точек на карте масштаба 1:10 000 в соответствии с вариантом.

Определите координаты всех точек с известными абсолютными отметками, на листе учебной топографической карте У-35-38-А-в-3 масштаба 1:10000 в географической и плоской системе координат Гаусса–Крюгера. Квадрат прямоугольной системы карты выбирается согласно варианту задания (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Варианты заданий к работе по теме “Определение координат точек на топографической карте”

Варианта задания	Квадрат листа карты
	У-35-38-А-в-3
I	65/11
II	66/12
III	65/13
IV	67/12
V	67/13

Материалы к сдаче: результаты определения координат вынести на графический лист (Приложение 2), предварительно оформленный рамкой шириной по 0,5 см от края листа и штампом, принятым на кафедре ТХНГ.

Титульный лист необходимо выполнить в соответствии с требованиями (Приложение 1).

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Измерение углов ориентирования на топографической карте

ЗАДАНИЕ

1) Определите прямые и обратные азимут географический, румб географический, дирекционный угол и румб дирекционный для трех линий, заданных преподавателем на карте У-35-38-А-в-3 масштаба 1:10 000. Рассчитайте для этих линий азимуты магнитные. Результаты измерений и расчетов внесите в таблицу 1.2.

2) Решите задачи, составив чертеж ориентирования:

- *румб магнитный линий равен СВ:31°42', сближение меридианов – западное 2°02', магнитное склонение – восточное 6°38'. Определите географический и магнитный азимуты и дирекционный угол линии, составив чертеж ориентирования.*
- *азимут магнитный линий равен 198°04'39", сближение меридианов – западное 2°02', магнитное склонение – восточное 8°38'. Определите азимут географический, румб магнитный, дирекционный угол линии и румб дирекционный.*
- *дирекционный угол линии равен 273°44'45", сближение меридианов – восточное 2°32', магнитное склонение – восточное 7°47'. Определите географический и магнитный азимуты, румб магнитный.*
- *азимут географический равен 177°31', сближение меридианов – восточное 2°22', магнитное склонение – западное 7°42'. Определите географический и магнитный румб, азимут магнитный, дирекционный угол.*

Материалы к сдаче: графический лист (Приложение 2) с решением задач, а также таблицей со значениями измеренных и рассчитанных углов (табл. 1.2). Титульный лист необходимо выполнить в соответствии с требованиями (Приложение 1).

Таблица 1.2

Результаты измерений и вычислений по теме “Измерение углов ориентирования на топографической карте” по трем линиям

<i>Линия</i>	<i>A_г пр.</i>	<i>A_г обр.</i>	<i>r_г пр.</i>	<i>r_г обр.</i>	<i>α пр.</i>	<i>α обр.</i>	<i>r_д пр.</i>	<i>r_д обр.</i>	<i>A_м пр.</i>
1									
2									
3									

Примечание: номера линий в квадратах карты (табл. 1.1) преподаватель задает индивидуально каждому студенту

ТЕМА 2. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА И РАБОТА С НИМ

Цели изучения темы: изучить основной угломерный инструмент – теодолит, его устройство, работу с ним.

План работы

Модуль 1. *Назначение и устройство теодолита*

Модуль 2. *Поверки и юстировки теодолита*

Модуль 3. *Измерение горизонтальных углов и углов ориентирования*

Модуль 4. *Измерение вертикальных углов*

Модуль 5. *Измерение расстояний нитяным дальномером*

Модуль 1. Назначение и устройство теодолита

Теодолит – это геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных углов, углов наклона и расстояний. Он используется для создания съемочного обоснования, производства теодолитной, тахеометрической съемок и выноса проекта на местность.

Теодолит, независимо от модели, имеет принципиальную схему, приведенную на рис. 2.1, а. Основные части теодолита 2Т30 показаны на рис. 2.1, б.

На подставке (10) с тремя подъемными винтами (1) вращается на оси **горизонтальный угломерный круг (ГУК)**, предназначенный для измерения горизонтальных углов. ГУК включает лимб, с нанесенными деления от 0 до 360° (с возрастанием отсчетов по ходу часовой стрелки) и соосно ему расположенную алидаду – отсчетное устройство.

На алидаде, с помощью двух колонок (4), крепится зрительная труба (5), которая может вращаться вокруг своей оси HH_1 . К корпусу трубы прикреплен **вертикальный угломерный круг (5)**, состоящий из **лимба** и **алидады**. Он предназначен для измерения углов наклона. При повороте зрительной трубы вокруг своей оси (это действие называется переводом зрительной трубы через зенит) вертикальный круг может располагаться справа или слева от нее.

Первое положение называется «круг право» и при измерениях обозначается КП, второе – «круг лево», при измерениях КЛ. Для приведения плоскости лимба ГУК в горизонтальное положение на алидаде горизонтального круга укреплен **цилиндрический уровень (9)**.

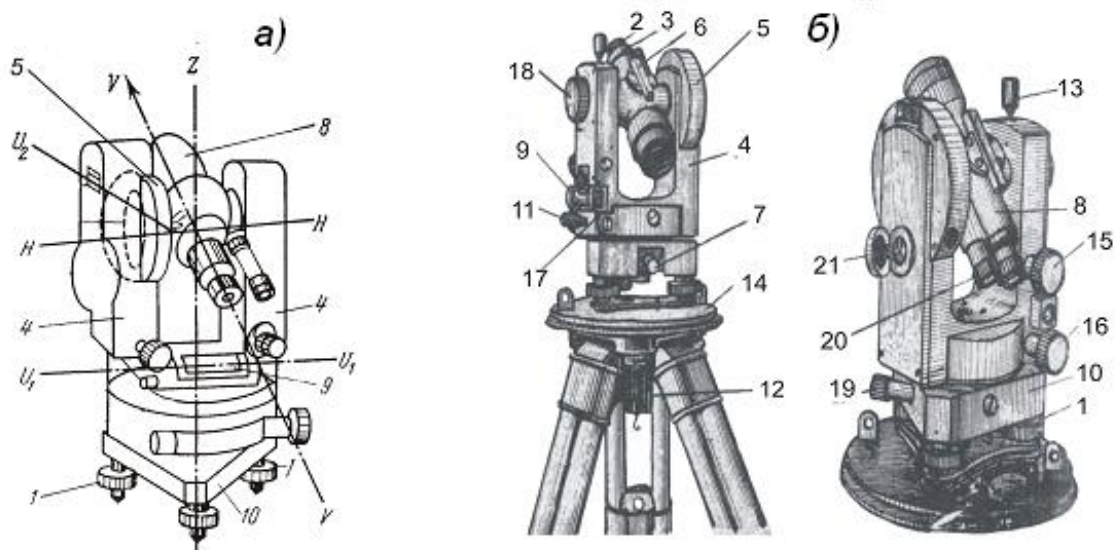


Рис. 2.1. Принципиальная схема теодолита и его общий вид (2Т30):

1) подъемный винт; 2) диоптрийное кольцо зрительной трубы; 3) колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей; 4) подставка зрительной трубы; 5) вертикальный круг; 6) грубый оптический визир; 7) закрепительный винт лимба; 8) зрительная труба; 9) цилиндрический уровень; 10) подставка; 11) закрепительный винт алидады; 12) становой винт; 13) закрепительный винт зрительной трубы; 14) основание футляра; 15) наводящий винт зрительной трубы; 16) наводящий винт алидады; 17) исправительный винт уровня; 18) винт фокусировки трубы; 19) наводящий винт лимба; 20) диоптрийное кольцо отсчетного микроскопа; 21) осветительное зеркало оптической системы отсчета углов

Цилиндрический уровень представляет собой стеклянную ампулу, внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги; ампула заполнена легкоподвижной незамерзающей жидкостью и имеет небольшое пространство, заполненное парами жидкости, называемое **пузырьком уровня**.

У теодолита 2Т30 отсчетный микроскоп – шкаловый. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В (рис. 2.2), видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части поля зрения, обозначенной буквой Г, видны штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.

а)

б)

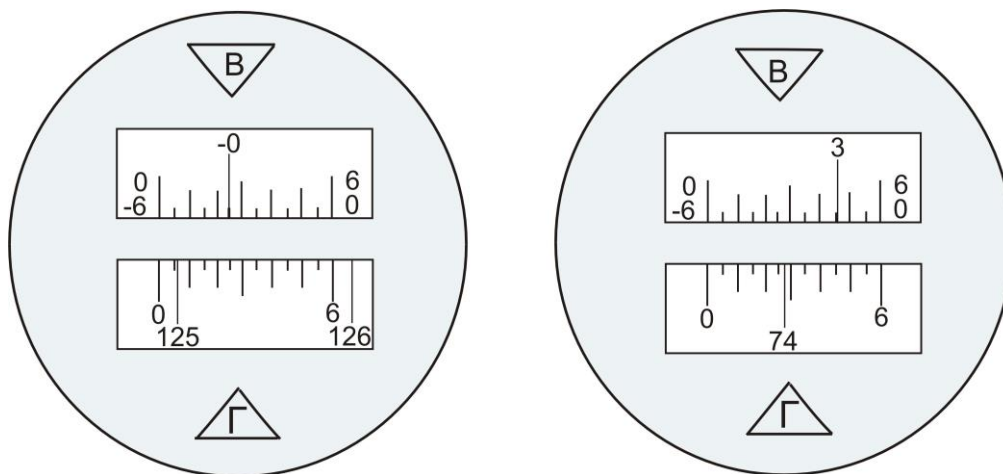


Рис. 2.2. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30: а) отсчет по вертикальному кругу $-0^{\circ}35,0'$; отсчет по горизонтальному кругу $125^{\circ}06,0'$. б) отсчет по вертикальному кругу $+3^{\circ}45,5'$; отсчет по горизонтальному кругу $74^{\circ}27,5'$.

Модуль 2. Поверки и юстировки теодолита

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолите должны быть соблюдены следующие геометрические условия:

- плоскость лимба ГУК должна быть горизонтальна и перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора ZZ ;
- вертикальная ось прибора должна быть отвесна;
- коллимационная плоскость в которой вращается визирная ось, должна быть вертикальна.


Для контроля выполнения этих условий производят ряд поверок и юстировок теодолита.

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора $UU_1 \perp ZZ_1$ (рис. 2.1,а)

При закрепленном лимбе устанавливают уровень параллельно двум любым подъемным винтам. Одновременно вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину ампулы. Затем поворачивают алидаду на 180° . Если пузырек уровня отклонится от середины более, чем на одно деление, то исправительными винтами уровня пузырек перемещают к середине ампулы на половину дуги отклонения; на вторую половину пузырек уровня перемещают при помощи подъемных винтов. Для контроля поверку повторяют.

Прежде чем делать другие поверки, приводят плоскость лимба в

горизонтальное положение. Для этого устанавливают уровень параллельно двум любым подъемным винтам и с их помощью приводят пузырек уровня на середину. Поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом приводят пузырек уровня в нуль-пункт.

 <p>ПРИМЕЧАНИЕ</p>	<p><i>После приведения плоскости лимба в горизонтальное положение, при вращении алидады вокруг оси, пузырек уровня не должен отклоняться от середины более чем на одно деление.</i></p>
--	---

2. Горизонтальная нить сетки должна быть горизонтальна, а вертикальная – совпадать с коллимационной плоскостью зрительной трубы.

Вертикальную нить сетки наводят на нить отвеса. Если вертикальная нить будет совпадать с нитью отвеса, условие выполнено. В противном случае отверткой ослабляют 4 крепежных винта окуляра, расположенные под колпачком 3 (рис. 2.1.), и поворачивают окулярную часть трубы до совмещения вертикальной нити сетки с нитью отвеса, после чего винты вновь закрепляют.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы $VV_1 \perp HH_1$ (рис. 2.1,а)

Угол C отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (рис. 2.3) называется **коллимационной ошибкой**. Для выявления коллимационной ошибки выбирают удаленную, хорошо видимую точку N , расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят пересечение нитей сетки на эту точку и производят отсчет по горизонтальному кругу.

Переводят трубу через зенит, открепляют алидаду, наводят пересечение нитей сетки на ту же точку при круге право и производят отсчет. Величину коллимационной ошибки C вычисляют по формуле:

$$C = \frac{(KL - KP \pm 180^\circ)}{2}. \quad (2.1)$$

Если C превышает двойную точность отсчета по шкале прибора, то нужно исправить положение визирной оси. Для этого вычисляют исправленный отсчет по горизонтальному кругу, в котором число градусов берется из последнего отсчета, а количество минут вычисляется как среднее арифметическое из числа минут обоих отсчетов.

Этот отсчет наводящим винтом алидады устанавливают по горизонтальному кругу. Пересечение нитей сетки сойдет с точки.

Следует переместить сетку нитей так, чтобы перекрестие нитей вновь установилось на точке. Для этого используют 2 горизонтальных исправительных винта сетки нитей с отверстиями для шпильки, расположенные под колпачком 3 (рис. 2.1.). Шпилькой ослабляют эти винты и перемещают сетку нитей до тех пор, пока перекрестие не будет на точке. Винты вновь затягивают и поверку повторяют.

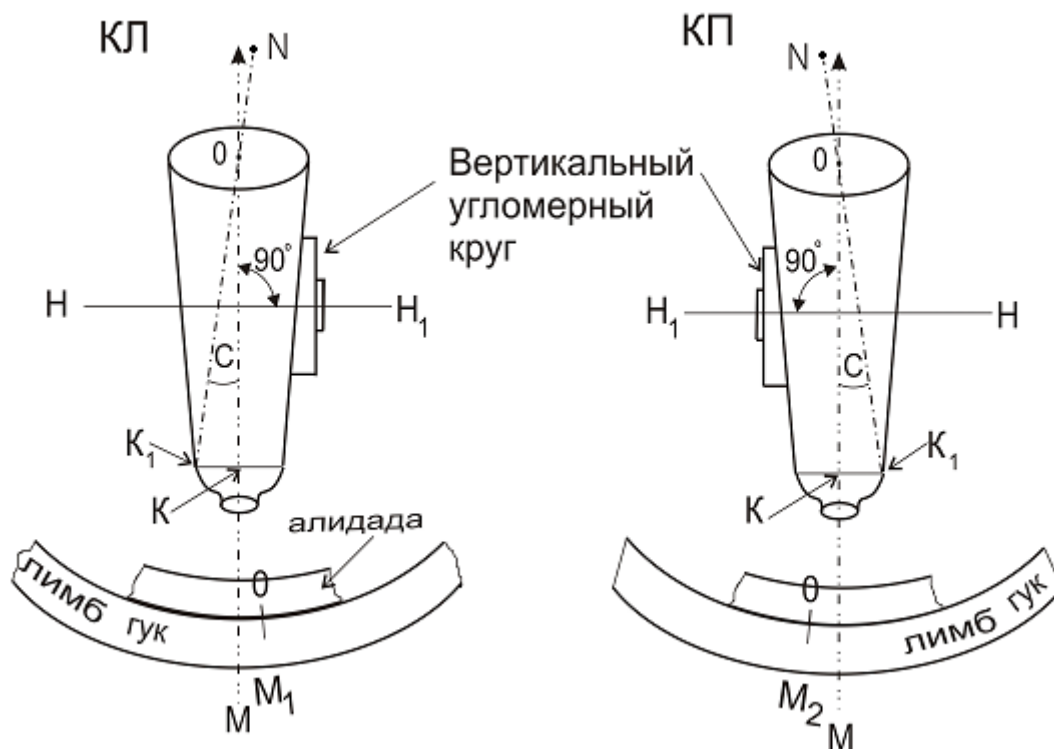


Рис. 2.3. Коллимационная ошибка

Пример: Отсчет при круге лево теодолита 2Т30 равен $18^{\circ}30'$ (КЛ= $18^{\circ}30'$), отсчет при круге право на ту же точку равен $198^{\circ}36'$ (КП= $198^{\circ}36'$). Рассчитаем величину коллимационной ошибки $C = \frac{(18^{\circ}30' - 198^{\circ}36' + 180^{\circ})}{2} = -0^{\circ}03'$. Величина C превышает двойную точность прибора ($1'$). Исправленный отсчет будет равен $198^{\circ} + \frac{30' + 36'}{2} = 198^{\circ}33'$.

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита $ZZ_1 \perp NN_1$ (рис. 2.1.,а)

На стене необходимо выбрать точку, расположенную под углом 40° – 50° к горизонту, наводят на нее зрительную трубу и закрепляют алидаду. Опускают трубу до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию точки.

Поворачивают теодолит на 180° , переводят трубу через зенит, снова наводят перекрестие нитей на верхнюю точку и опускают трубу до горизонтального положения. Снова отмечают на стене проекцию точки. Если проекции совпали, то условие выполнено. Допустимая величина расхождения между проекциями точки при КЛ и КП не должна быть больше ширины биссектора. В противном случае исправление производится в мастерской.

Модуль 3. Измерение горизонтальных углов

Перед измерением горизонтального угла теодолит устанавливается в рабочее положение.

Установка теодолита в рабочее положение складывается из следующих действий:

- а) центрирования теодолита, заключающегося в установке центра лимба над вершиной измеряемого угла с помощью отвеса;*
- б) приведения плоскости лимба в горизонтальное положение с помощью уровня горизонтального круга и подъемных винтов;*
- в) установки трубы по глазу и по предмету.*

Установка трубы по глазу производится вращением **диоптрийного кольца** до наилучшей видимости сетки нитей. Установка трубы по предмету производится с помощью **винта фокусировки трубы**, вращая который добиваются четкого изображения предмета.



Последовательность этих установок не нарушать: вначале выполняется наводка по глазу, а затем, по предмету (цели).

Измерение угла выполняется **способом приемов**. Схема измерения горизонтального угла приведена на рис. 2.4. Прибор установлен на станции I. При закрепленном лимбе, поворачивая алидаду, наводят ручную зрительную трубу на предыдущую станцию VII. Зажимают закрепительные винты алидады и трубы и окончательное наведение на точку выполняют с помощью **наводящих винтов алидады и зрительной трубы**. После этого при круге лево производят отсчет n_1 по горизонтальному кругу (рис. 2.4.). Отсчет записывается в журнал (табл. 2.1, колонка «отсчёты по ГУК»).

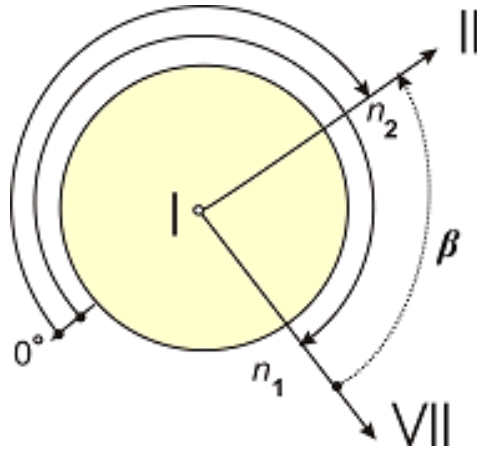
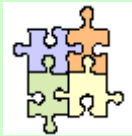


Рис. 2.4. Схема измерения горизонтального угла β : $\beta = n_1 - n_2$

Открыв алидаду, наводят зрительную трубу на последующую станцию II и также производят отсчет n_2 , записывая его в журнал. Значение угла равно разности отсчетов на предыдущую и последующие станции.

Далее переводят трубу через зенит и при круге право аналогично выполняют измерение угла вторым полуприемом (при круге право), записывая отсчеты n'_1 и n'_2 в журнал.



ПРИМЕЧАНИЕ

Если отсчет на предыдущую станцию окажется меньше отсчета на следующую станцию, то к нему прибавляют 360° . Таким образом, получают значение угла из двух полуприемов.

Таблица 2.1.

Фрагмент журнала измерения горизонтальных углов

№№ точек стояния	№№ станций визирования	Отсчеты по ГУК		Измеренный угол		Среднее значение угла	
		°	'	°	'	°	'
I	VII (КЛ)	135	17	81	5,5	81	5,3
	II (КЛ)	54	11,5				
	VII (КП)	310	47,3	81	5,0		
	II (КП)	229	42				

За окончательное значение угла принимают среднее арифметическое, полученное из двух полуприемов (КЛ и КП) если $\Delta\beta = \beta - \beta' < 2t$, где t – точность прибора. Окончательное значение округляют до $0,1'$.



ВНИМАНИЕ

Если расхождение значений угла в полуприемах более двойной точности теодолита, т.е. более $1'$ для теодолита 2Т30, запись в журнале зачеркивается, отсчет на лимбе сбивается и измерения повторяются.

Модуль 4. Измерение вертикальных углов (углов наклона линии местности)

Вертикальный угол отсчитывается от горизонтальной линии, проходящей через центр лимба вертикального угломерного круга, до линии визирования зрительной трубы прибора (рис. 2.6).

Перед измерением угла наклона линии I-II на местности (рис. 2.6) устанавливают прибор в рабочее положение и наводят среднюю горизонтальную нить сетки нитей на **высоту инструмента i** (расстояние от оси вращения зрительной трубы над точкой стояния прибора).



Рис. 2.6. Схема измерения вертикальных углов

Для определения высоты инструмента i устанавливают зрительную трубу в горизонтальное положение (отсчет по лимбу ВУК=0), затем рейку ставят черной стороной к окуляру зрительной трубы теодолита. Далее отмечают на рейке середину концентрической окружности, наблюдаемой в объективе зрительной трубы и определяют по рейке соответствующий отсчет i в миллиметрах и фиксируют его на рейке карандашом..

Визируют на высоту инструмента, отмеченную на рейке. Перед взятием отсчёта проверяют положение пузырька цилиндрического уровня. Если пузырек уровня отойдет от середины, то его необходимо

установить на середину подъемными винтами и проверить наведение горизонтальной нити на точку. Снимают отсчет по вертикальному кругу (рис. 2.6.) и записывают его в журнал (табл.2.2).

Переводят трубу через зенит и аналогичные действия выполняют при другом положении вертикального круга.

Местом нуля (МО) называется отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня находится в нуль-пункте. Место нуля (МО) и угол наклона вычисляются

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

по следующим формулам: $v = КЛ - МО$; $v = МО - КП$.

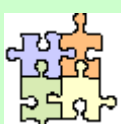
 ПРИМЕЧАНИЕ	<p><i>Контролем правильности измерения углов наклона служит постоянство МО, колебание которого не должно превышать двойной точности отсчета по шкале прибора, т.е. 1' (для Т30).</i></p>
--	--

Таблица 2.2

Фрагмент журнала измерения вертикальных углов

№№ точек наблюдения	Отчеты по вертикальному кругу				МО		Угол наклона	
	КЛ		КП					
	°	'	°	'	°	'	°	'
			Станция № I					
II	-0	35	+0	37	+0	01	-0	36

Модуль 5. Измерение расстояний нитяным дальномером

В сетке нитей зрительной трубы теодолита имеются две дополнительные горизонтальные дальномерные нити, расположенные по обе стороны от центра сетки нитей на равных расстояниях (рис. 2.7). Наличие этих нитей позволяет измерять расстояния D от прибора до рейки.

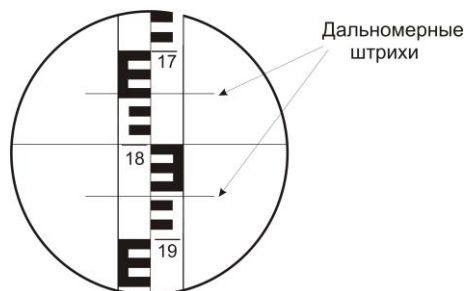


Рис. 2.7. Определение расстояния нитяным дальномером

Для этого, на рейке определяют величину дальномерного интервала n (рис.2.7) в миллиметрах, переводят его в сантиметры и умножают полученное число на 100 (дальномерный коэффициент зрительной трубы, как правило, равный 100), т.е. $D = n \cdot K$. Точность измерения расстояний нитяным дальномером обычно оценивается относительной ошибкой от 1/100 до 1/300.

Пример: Определим расстояние нитяным дальномером для теодолита с трубой обратного изображения по отсчетам, приведенным на рис. 2.7.

Отсчет по верхнему дальномерному штриху – 1747 мм, отсчет по нижнему дальномерному штриху – 1856 мм. Тогда $n = 1856 \text{ мм} - 1747 \text{ мм} = 109 \text{ мм} = 10,9 \text{ см}$;

$D = n \cdot K = 10,9 \text{ см} \cdot 100 = 1090 \text{ см} = 10,9 \text{ м}$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назначение теодолита?
2. Назовите основные части теодолита 2Т30.
3. Для чего нужен уровень при алидаде горизонтального угломерного круга?
4. Назовите основные части зрительной трубы
5. Из каких действий складывается установка трубы для наблюдений?
6. Какие исправительные винты есть у теодолита 2Т30?
7. Назовите поверки теодолита и порядок их выполнения.
8. Из каких действий складывается установка теодолита в рабочее положение?
9. Как измеряется горизонтальный угол способом приемов?
10. Какова величина допускаемого отклонения горизонтального угла из двух полуприемов?
11. Что называется углом наклона?
12. Что называется местом нуля (МО) вертикального круга?
13. Как измеряются углы наклона?
14. Определите расстояние D по нитяному дальномеру (рис. 2.8).

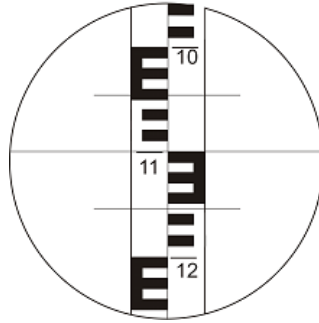


Рис. 2.8. Пример отсчета по рейке

ТЕМА 3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ И ПОСТРОЕНИЕ КОНТУРНОГО ПЛАНА

Цели изучения темы: научиться обрабатывать результаты полевых измерений и по полученным данным строить контурный (ситуационный) план.

План работы

Модуль 1. *Вычисление приращений координат и координат вершин замкнутого теодолитного хода*

Модуль 2. *Составление плана теодолитной съемки*

Модуль 1. Вычисление координат вершин замкнутого хода

Обработка теодолитного хода начинается с тщательной проверки полевых журналов. Проверяют правильность вычислений углов из полуприемов и средних значений углов. Вычисляют средние значения измеренных линий D и их горизонтальные проложения d путем введения поправок за наклон для линий, имеющих угол наклона более $1^\circ 30'$. Горизонтальное проложение линии d , если D измерено землемерной лентой, вычисляется по формуле: $d = D \cdot \cos \nu$. (3.1)

Пример: Линия на местности длиной $143,67$ м ($143,67$ – среднее из прямого и обратного измерений линии) имела угол наклона $\nu = 3^\circ 30'$. Тогда горизонтальное проложение $d = 143,67 \cdot \cos 3^\circ 30' = 143,4$ м.

Согласно инструкции по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (1982 г., § 6.01-6.16) длины сторон в теодолитных ходах не должны быть более 350 и менее 20 м с относительной погрешностью измерений 1:1000.

Дальнейшую обработку выполняют в ведомости вычисления координат (табл. 3.1).

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КО

№ № точек	Внутренние углы				Дирекци- онные уг- лы (α)		Румбы (r)			Горизонтальное проложение сторон (d), м
	измерен- ные		исправ- ленные							
	°	'	°	'	°	'	название четверти	°	'	
I	115	25,4	115	25,8						21,50
					98	24	ЮВ	81	36	
II	120	53,3	120	53,7						26,80
					157	30,3	ЮВ	22	29,7	
III	142	36,4	142	36,7						29,28
					194	54	ЮЗ	14	54	
IV	145	57,2	145	57,5						28,17
					228	56,1	ЮЗ	48	56,1	
V	97	05,2	97	05,5						26,76
					311	51,2	СЗ	48	08,8	
VI	132	45,7	132	46,2						30,74
					359	05,6	СЗ	0	54,4	
VII	145	14,2	145	14,6						31,53
					33	50,2	СВ	33	50,2	
I										
$\Sigma\beta_{изм}$	899	57,4	900	00	$\Sigma\beta_T = 180^0(n-2);$					P=194,78
$\Sigma\beta_T$	900	00	$f\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_T;$							
$f\beta$	-0	02,6	$f\beta_{дон} = \pm 1,5\sqrt{n} = \pm 3,96';$							
			$\delta\beta = \frac{f\beta}{n} = \frac{2,6'}{7} = +0,37'.$							

$$fabc. = \pm\sqrt{(f\Delta x^2 + f\Delta y^2)} \pm \sqrt{0,0064 + 0,0121} = \pm 0,136;$$

Таблица 3.1

ОРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Приращения, м								Координаты, м			
вычисленные				исправленные							
±	$\Delta x = d \cdot \cos r$	±	$\Delta y = d \cdot \sin r$	±	Δx	±	Δy	±	x	±	y
								+	300,00	+	600,00
-	-0,009 3,14	+	+0,012 21,27	-	3,15	+	21,28	+	296,85	+	621,28
-	-0,011 24,76	+	+0,015 10,25	-	24,77	+	10,27	+	272,08	+	631,55
-	-0,012 28,30	-	+0,017 7,53	-	28,31	-	7,51	+	243,77	+	624,04
-	-0,012 18,50	-	+0,016 21,24	-	18,51	-	21,22	+	225,26	+	602,82
+	-0,011 17,85	-	+0,015 19,93	+	17,84	-	19,92	+	243,10	+	582,9
+	-0,012 30,74	-	+0,017 0,49	+	30,73	-	0,47	+	273,83	+	582,43
+	-0,013 26,19	+	+0,018 17,56	+	26,18	+	17,55	<p>В замкнутом полигоне сумма приращений равна 0:</p> $(\sum + \Delta x) + (\sum - \Delta x) = 0;$ $(\sum + \Delta y) + (\sum - \Delta y) = 0;$ $f\Delta x = (\sum +) + (\sum -);$ $f\Delta y = (\sum +) + (\sum -);$			
$\Sigma+$	74,78	$\Sigma+$	49,08	$\Sigma+$	74,75	$\Sigma+$	49,10				
$\Sigma-$	74,70	$\Sigma-$	49,19	$\Sigma-$	74,74	$\Sigma-$	49,12				
f Δx	+0,08	f Δy	-0,11								

$$f_{\text{омн.}} = \frac{1}{P} : f_{\text{абс.}} = \frac{1}{1432} \quad f_{\text{дон.}} = \frac{1}{1000}$$

Из журнала прокладки теодолитного хода в графу “Внутренние углы измеренные” ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода вписывают измеренные углы хода, в графу “Горизонтальные проложения сторон d” записывают горизонтальные проложения линий, округленные до сотых долей метра. В графу "дирекционные углы" записывают дирекционный угол стороны I-II, рассчитанный по результатам привязки к пункту государственной геодезической сети, в графу "координаты" – координаты первой точки хода, рассчитанные также по результатам привязки в поле к пункту государственной геодезической сети.

Вычисление координат ведется в следующем порядке.

I. Определение угловой невязки и увязка углов

1. Вычисляют сумму измеренных углов $\sum \beta_{изм}$ и заносят в соответствующую графу ведомости. Вычисляют теоретическую сумму углов $\sum \beta_{теор.}$ для полигона с заданным количеством вершин по формуле:

$$\sum \beta_{теор.} = 180^\circ (n - 2). \quad (3.2)$$

2. Вычисляют угловую невязку f_β по формуле:

$$f_\beta = \sum \beta_{изм.} - \sum \beta_{теор.} . \quad (3.3)$$

3. Определяют допустимую угловую невязку по формуле:

$$f_{\beta_{доп.}} = \pm 1,5 \cdot \sqrt{n} , \quad (3.4)$$

где n - число углов хода

Если $f_\beta \leq f_{\beta_{доп.}}$, т.е. невязка допустима, то вычисляют поправки δ_β в измеренные углы путем деления невязки на число углов с округлением поправок до 0,1'.

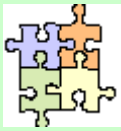


ВНИМАНИЕ

Поправки вводятся со знаком, противоположном знаку невязки, их записывают над значениями измеренных углов. Контролируют правильность вычисления поправок. Их сумма должна равняться невязке с противоположным знаком, т.е. $\sum \delta_\beta = -f_\beta$.

1. Вычисляют исправленные углы по формуле:

$$\beta_{испр.} = \beta_{изм.} + \delta_\beta . \quad (3.5)$$



ПРИМЕЧАНИЕ

Контроль правильности вычисления исправленных углов: сумма исправленных углов должна равняться теоретической сумме углов.

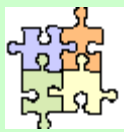
II. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон теодолитного хода

1. Дирекционные углы сторон хода α вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей стороны хода равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус исправленный угол, заключенный между этими сторонами, справа по ходу лежащий.

Пример: $\alpha_{I-II} = 98^\circ 24'$; $\beta_{испр II} = 120^\circ 53,7'$. Определите α_{II-III} .

$$\alpha_{II-III} = \alpha_{I-II} + 180^\circ - \beta_{испр II} = 98^\circ 24' + 180^\circ - 120^\circ 53,7' = 157^\circ 30,3'$$

Исходным дирекционным углом является дирекционный угол стороны I-II.



ПРИМЕЧАНИЕ

При вычислениях может оказаться, что сумма дирекционного угла предыдущей стороны плюс 180° будет меньше, чем угол, справа по ходу лежащий, тогда к указанной сумме добавляется 360° . Может также оказаться, что дирекционный угол получился больше 360° , тогда из него вычитают 360° .

Аналогично вычисляются дирекционные углы всех сторон хода. Правильность вычисления дирекционных углов контролируют путем вычисления дирекционного угла стороны I-II по дирекционному углу стороны IV-I: $\alpha_{I-II} = \alpha_{IV-I} + 180^\circ - \beta_I$.

Вычисленный дирекционный угол должен равняться исходному дирекционному углу стороны I-II.

2. Румбы вычисляют по величинам дирекционных углов и зависимостям, приведенным в рис. 1.14 и в табл. 3.2, и записывают в соответствующую графу ведомости.

Таблица 3.2

Зависимость между дирекционными углами α и румбами r

<i>Дирекционный угол</i>	<i>Название румба</i>	<i>Величина румба в градусной мере</i>
0°-90°	СВ	$r = \alpha$
90°-180°	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$
180°-270°	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$
270°-360°	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$

Контроль правильности вычисления румбов производится путем повторного их вычисления.

III. Вычисление приращений координат, определение линейной невязки и распределение ее по приращениям

1. Приращения координат Δx и Δy (рис.3.1) вычисляют с точностью до 0,01м по формулам:

$$\Delta x = d \cos r; \Delta y = d \sin r, \quad (3.6)$$

где d – горизонтальное проложение линии; r – величина румба линии.

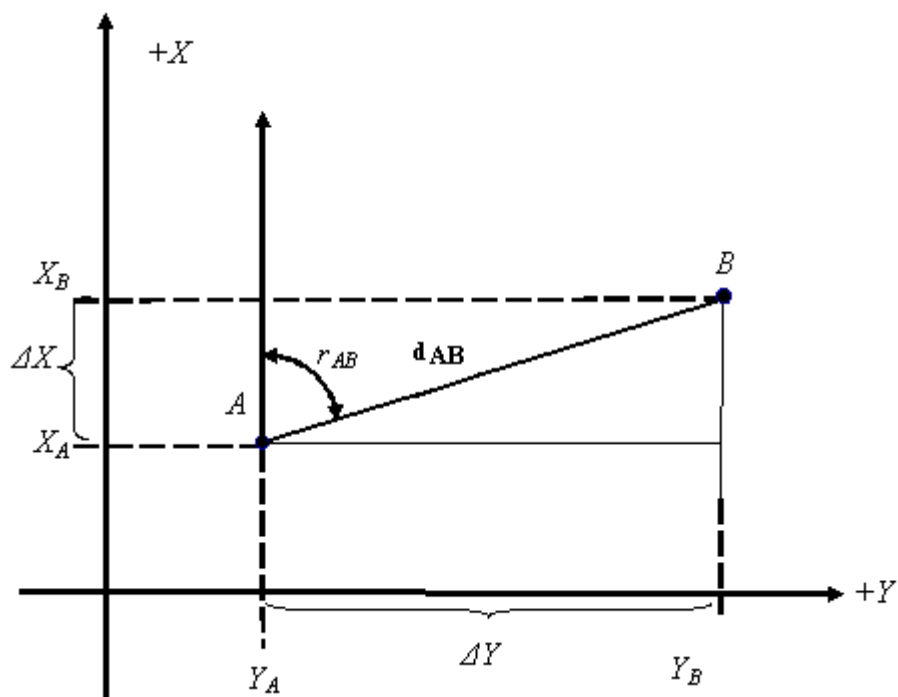


Рис. 3.1. Определение приращений координат точки B

Вычисления выполняют с помощью калькулятора. Значения Δx и Δy записывают соответственно в графы «Приращения вычисленные Δx и Δy » ведомости. Знаки приращений координат определяют по названию румба (табл. 3.3).

2. Вычисление линейной невязки в приращениях координат. Для замкнутого теодолитного хода она вычисляется по формулам: $f_x = \sum \Delta x_{\text{вычисл}} = 0$, $f_y = \sum \Delta y = 0$, (т.к. в замкнутом полигоне сумма приращений координат равна нулю).

Для определения допустимости f_x и f_y подсчитывают абсолютную и относительную невязку $f_{абс}$ по формулам:

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_{отн} = \frac{1}{P/f_{абс}}, \quad (3.7)$$

где P – периметр хода в метрах.

Если $f_{отн} \leq \frac{1}{1000}$, то f_x и f_y - допустимы.


 ВНИМАНИЕ	<p>Если $f_{отн} > \frac{1}{1000}$, проводят проверочные расчеты дирекционных углов, румбов, приращений координат точек съемочной сети. Если невыполнение условия не связано с арифметическими действиями, то необходимо проводить повторные линейные измерения на местности.</p>
--	--

Таблица 3.3.

Знаки приращения координат

Название румба	Знаки приращений координат	
	Δx	Δy
СВ	+	+
ЮВ	-	+
ЮЗ	-	-
СЗ	+	-

3. Вычисление поправки в приращения координат $\delta \Delta x$ и $\delta \Delta y$ осуществляется путем распределения невязок на приращения координат пропорционально длинам сторон хода. Поправки имеют знак, противоположный знаку невязки.

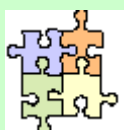
Поправка к каждой линии находится путем умножения поправки на один метр периметра на длину соответствующей линии.

Пример: $f_{\Delta x} = + 0,08 \text{ м}; f_{\Delta y} = -0,11; P = 194,88 \text{ м}; d_{I-II} = 21,50 \text{ м};$
 $d_{II-III} = 26,80 \text{ м}.$

Определите поправки к горизонтальным проложениям d_{I-II} и d_{II-III} .

Решение. $\delta\Delta x_{I-II} = \frac{-0,08}{194,78} \cdot 21,50 = -0,009(\text{м}); \delta\Delta y_{I-II} = \frac{+0,11}{194,78} \cdot 21,50 = +0,012(\text{м}).$

$\delta\Delta x_{II-III} = \frac{-0,08}{194,78} \cdot 26,80 = -0,011(\text{м}). \delta\Delta y_{II-III} = \frac{+0,11}{194,78} \cdot 26,80 = +0,015(\text{м}).$

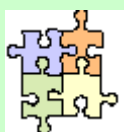


ПРИМЕЧАНИЕ

Контроль правильности вычисления поправок в приращениях координат: их сумма должна равняться невязке с противоположным знаком.

Из-за округлений при вычислении поправок указанный контроль может не сойтись на 1 – 2 см. В этом случае следует изменить на 1 см одну или две поправки.

4. Вычисление исправленных значений приращений координат путем прибавления к вычисленным приращениям координат соответствующих поправок. Их заносят в графы «Приращения исправленные Δx и Δy ».



ПРИМЕЧАНИЕ

Контроль правильности вычисления исправленных значений приращений координат – равенство нулю их суммы в замкнутом ходе.

IV. Вычисление координат пунктов теодолитного хода

1. Координаты всех точек хода вычисляют последовательно по правилу: *координата последующей точки равна координате предыдущей точки плюс соответствующее исправленное приращение координат.*

2. Контроль правильности вычисления координат осуществляется путем повторного определения в конце вычислений координат точки I по координатам точки VII. Их значения должны быть в точности равны исходным координатам.

Модуль 2. Составление плана теодолитной съемки

Построение координатной сетки

По наибольшей и наименьшей абсциссам и ординатам основного хода (см. ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода) определяют размеры участка и, в соответствии с масштабом плана,

берут нужного размера лист чертежной бумаги.

Пример: $x_{max} = + 300,00$ м; $y_{max} = + 631,55$ м; $x_{min} = + 225,26$ м; ;
 $y_{min} = + 582,43$ м;

Вычислим $x_{max} - x_{min} = 74,34$ м; $y_{max} - y_{min} = 49,12$ м.

Протяженность участка с юга на север составит 74,34 м, а с запада на восток – 49,12 м. В масштабе 1:500 протяженность участка с юга на север и с запада на восток составит 14,9 см и 9,8 см соответственно.

В обработанной ведомости (табл. 3.2) находят: x_{max} , y_{max} , x_{min} , y_{min} .

Для построения координатной сетки в зональной прямоугольной системе координат и плана следует использовать хорошо отточенный карандаш твердости 2Т-3Т, измеритель, линейку Дробышева и транспортир. Координатная сетка, при отсутствии линейки Дробышева, строится *графическим способом* (рис. 3.2.). С угла на угол листа бумаги проводят две диагонали и из точки их пересечения откладывают циркулем отрезки такой равной длины, чтобы оставались поля сверху и снизу примерно по 3 см, а с боков – по 1,5 см. Полученные на диагоналях точки соединяют между собой и получают правильный прямоугольник в принятом масштабе 1:500 (в 1 см 5 м), чтобы получить координатную сетку размером 25х25 метров. На сторонах прямоугольника откладывают от его левой нижней вершины циркулем по 5 см **снизу вверх** (по оси X) и **слева направо** (по оси Y).

Соединив одноименные точки, получают координатную сетку. Правильность построения сетки можно проверить, прикладывая циркуль-измеритель к диагоналям каждого квадрата и сравнивают их длины. Отклонения не должны превышать 0,2 мм.

Линии сетки подписывают в соответствии с координатами вершин теодолитного хода так, чтобы участок расположился симметрично относительно листа бумаги.

Для рассмотренного примера при построении плана в масштабе 1:500 линии координатной сетки целесообразно подписывать так, как показано на рис. 3.2.

Нанесение на план вершин теодолитных ходов

По значениям координат каждой точки определяют квадрат, в котором должна находиться соответствующая точка. Далее, определяем приращение координат Δx от оцифрованных параллелей квадратов и приращение Δy – от оцифрованных меридианов (рис. 3.2), откладывая их получаем на пересечении пунктирных линий вершины теодолитного хода (как для вершины VI).

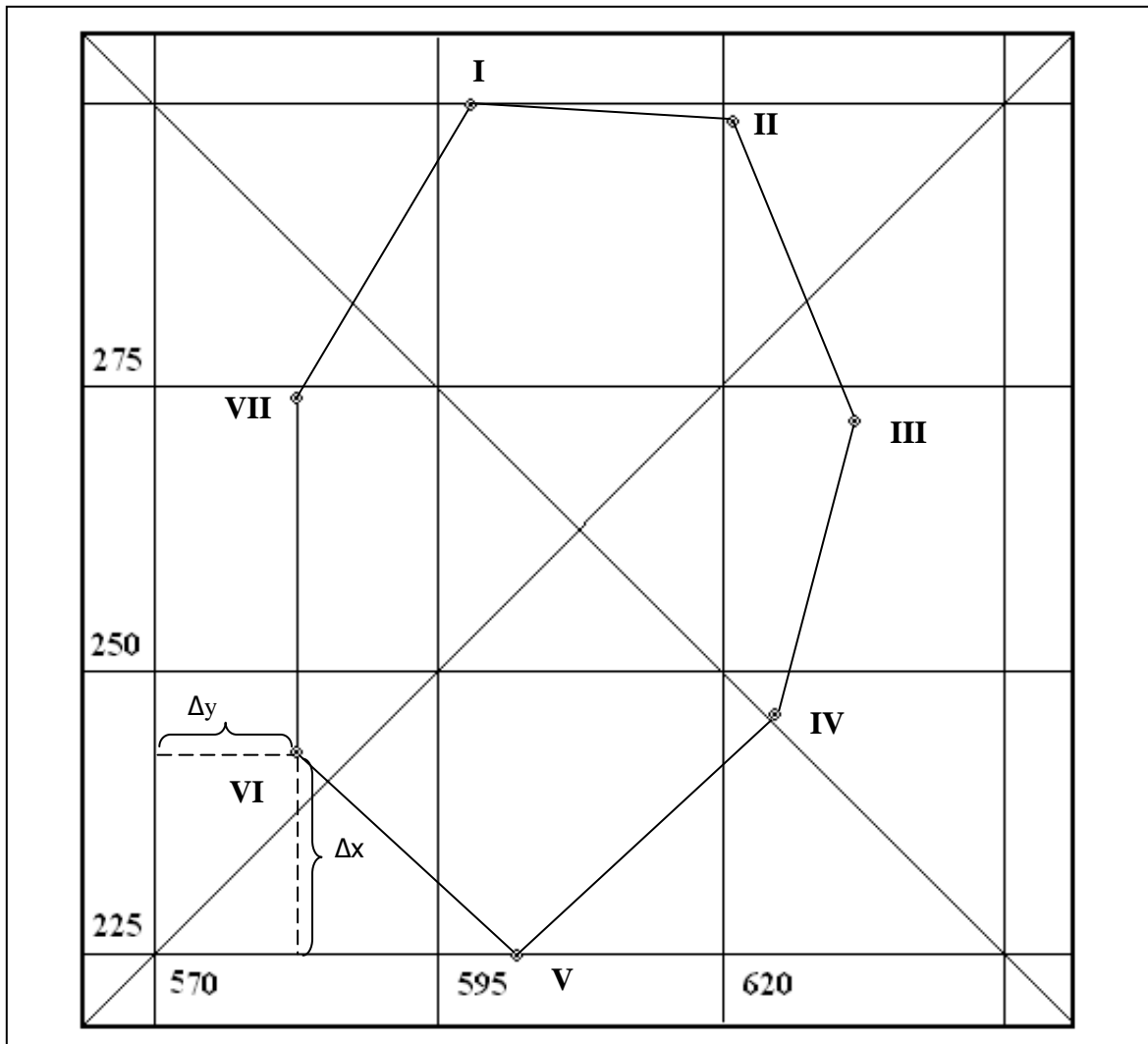


Рис. 3.2. Пример координатной сетки с нанесенными точками теодолитного хода



ВНИМАНИЕ

Правильность нанесения на план вершин теодолитного хода проверяется по длинам горизонтальных проекций d линий хода: взятая с плана линия может отличаться от ее значения, записанного в координатной ведомости, не более тройной точности масштаба плана, что составляет 0,15 м для масштаба 1:500.

Нанесение на план ситуации

Нанесение на план ситуации производится от сторон и точек теодолитного хода (т.е. съёмочной сети) согласно **абрисам** съёмки (рис. 3.3) – схематическим чертежам местности, в которых занесены результаты измерений. При этом местные предметы и характерные точки контуров наносятся на план в соответствии с результатами и способами съёмки: способами прямоугольных координат (перпендикуляров), полярных координат, угловой и линейной засечек и т.п. Способы нанесения контурных точек аналогичны способам съёмки их на местности, но действия совершают в обратном порядке. При накладке ситуации на план расстояния откладываются при помощи циркуля-измерителя и линейки поперечного масштаба, а углы — транспортиром.

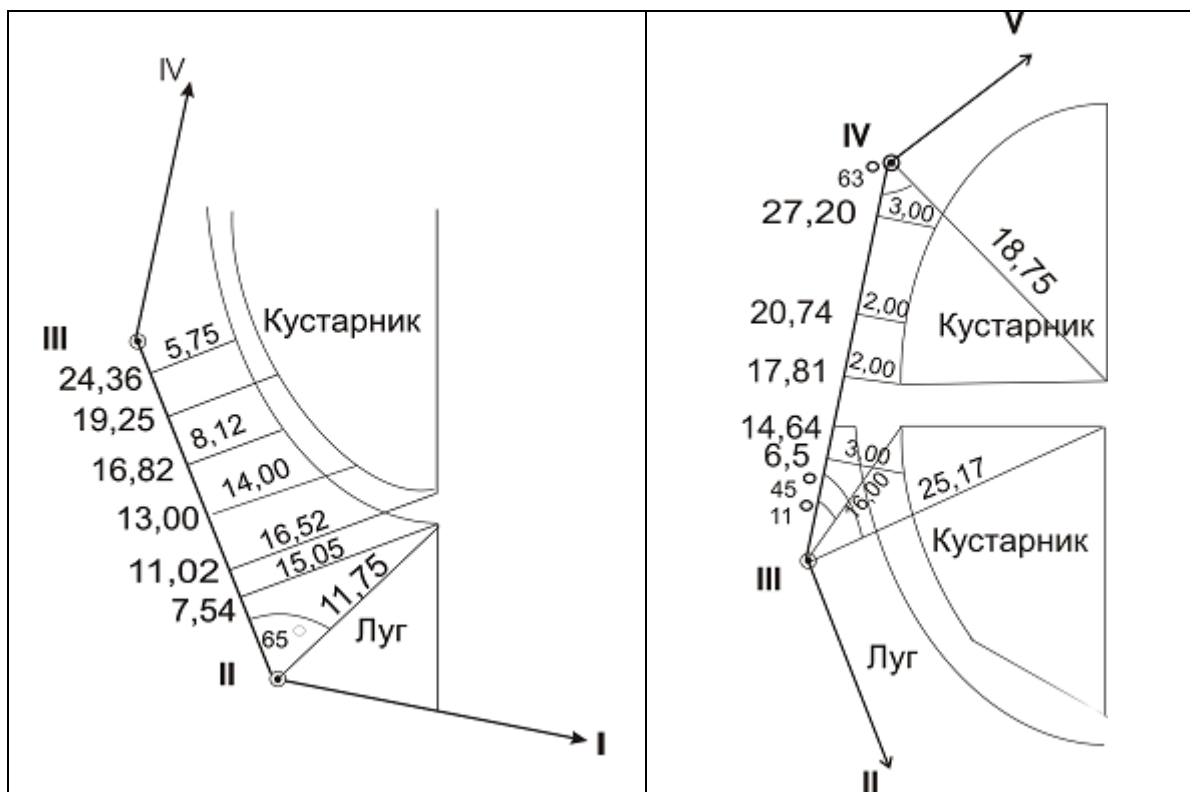


Рис. 3.3. Абрисы теодолитной съёмки

При нанесении точек, снятых способом перпендикуляров, перпендикуляры к сторонам хода восстанавливают прямоугольным треугольником. При построении контуров от начала опорной линии на плане откладывают расстояния до оснований перпендикуляров; в полученных точках, пользуясь выверенным прямоугольным треугольником, строят перпендикуляры, на которых откладывают их длины. Соединив концы перпендикуляров, получают изображение контура местности.

Для нанесения точек, снятых полярным способом, можно использовать тахеограф или транспортир, для чего центр транспортира совмещают с вершиной хода, принятой за полюс, а нуль транспортира — с направлением стороны хода. По дуге транспортира откладывают углы, измеренные теодолитом при визировании на точки местности, и прочерчивают направления, да которых откладывают расстояния до точек, указанные в абрисе.

При нанесении точек способом угловых засечек транспортиром в вершинах опорных сторон откладывают полярные углы и прочерчивают направления, пересечения которых определяют положения искомых точек. Нанесение точек способом линейных засечек выполняется при помощи циркуля-измерителя и сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены на местности.

В примере на рис. 3.4 контур кустарника снят способами перпендикуляров (от сторон II-III, III-IV) и полярных координат, контур луга – способами перпендикуляров, полярных координат и створов. Пользуясь линейкой поперечного масштаба и измерителем необходимо отложить расстояния оснований перпендикуляров от соответствующих точек съёмочной сети, построить перпендикуляры, на которых отложить указанные по абрисам длины. Точки, снятые способом полярных координат, находят после построения соответствующих углов; по вспомогательным линиям откладывают измеренные расстояния. Точку пересечения контура луга со стороной теодолитного хода III-IV находят, откладывая расстояние от станции III (14,64 м). Полученные точки контуров луга и кустарника соединить, пользуясь принятым условным знакам для контуров растительности.

При построении контуров местности на плане все вспомогательные построения выполняют тонкими линиями. Значения углов и расстояний, приведенные в абрисе, на плане не показывают.

По мере накладки точек на план по ним в соответствии с абрисами вычерчивают объекты местности и контуры их заполняют установленными условными знаками. Составленный план тщательно корректируют; при возможности сличают его с местностью.

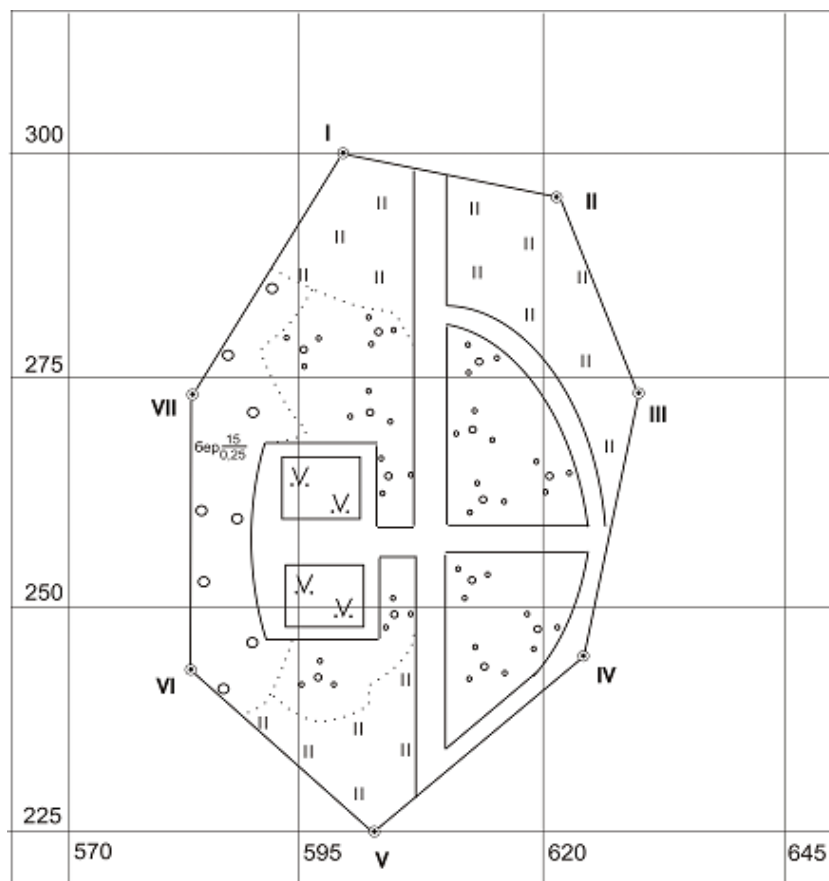


Рис. 3.4. План теодолитной съёмки

Оформление плана

Вершины и стороны теодолитного хода оставляют в карандаше. Ситуацию вычерчивают на плане черной тушью.

Пересечение линий координатной сетки вычерчиваются крестом зеленой тушью, размером 6×6 мм. Выходы линий координатной сетки у рамок плана подписываются черной тушью.

План должен быть оформлен в соответствии с "Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500".

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ

1. Как вычисляется угловая невязка замкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
2. Чему равна сумма исправленных углов в замкнутом теодолитном ходе?
3. Как вычисляются дирекционные углы сторон замкнутого теодолитного хода? Контроль правильности их вычисления.
4. Переход от дирекционных углов к румбам.
5. По каким формулам вычисляются приращения координат?
6. Как вычисляется невязка в приращениях координат замкнутого

теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.

7. Чему равна сумма исправленных приращений координат в замкнутом теодолитном ходе?

8. Как вычисляются координаты точек замкнутого теодолитного хода? Контроль вычислений.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Расчет ведомости вычисления координат. Построение ситуационного плана

Основой съемки является замкнутый теодолитный ход. Углы (правые по ходу) измерялись одним приемом с помощью теодолита Т30, имеющего точность $t=0',5$. Длины сторон измерялись стальной двадцатиметровой лентой в прямом и обратном направлениях. Створы сторон расположены на равнинной местности с твердым грунтом. Результаты измерений, а также координаты первой точки включены в ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода. Дирекционный угол с первой на вторую точку каждый студент принимает в соответствии со своим вариантом (табл. 3.4.).

Таблица 3.4.

Варианты исходных данных к лабораторной работе «Обработка результатов теодолитной съемки, построение контурного плана»

	Вариант												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
α_{1-II}	30°33'	35°40'	39°10'	38°50'	43°37'	44°15'	45°30'	51°10'	51°57'	53°16'	56°12'	12°55'	14°20'

Данные съемки ситуации представлены в абрисах (рис. 3.4, 3.5).

Материалы к сдаче:

1. Ведомость с вычислением координат вершин теодолитного хода (табл. 3.5). В ведомость включить подсчет фактических и допустимых невязок хода. Угловая невязка не должна превышать $\pm 1',5\sqrt{n}$, линейная $\pm 1/1000$.

2. План участка теодолитной съемки в масштабе 1:2000. План составить на листе чертежной бумаги формата А4 (210x297) мм. Построить координатную сетку 50x50мм, что в принятом масштабе соответствует 100x100м. Ситуацию вычертить, согласно абрисам и в соответствии с таблицами условных знаков для топографических планов.

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООР

№ № точек	Внутренние углы				Дирекци- онные уг- лы (α)		Румбы (r)			Горизонтальное проложение сторон (d), м
	измерен- ные		исправ- ленные							
	°	'	°	'	°	'	название четверти	°	'	
I	79	30,2			30	33				222,82
II	118	5,5								144,15
III	97	1,2								116,42
IV	149	27,5								92,91
V	131	39,2								110,38
VI	144	15,2								127,05
I										P=
$\Sigma\beta_{изм}$			$\Sigma\beta_T = 180^0(n - 2);$ $f\beta = \Sigma\beta_{изм.} - \Sigma\beta_T;$ $f\beta_{допю} = \pm 1',5\sqrt{n}; \quad \delta\beta = \pm \frac{f\beta_{изм.}}{n};$							
$\Sigma\beta_T$										
$f\beta$										

Таблица 3.5.

ДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Приращения, м								Координаты, м			
вычисленные				исправленные							
±	$\Delta x = d \cdot \cos r$	±	$\Delta y = d \cdot \sin r$	±	Δx	±	Δy	±	x	±	y
									8328,12		7745,84
$\Sigma+$		$\Sigma+$		$\Sigma+$		$\Sigma+$		В замкнутом полигоне сумма приращений равна 0: $(\Sigma + \Delta x) + (\Sigma - \Delta x) = 0;$ $(\Sigma + \Delta y) + (\Sigma - \Delta y) = 0;$ $f\Delta x = (\Sigma +) + (\Sigma -);$ $f\Delta y = (\Sigma +) + (\Sigma -);$			
$\Sigma-$		$\Sigma-$		$\Sigma-$		$\Sigma-$					
$f\Delta x$		$f\Delta y$									

$$f.abc. = \pm \sqrt{(f\Delta x)^2 + (f\Delta y)^2};$$

$$f_{отн.} = \frac{1}{P / f_{abc.}} \quad \langle \quad f_{дон.} = \frac{1}{1000}$$

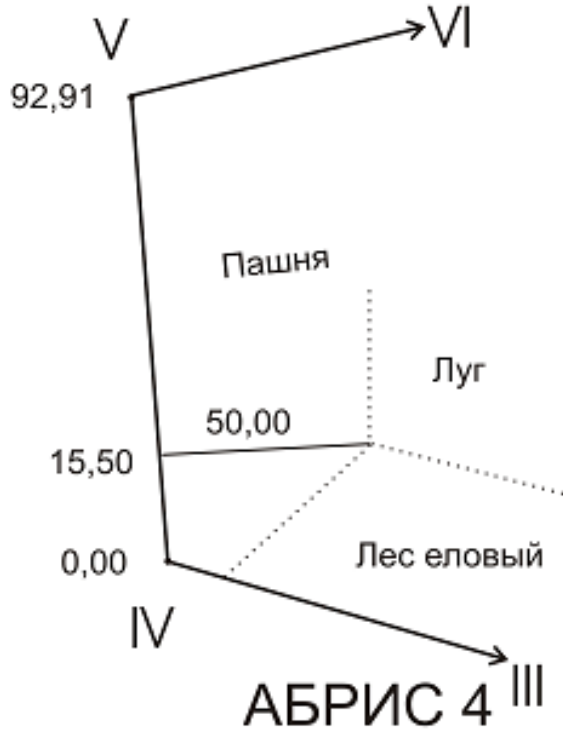
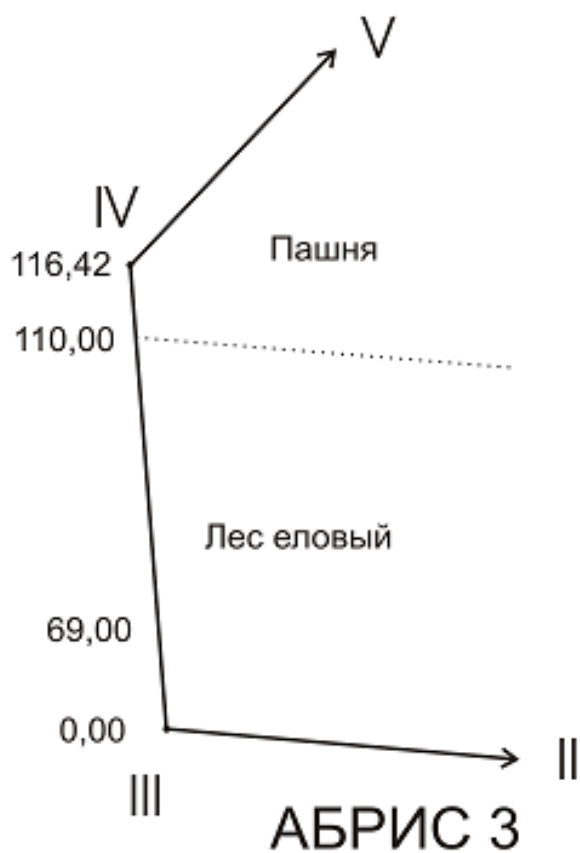
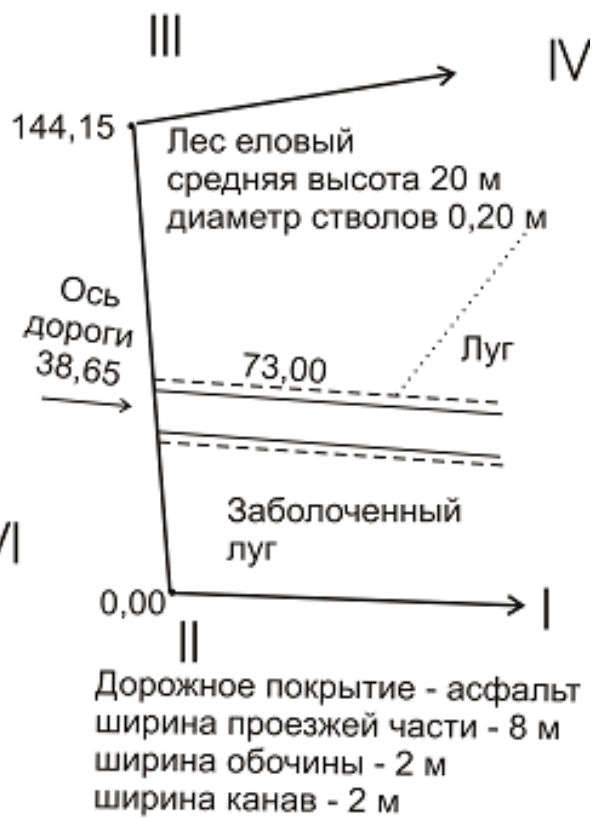
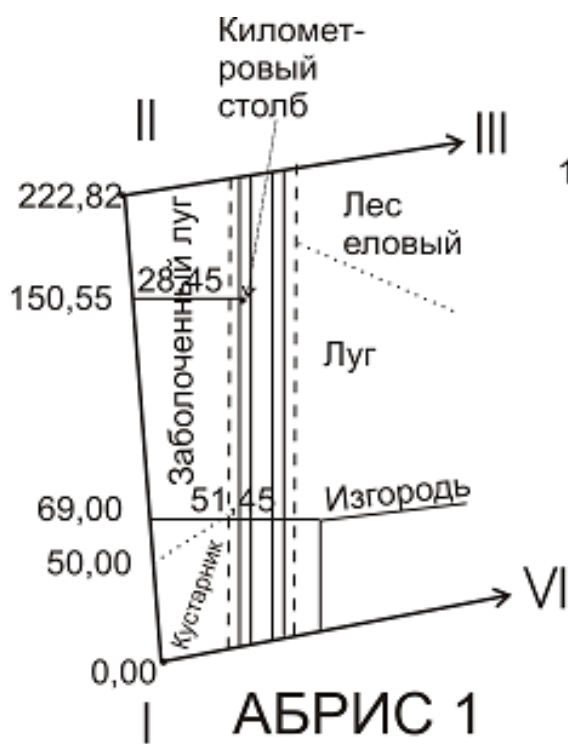


Рис. 3.5. Абрисы 1-4 теодолитной съёмки

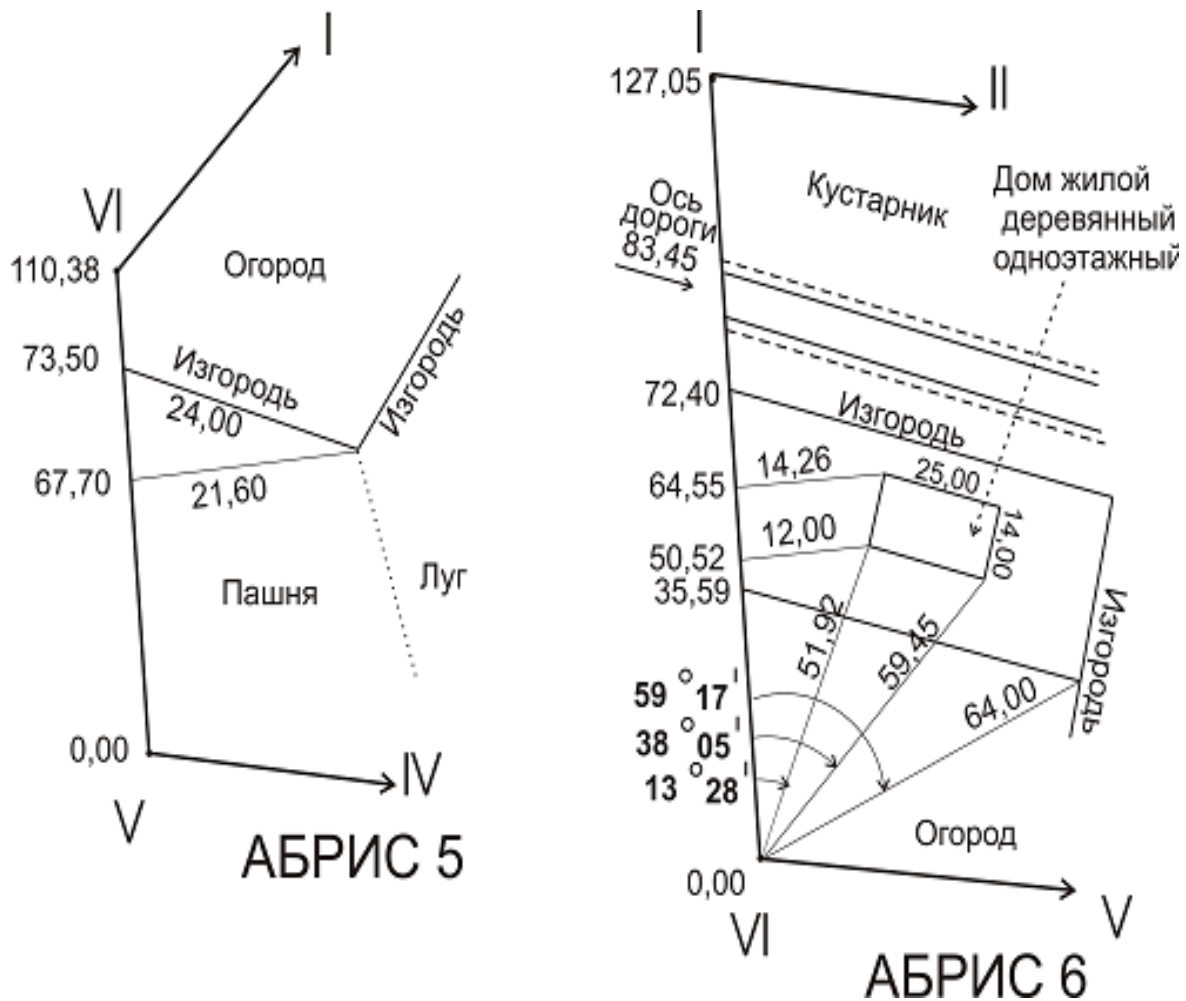


Рис. 3.6. Абрисы 5, 6 теодолитной съёмки

ТЕМА 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Цель изучения темы: получить представление о тахеометрической съёмке, научиться обрабатывать полевые материалы и строить топографические планы.

План работы

Модуль 1. *Сущность тахеометрической съёмки.*

Модуль 2. *Обработка журнала тахеометрической съёмки.*

Модуль 3. *Построение тахеометрического плана.*

Расчетно-графическая работа № 4. *Обработка результатов тахеометрической съёмки и построение топографического плана.*

Модуль 1. Сущность тахеометрической съемки

Слово “тахеометрия” в переводе с греческого означает “быстрое измерение”. Быстрота измерений при тахеометрической съемки достигается тем, что положение снимаемой точки местности (речной точки) в плане и по высоте определяется при одном наведении зрительной трубы прибора на рейку, установленную в точке 2 (рис. 4.1) методом полярных координат (вершина угла – полюс, сторона ориентирования – линия 29-I – полярная ось).

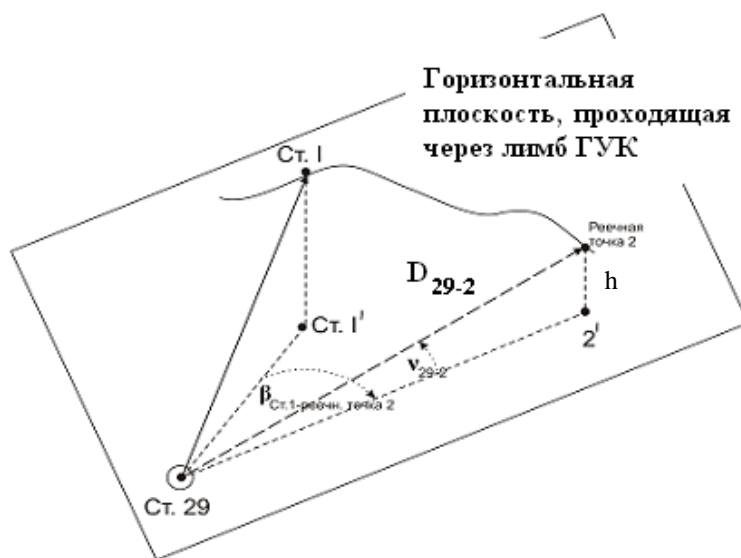


Рис. 4.1. Принципиальная схема тахеометрической съёмки

Тахеометрическая съемка выполняется с помощью электронных тахеометров, а также могут применяться технические теодолиты.

Плановой и высотной основой для тахеометрической съемки служат теодолитно-нивелирные или тахеометрические ходы, базирующиеся на пунктах опорной съемочной геодезической сети. Съемка объектов ситуации и рельефа производится с точек (станций) съемочной сети, для которых по результатам привязки к государственной геодезической сети рассчитаны координаты X , Y и абсолютная высота H_a . Плановое положение и высоты речных точек (рис. 4.1, речная точка 2) определяются со станций полярным способом. При этом измеряется горизонтальный угол β между полярной осью (рис. 4.1, ось 29-I) и направлением на речную точку 2, наклонное расстояние до речной точки D и угол наклона ν (если съемка производится техническими теодолитами) или превышение h (если съемка производится тахеометрами).

При съемке подробностей на каждой станции ведется **абрис** (рис.4.2), на котором схематически показывают станции, номера

реечных точек, контуры угодий, местные предметы и названия, а также, стрелками указывают направления понижения рельефа между реечными точками. Числовые результаты измерений записываются в тахеометрическом журнале. По результатам измерений, произведенных на станциях, составляется в камеральных условиях топографический план снимаемого участка местности. Имеются тахеометры-автоматы, позволяющие составлять станционные топографические планы непосредственно на местности.



Рис. 4.2. Абрис тахеометрической съёмки

Процесс тахеометрической съёмки состоит из четырех стадий работы:

1. Рекогносцировка, выбор точек съёмочной сети и закрепление их на местности.
2. Измерения по созданию съёмочной сети – прокладка тахеометрического хода.
3. Тахеометрическая съёмка ситуации и рельефа тригонометрическим нивелированием.
4. Камеральная обработка результатов полевых измерений и составление топографического плана.

Порядок наблюдений на станции при прокладке тахеометрического хода

1. Устанавливают прибор над точкой, центруют и горизонтируют.
2. Измеряют высоту прибора (i) с точностью до ± 1 мм ($0,01$ м) и отмечают на двух рейках.
3. Визируют на высоту i задней рейки, измеряют расстояние по дальномеру, берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, фиксируют отсчетом высоту вехи (ℓ), если визируют не i .

4. Визируют на рейку передней точки хода, производят такие же измерения.
5. Переводят трубу через зенит, визируют на переднюю точку, производят измерения.
6. Визируют на заднюю точку и повторяют измерения.
7. Данные измерений заносят в журнал тахеометрической съёмки, результаты измерений обрабатывают сразу же. Если погрешности в расстояниях, горизонтальных углах и углах наклона допустимы, рассчитывают средние значения, записывают в журнал и переходят на следующую точку хода.

Общий порядок наблюдений на станции при проведении съёмки ситуации и рельефа

1. Прибор на станции центрируют, горизонтируют и ориентируют по линии съёмочной сети.
2. Измеряют высоту прибора и отмечают ее на обеих рейках.
3. Составляют абрис местности, где намечают все речные точки (плановые и высотные), наносят станцию, линию ориентирования, контуры местных объектов, характерные линии рельефа и соединяют стрелками точки, между которыми необходимо производить интерполяцию при построении горизонталей.
4. При одном положении вертикального круга (при КЛ) визируют на i , отмеченную на рейке, измеряют расстояние, берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.
5. Данные измерений заносят в журнал тахеометрической съёмки. Закончив измерения по всем речным точкам на станции, проверяют ориентирование прибора.

Модуль 2. Обработка журнала тахеометрической съёмки

Последовательность обработки журнала тахеометрической съёмки заключается в следующем.

Вычисление горизонтальных проложений - d

Горизонтальные проложения d вычисляются от станций до речных точек по формуле: $d = D \cdot \cos^2 \nu$, (4.1)

где D – расстояние по нитяному дальномеру до речной точки, ν – угол наклона со станции на речную точку при визировании на высоту инструмента i или произвольную высоту V .

Пример: В табл. 4.1. прибор установлен на ст. 29, лимб ориентирован на ст. 1, визируют на речную точку 1. Определим горизонтальное проложение $d_{29-1} = 43 \cdot \cos 2^\circ 18' = 42,9 \text{ м}$.

Значения горизонтальных проложений d записывают в соответствующую графу журнала с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше 2 градусов, то горизонтальное проложение d принимают практически равным измеренному расстоянию D по наклонной линии.

Вычисление углов наклона на речные точки

Углы наклона на речные точки измеряют при круге лево. В значении угла наклона необходимо учитывать место нуля. Для этого на каждой станции перед началом тахеометрической съёмки берут отсчеты по ВУК для любой точки при двух положениях вертикального круга, затем вычисляют место нуля ВУК. Формула вычисления места нуля зависит от того, каким теодолитом производятся измерения, она указывается в паспорте к прибору. Например, оптического теодолита 2Т30 формула расчёта M_0 :

$$M_0 = \frac{KЛ + КП}{2}. \quad (4.2)$$

Полученное значение записывают в первую строку журнала напротив номера станции и используют для вычисления углов наклона на все речные точки, отснятые с этой станции. Вычисление углов наклона осуществляется по формуле: $v = KЛ - M_0$.

(4.3)

Вычисление превышений на речные точки

Если при определении углов наклона визируют на высоту инструмента i , тогда высота визирования равна высоте инструмента, т.е. $i = V$ и превышения речных точек относительно станции определяют по формуле:

$$h' = h = d \cdot \operatorname{tg} v. \quad (4.4)$$

Вычисленные значения превышений записывают в соответствующую графу журнала с округлением до сотых долей метра.

Пример: Визировали на речную точку 2 (табл. 4.1.) со ст. 29 на высоту инструмента i ($i = V$). Превышение между ст.29 и речной точкой 2 вычисляется $h_{29-2} = h'_{29-2} = d_{29-2} \cdot \operatorname{tg} v_{29-2} = 42,9 \cdot \operatorname{tg}(-2^\circ 18') = -1,72 \text{ м}$.

Если при определении вертикальных углов визируют не на высоту инструмента ($i \neq V$), то превышения речных точек относительно станции вычисляют по формуле: $h = h' + i - V$,

(4.5)

где i — высота инструмента на станции; V - высота наведения средней

горизонтальной нити на вертикально установленную на съёмочном пикете рейку.

Пример: Визировали на речную точку 1 (табл. 4.1.) со ст. 29 на высоту 2,0 м, высота инструмента i на ст. 29 равна 1,49 м. Тогда превышение между ст. 29 и речной точкой 1 вычисляется по формуле $h_{29-1} = h'_{29-1} + i_{29} - V_{29-1} = -1,72 + 1,49 - 2,0 = -2,23$ м

Вычисление абсолютных высот речных точек – H_A

Вычисление высотных отметок речных точек производится по правилу: высотная отметка речной точки равна высотной отметки станции, с которой снималась эта точка плюс превышение между ними. Превышение берется со своим знаком.

Пример: Из табл. 4.1. $H_{ст.29} = 108,08$ м, превышение между ст. 29 и речной точкой 1 равно -2,23 м. Тогда $H_{м.1} = H_{ст.29} - h_{29-1} = 108,08$ м - 2,23 м = 105,85 м.

Модуль 3. Построение топографического плана

Построение плана тахеометрической съёмки состоит из построения координатной сетки, выноса точек съёмочной сети по координатам и нанесения на план ситуации и рельефа местности по результатам съёмки.

Составление плана включает:

- построение координатной сетки (см. Тема 3, Модуль 2);
- нанесение пунктов (точек) высотно-теодолитных ходов по координатам их вершин;
- нанесение речных точек полярным способом на топографический план для построения контуров и рельефа местности по данным тахеометрического журнала (табл. б) и абриса (рис. 4.2);
- построение по контурам объектов местности (ситуации) (см. Тема 3, Модуль 2);
- проведение горизонталей, т.е. построение рельефа;
- оформление плана.

Рассмотрим построение части плана тахеометрической съёмки (рис. 4.3). На план по координатам нанесены лишь станции 29, I и II (табл. 4.1.). Координатная сетка строится на чертежной бумаге с помощью линейки Ф.В. Дробышева. Вычерчивают координатную сетку со стороной 10x10 см (тема 3, модуль 2). Линии сетки по осям координат оцифровывают в зависимости от масштаба съёмки (оцифровка координатных осей должны быть кратной выбранному масштабу).

ЖУРНАЛ ТАХЕО

Дата 18 июля 1990 г., Наблюдатель Козлов О.Н.,

№ № пикетов, станций	Расстояние, измеренное нитяным дальномером, м $D = n_H - n_B$	Отсчеты		Угол наклона $v = \text{КЛ} - \text{МО}$ ° '
		по горизонталь ному (полярный угол), β	по вертикаль ному, КЛ	
1	2	3	4	5
Ст. пп.29, X=1007,60; Y=2010,00, На = 108,08 м, i = 1,49 м, МО=0°01',				
I	0° 00'			
I	43,0	7° 10'	-2° 17'	-2° 18'
2	24,0	27° 05'	-0° 14'	-0° 15'
3	46,2	57° 10'	-3° 37'	-3° 38'
4	90,1	75° 12'	-5° 42'	
5	82,0	104° 03'	-3° 43'	
6	90,0	157° 05'	-4° 15'	
7	56,0	106° 11'	-5° 27'	
8	28,1	106° 15'	-5° 23'	
9	24,0	175° 06'	-3° 09'	
10	59,0	125° 20'	-5° 0'	
11	68,5	167° 02'	-4° 19'	
12	64,0	190° 06'	-3° 52'	
13	72,2	214° 08'	-4° 48'	
14	22,0	275° 00'	-3° 25'	
15	76,4	236° 05'	-5° 14'	
16	127,5	246° 10'	-3° 58'	
17	120,0	258° 20'	-3° 48'	
18	68,3	268° 17'	-3° 53'	
19	75,0	287° 30'	-5° 08'	
20	112,5	290° 13'	-5° 05'	
21	80,0	311° 15'	-4° 58'	
22	50,5	324° 14'	-4° 43'	

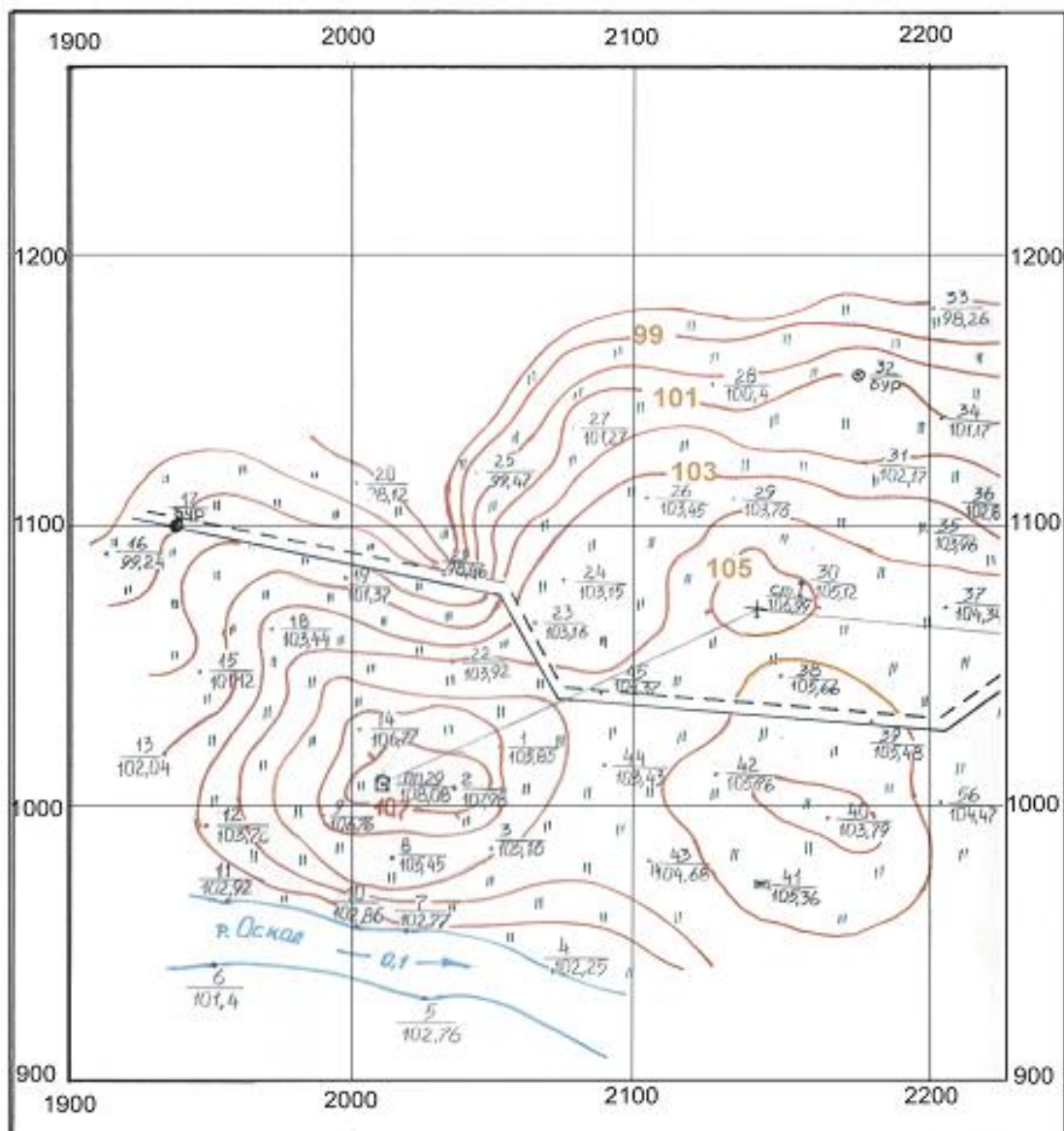
Таблица 4.1.

МЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Вычислитель Сапрунов С.М., Теодолит 2Т30 № 25784

Горизонтальное проложение, м $d = D \cos^2 v$	Превышение, м $h' = d \cdot \operatorname{tg} v$ (+ / -)	Высота визирования, м V	Превышение, м (+ / -) $h = h' + i - V$	Высотн. отметка, м $H = H_a + h$	Примечание
6	7	8	9	10	11
Лимб ориентирован на ст. I, Круг лево (КЛ)					
42,9	-1,72	2,00	-2,23	105,85	
24,0	-0,10	1,49	-0,10	107,98	
46,0	-2,92	1,49	-2,92	105,16	
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			
		1,49			

Топографический план участка пп.29



Снимал: Иванов И.И.
План ориентирован по
дирекционному
направлению

1:2000
в 1 см 20 м

40 0 40 80 120

Сплошные горизонтали
проведены через 1 метр

Система высот Балтийская

План составлен по
данным тахеометрической
съёмки 2004 г.

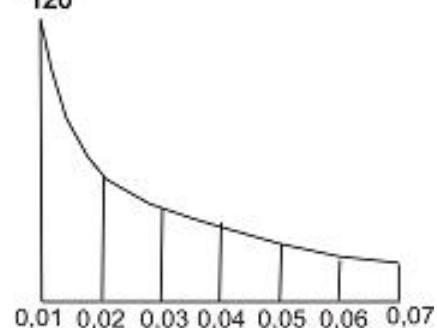
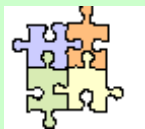


Рис. 4.3. План тахеометрической съёмки

Пункты съемочного обоснования или станции наносят по координатам их вершин, взятым из ведомости вычисления координат ($X_{29} = 1007,60$; $Y_{29} = 2010,00$; $X_I = 1007,60$; $Y_I = 2010,00$; $X_{II} = 1007,60$; $Y_{II} = 2010,00$).



ПРИМЕРЧАНИЕ

Координаты вершин тахеометрического хода предварительно вычисляют в ведомости вычисления координат точек опорного замкнутого тахеометрического хода. В целях упрощения выполнения работы, координаты точек хода приведены как исходные данные в таблице “Журнал тахеометрической съемки” (табл. 4.1).

Положение нанесенных точек хода проверяют, сравнивая расстояния между ними, измеренные непосредственно на плане, с длинами горизонтальных проекций сторон тахеометрического хода, взятых из журнала тахеометрической съемки.

Нанесение съемочных пикетов на каждой станции производится также, как и съемка, – полярными координатами, используя для этого геодезический транспортир (для откладывания горизонтальных углов β). Тахеограф увеличивает производительность выноса реечных точек на план. Транспортир укладывают на плане, совмещая центр его полуокружности с изображением станции, а нулевой диаметр транспортира ($0^\circ \dots 180^\circ$ или $180^\circ \dots 360^\circ$) – с направлением, принятым на данной станции за начальное. После чего по градусной полуокружности с округлением до $30'$ карандашом отмечают направления сразу на все точки одной полуокружности ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$) и около полученных отметок ставят номера соответствующих реечных точек.

Убрав транспортир, последовательно направляют масштабную линейку (не прочерчивая самих направлений) на отмеченные на плане точки и по ее скошенному ребру в масштабе плана откладывают соответствующие горизонтальные расстояния до наблюдаемых точек (пикетов).

Накол точки измерителем окончательно фиксирует положение съемочного пикета. Рядом с наколом точки ставят в числителе ее номер, а в знаменателе – высоту, округленную до $0,01$ м.

По нанесенным на план реечным точкам, в соответствии с абрисом (рис.4.2) и примечаниями в полевых журналах тушью вычерчивают контуры объектов местности.

Проведение горизонталей между соответствующими точками плана с известными высотными отметками осуществляют графическим

интерполированием; его выполняют только по направлениям, отмеченным в абрисе стрелками (рис.4.2).

При проведении горизонталей через намеченные интерполированием точки учитывают следующие обстоятельства:

Графическое интерполирование горизонталей проводится с помощью палетки, вычерченной на прозрачной кальке (рис. 4.4.).

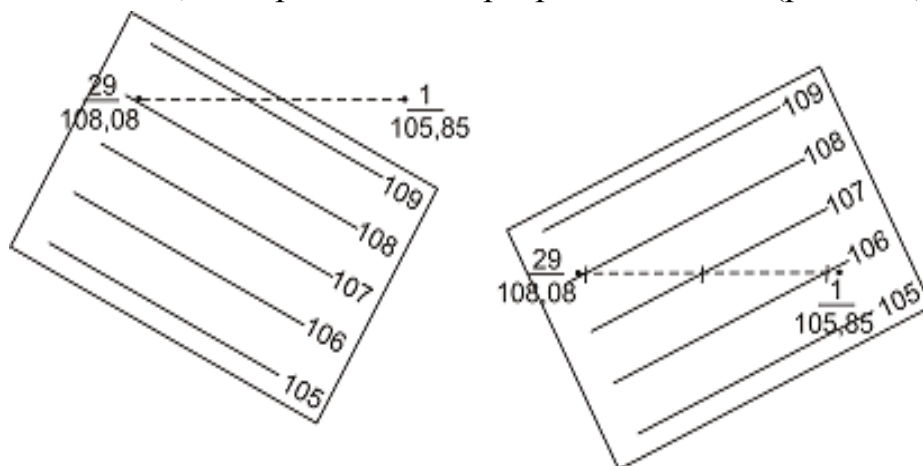


Рис. 4.4. Графическое интерполирование с помощью палетки

Пусть на линии 29-1 (рис.4.4), отметки точек 29 и 1 которой равны соответственно 108,08 и 105,85 м, требуется найти положение горизонталей с отметками, кратными выбранной высоте сечения рельефа $h = 1$ м, т.е. 108, 107 и 106 м.

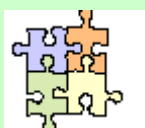
На листе кальки через одинаковые расстояния (например, 5 или 10 мм) проводят ряд параллельных линий, которые оцифровываются согласно отметкам горизонталей и принятому сечению рельефа.

Для интерполяции по линии 29-1 (рис. 4.4.) палетку накладывают на план так, чтобы одна из точек, например 29, заняла положение между параллельными линиями палетки соответственно своей отметке 108,08. Проколов осторожно кальку в намеченной точке и удерживая острие иглы измерителя в ней, поворачивают кальку вокруг иглы так, чтобы точка 29, видимая через кальку, расположилась между линиями 109 и 108 и заняла положение, соответствующее ее отметке 108,08.

Закрепив в этом положении палетку, перекалывают иглой измерителя (или накалывают острием карандаша) на план точки пересечения линии 29-1 плана с линиями кальки и подписывают их отметки (равные отметкам соответствующих параллельных линий, т.е. 108, 107, 106).

Аналогично проводится интерполяция по всем остальным направлениям, указанным стрелками в абрисе (рис. 4.2).

Рисовка горизонталей представляет собой соединение плавными кривыми линиями одинаковых по высоте точек, положение которых найдено интерполированием. Прежде всего, проводят горизонталю обрисовывающую вершину и подножье возвышенности или, наоборот, нижнюю и верхнюю части понижения (лощины, котловины). Этим как бы создают систему опорных горизонталей. Затем проводят промежуточные горизонталю. Их рисунок, уточняя детали ската, как правило, повторяет изгибы опорных горизонталей.



ПРИМЕЧАНИЕ

Может оказаться, что при данном расстоянии между параллельными линиями уложить на плане кальку соответственно отметкам двух данных точек плана не удастся. На этот случай целесообразно иметь несколько палеток с разными расстояниями между параллельными линиями.

Оформление плана начинают с вычерчивания рамки. Рамку подписывают в зависимости от координат вершин сетки квадратов в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500». Над северной стороной рамки плана выполняют заглавную подпись; под южной указывают численный масштаб плана, высоту сечения рельефа, график заложений.

В учебных целях на плане участка местности, составленном по материалам тахеометрической съемки, сохраняют положение речных точек, их номера и отметки. Пример оформления плана в горизонталях приведен на рис.4.3.

РАССЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Обработка результатов тахеометрической съемки и построение топографического плана

ЗАДАНИЕ

Обработайте журнал тахеометрической съемки. Вычислите превышения речных точек относительно станций, с которых они снимались, а также рассчитайте отметки речных точек. По результатам обработки постройте топографический план в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 0,5 м.

Съемочным обоснованием является разомкнутый теодолитный ход с проложенным по нему нивелирным ходом. Результаты измерений приведены в табл. 4.2 журнала тахеометрической съемки. Координаты точек тахеометрического хода, предварительно рассчитанные в ведомости вычисления координат (ведомость вычисления координат для данного задания не приводится), внесены

в колонку 1 табл.4.2

Ситуацию и рельеф вычертить, согласно абрисам (рис. 4.5) и в соответствии с таблицами условных знаков для топографических планов.

Измерения велись теодолитом Т30.

Данные съемки ситуации и рельефа представлены в абрисах.

Материалы к сдаче:

1. обработанный журнал тахеометрической съемки;
2. абрисы местности;
3. план тахеометрической съемки в масштабе 1:2000 при сечении рельефа 0,5 м, выполненный на графическом листе.

Титульный лист оформить в соответствии с требованиями (Приложение 1).

Абрис ст. I



Абрис ст. II



Абрис ст. III



Рис. 4.5. Абрисы тахеометрической съёмки

Рис. 4.5. Абрисы тахеометрической съёмки

**Задание на обработку результатов
ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТ**

Станции	Реечные точки	Высота визирования V, м	Отсчеты по рейкам		Расстояние измеренное нитяным дальномером D, м	Отсчеты при КЛ			
			по нижней нити, мм	по верхней нити, мм		ГУК		ВУК	
						градусы	минуты	градусы	минуты
I	2	3	4	5	7	8	9	10	11
I	II		2292	792		0	00	359	56,2
i=1,45 м	1		1766	578		62	41	2	24
X=6495,88 м	2		1941	1198		94	12	2	08
Y=4447,8 м	3		1833	1093		275	18	358	35
H _A =18,63 м	4		2004	953		299	31	358	21
II	III		2446	700		0	00	359	59,6
i=1,51 м	5		2036	752		57	10	0	02
X=6345,6 м	6		1742	712		69	25	0	46
Y=4472,2 м	7		2141	1303		253	30	357	03
H _A =18,41 м	8		2060	969		305	41	357	44,5
	9	2,40	2991	1813		351	12	358	29
III	II		2318	578		0	00	0	03,1
i=1,38 м	10	2,0	2558	1420		59	38	358	11,7
X=6173,2 м	11		1744	720		119	10	358	29
Y=4458,2 м	12		1811	871		226	15	0	50
H _A =18,32 м	13		1830	768		286	39	359	00
	14		1928	902		264	11	359	39
	15		1955	895		253	08	0	01
	16		1981	945		243	20	0	24
	17		2005	1075		233	12	0	36

(*) формула расчета угла наклона корректируется в соответствии с

Таблица 4.1

**тахеометрической съемки
РИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

Место нуля МО		Угол наклона $v = \text{КЛ-}$ $\text{МО}^{(*)}$		Горизонтальное продолжение $d=D$	Превышения		Абсолютная высота, м	Примечания
градусы	минуты	градусы	минуты		табличные $h' = D/2 \sin 2v$, м или $h' = d \operatorname{tg} v$	Рассчитан ные $h = h' + i - l$, м		
12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1,2							
0	1,3							
0	1,4							

ИСПОЛЬЗУЕМЫМ ТЕОДОЛИТОМ

ТЕМА 5. ИЗМЕРЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ

Цель изучения темы: получить представление об основных методах нивелирования и освоить геометрическое нивелирование.

План работы

Модуль 1. *Методы нивелирования*

Модуль 1. *Способы геометрического нивелирования*

Модуль 1. Методы нивелирования

При решении большого количества задач в строительстве магистральных нефтегазопроводов и нефтегазохранилищ необходимо знать относительные и абсолютные высоты точек, то есть профиль местности по оси трубопроводов для чего измеряют превышения различными методами нивелирования.

В зависимости от применяемых приборов различают следующие методы нивелирования.

- 1) *Геометрическое нивелирование.* Выполняется нивелиром, работающим горизонтальным лучом визирования. Средняя квадратическая погрешность от $\pm 0,5$ до 5 мм на 1 км расстояния. В нивелировании с технической точностью погрешность составляет 25 мм.
- 2) *Тригонометрическое нивелирование.* Выполняется теодолитом или тахеометром, наклонным лучом визирования. Превышение вычисляют по формулам тригонометрии после измерения расстояния между точками и угла наклона линии. Если применяется теодолит, то погрешность достигает ± 40 мм на 100 м расстояния.
- 3) *Гидростатическое нивелирование.* Основано на свойстве жидкости – находиться на одинаковом уровне в сообщающихся сосудах. Метод имеет высокую точность – средняя квадратическая погрешность от $\pm 0,2$ до 2 мм при расстояниях между точками до 50 м.
- 4) *Барометрическое нивелирование.* Выполняется барометром анероидом (МД-49-2) или микробаронивелирами (МБНП). Превышение определяется по разности давлений, измеренной одновременно на базовой и съемочной точках. Точность метода – 0,5–2,0 м на 1 км расстояния.
- 5) *Лазерное нивелирование.* Выполняется лазером ПИЛ-1. Позволяет видеть плоскость, линию, определять превышения с погрешностью ± 10 мм на расстоянии до 250 м.
- 6) *Механическое нивелирование.* Производится при помощи

профилографов, устанавливаемых на велосипедах или автомашинах. Профиль вычерчивается в движении автоматически с погрешностью $\pm 0,1-0,3$ м на 1 км расстояния.

Из всех методов нивелирования наиболее часто применяют геометрическое нивелирование.

Модуль 2. Способы геометрического нивелирования

Для определения превышения одной точки (B) над другой (A) на эти точки вертикально устанавливаются рейки нивелирные (рис. 5.1), отсчёты берутся по рейкам при горизонтальном положении визирной оси нивелира, превышение вычисляется как разность отсчетов:

$$h_B = a - b. \quad (5.1)$$

Зная абсолютную высоту точки A (H_A), легко найти абсолютную высоту H_B точки B : $H_B = H_A + h_B$.

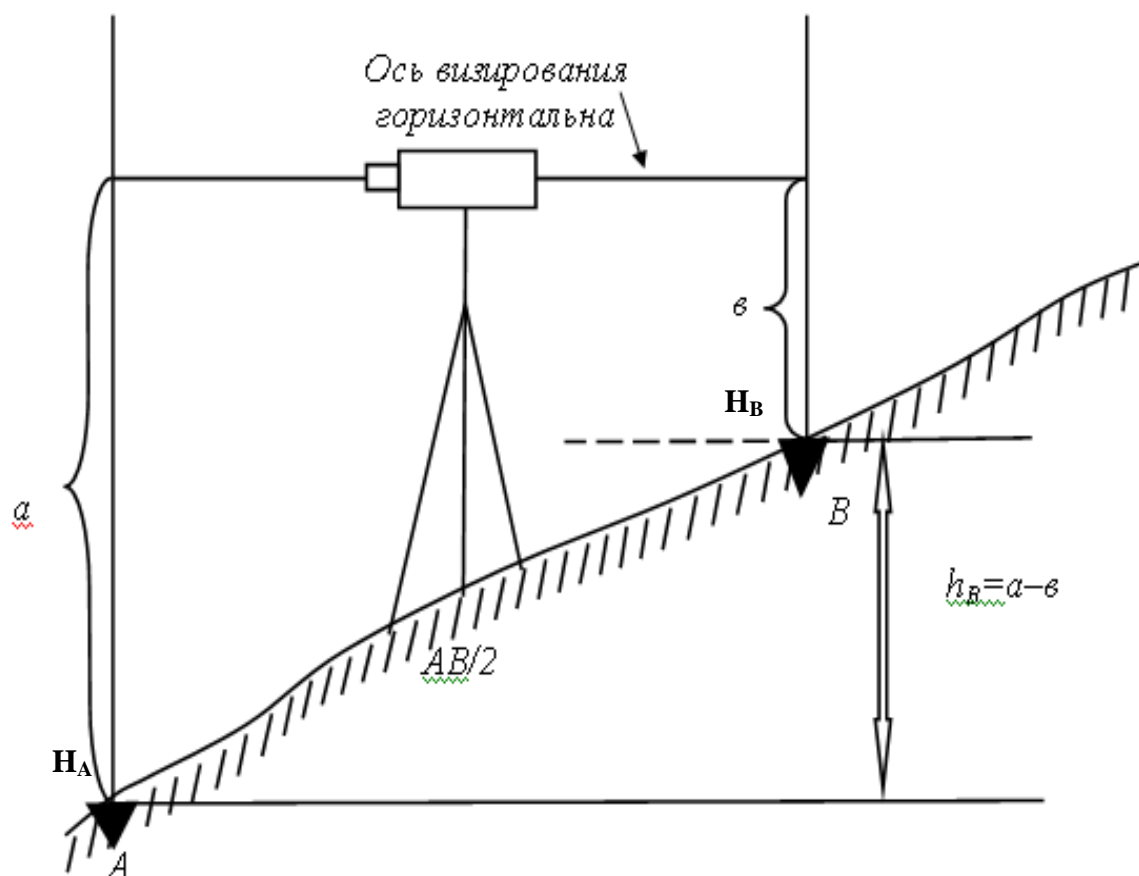


Рис. 5.1. Принцип геометрического нивелирования ($AB/2$ – середина отрезка AB)

Различают два способа геометрического нивелирования: нивелирование “из середины” и нивелирование “вперед”.

При нивелировании из середины прибор устанавливают между точками A и B , называемыми **пикетами** и обозначаемыми ПК с номером (рис. 5.2). Тогда точка B (ПК1) называется *передней*, точка A (ПК0) – *задней*, отсчет “ v ” – *передним отсчетом*, “ a ” – *задним отсчетом*, рейка в точке B – *передней рейкой*, в точке A – *задней рейкой*. Превышение будет равно разности отсчетов по задней и передней рейкам, если ось визирования горизонтальна:

$$h_{\text{ПК1}} = a - v. \quad (5.2)$$

Если ось визирования не совпадает с горизонтом (рис. 5.2), то возникает погрешность x , равная для отсчетов a и v по рейкам, когда прибор находится точно посередине ($AB/2$). В этом случае, погрешность x компенсируется: $h_{\text{ПК1}} = (a+x) - (v+x)$.

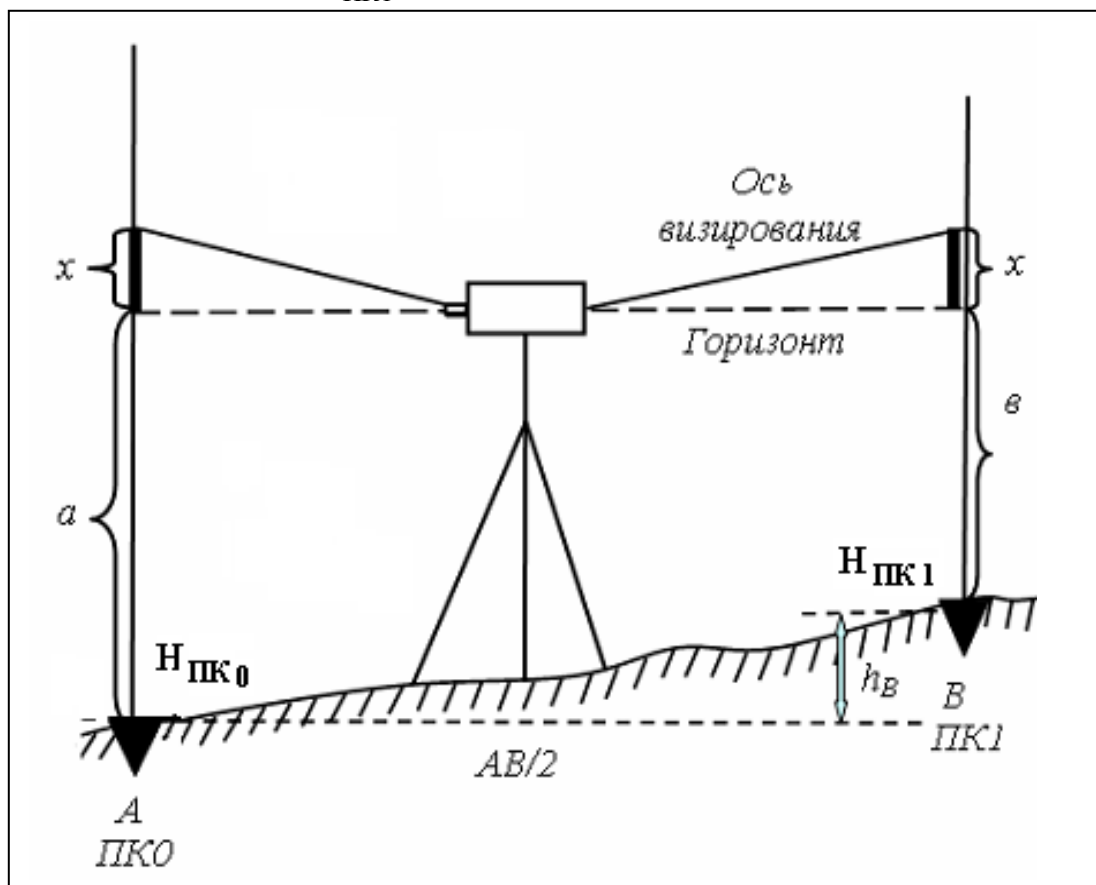


Рис. 5.2. Нивелирование «из середины»: визирная ось зрительной трубы не горизонтальна

При нивелировании вперед окуляр прибора должен находиться на одной отвесной линии с ПК0 (рис. 5.3). Измерив высоту прибора i и взяв отсчет по передней рейке “ v ” получают превышение:

$$h_{ПК1} = i - v. \quad (5.3)$$

При отклонении луча визирования от горизонта возникающая погрешность x не компенсируется: $h_{ПК1} = i - (v+x)$.

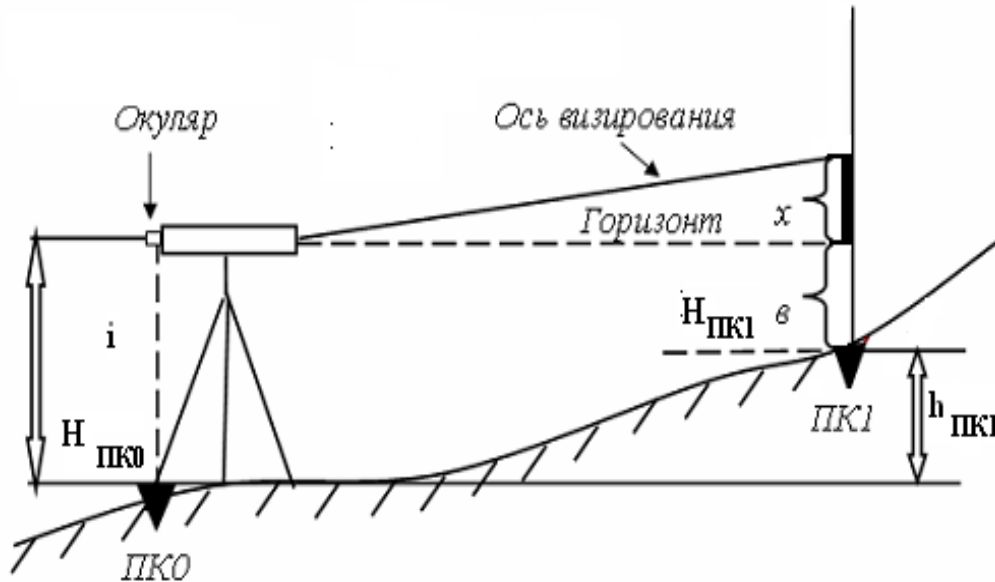
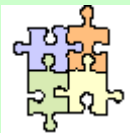


Рис. 5.3. Нивелирование «вперед»: ось визирования не горизонтальна

При известных абсолютной отметке ПК0 ($H_{ПК0}$) и превышении $h_{ПК1}$ отметка $H_{ПК1}$ будет равна

$$H_{ПК1} = H_{ПК0} + h_{ПК1}. \quad (5.4)$$



ПРИМЕЧАНИЕ

В практике для нивелирования связующих точек применяется главным образом способ нивелирования из середины. Его преимущества по сравнению со способом нивелирования вперед в том, что исключается возможная погрешность при невыполнении главного условия (параллельности визирной оси и оси уровня для нивелиров с уровнем при зрительной трубе), отчего ось визирования отклоняется от горизонта. Если нивелир расположен точно посередине между рейками, то изменение обоих отсчетов на величину x не повлияет на измеренное превышение.

ТЕМА 6. НИВЕЛИРЫ

Цель изучения материала: получить представление о нивелирах с цилиндрическим уровнем при трубе и автоматических нивелирах с компенсатором

План работы

Модуль 1. Устройство нивелиров и реек

Модуль 2. Поверки нивелиров и реек

Модуль 1. Устройство нивелиров и реек

Нивелиром называется прибор, работающий строго горизонтальным лучом визирования.

Установить визирную ось в горизонтальное положение можно *двумя способами*.

1. С помощью цилиндрического уровня при зрительной трубе (если выполнено главное условие – визирная ось и ось уровня параллельны).

2. С помощью компенсатора, который обеспечивает автоматическую установку визирной оси в горизонтальное положение.

Конструктивные особенности нивелиров:

- в соответствии с двумя способами установки визирной оси в горизонтальное положение нивелиры делят на две группы: *нивелиры с цилиндрическим уровнем* и *нивелиры самоустанавливающиеся (с компенсатором)*;
- наличие горизонтального круга (лимба) у некоторых нивелиров.

при аналогичных конструктивных решениях нивелиры делятся по точности: *высокоточные* (для нивелирования I и II классов), *точные* (для нивелирования III и IV классов) и *технические*.

В последнее время широкое распространение при строительных работах получили новые классы инструментов – лазерные (лазерные построители плоскости) и цифровые нивелиры.

Лазерные нивелиры (рис. 6.1) имеют высокую точность, которая обусловлена свойством лазерного излучения – узкой диаграммой направленности (световая точка на расстоянии нескольких десятков метров от прибора имеет такой же диаметр, как и при выходе из нивелира). Для обеспечения точности и стабильности лазерной плоскости, в конструкции некоторых моделей лазерных нивелиров устанавливается компенсатор и система стабилизации луча. Все вибрации, возникающие на строительной площадке во время работы

тяжелой техники, автоматически корректируются.

Для обеспечения высокой точности и увеличения расстояния нивелирования используют приемник лазерного излучения, который предназначен для определения положения лазерной плоскости и позволяет увеличить радиус действия прибора до 150 м (в зависимости от типа прибора) (рис. 6.2). В основе этих приемников лежат фотоэлектрические датчики, улавливающие импульсное попадание лазерного луча на фотоэлектрическую пластину. Во время производства измерений приемник лазерного излучения перемещается вдоль рейки до появления показаний на индикаторе, после чего берется отсчет по шкале рейки. Некоторые приемники лазерного излучения совмещены с пультом дистанционного управления лазерным нивелиром.



Во многих приборах для установки лазерной плоскости используется система автоматической нивелировки. Инструменты с автоматической нивелировкой и функцией задания уклона являются универсальными и хорошо себя зарекомендовали.

К основным преимуществам данного класса нивелиров относятся: возможность выполнения полного цикла работ одним исполнителем; простота управления прибором; самоустановка прибора в пределах 3° – 5° , блокировка компенсатора на время транспортировки лазерного уровня; возможность определения рабочего горизонта и вертикали сразу во всей рабочей зоне; ширина развертки лазерной плоскости в некоторых нивелирах достигает 140° .

Цифровые нивелиры – новые геодезические приборы, позволяющие выполнять те же работы, что и обычные оптические нивелиры. Отличительной особенностью является наличие электронного устройства с высокой точностью снимающего отсчеты по

специальной штрих-кодовой рейке (рис. 6.3). Оператору достаточно навести прибор на рейку, сфокусировать изображение и нажать на кнопку. Прибор выполнит измерение, отобразит на экране значения отсчета по рейке, а также расстояние до нее. Применение цифровых нивелиров позволяет исключить личные ошибки наблюдателя. Точность инструмента при нивелировании с использованием штрих-кодowych реек составляет $0,3 \div 2$ мм на 1 км двойного хода.

В соответствии с двойной классификацией (по конструктивным особенностям и по точности) приняты следующие обозначения нивелиров (точных и технических): Н-3; Н-10Л; Н-ЗК; Н-10КЛ.



Рис. 6.3. Цифровой нивелир

В последнем ГОСТе цифры (3, 10) – значение средней квадратической погрешности на 1 км двойного хода; буква Л – лимб; К – компенсатор. Следовательно, первые два нивелира – с цилиндрическим уровнем, вторые – самоустанавливающиеся.

Устройство нивелиров с уровнем при трубе

Точный нивелир Н-3 (обеспечивает определение превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода) служит для нивелирования III и IV классов и используется также для производства технического нивелирования.

Рассмотрим основные части нивелира Н-3 (рис. 6.4, табл. 6.1)

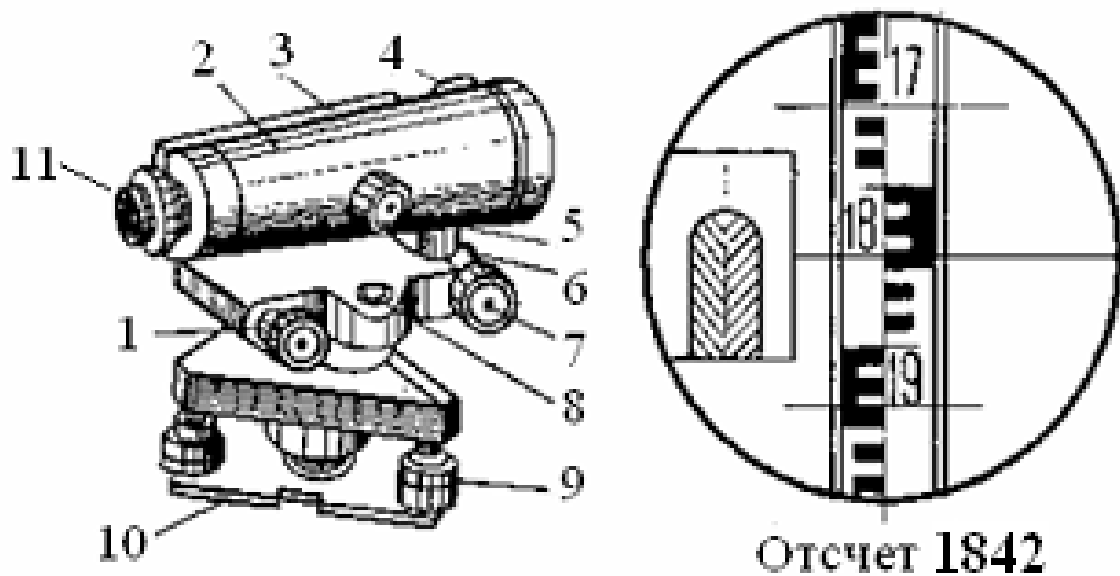


Рис. 6.4. Нивелир Н-3 и поле зрения его трубы

При нивелировании прибор устанавливают на штатив — приспособление в виде складной треноги и жестко фиксируют при помощи *станового винта*.

Предварительно прибор горизонтируют по круглому уровню с помощью трех подъемных винтов. Грубая наводка трубы на рейку производится по мушке, а затем уточняется наводящим винтом трубы при закрепленном закрепительном винте.

Точная установка *визирной оси* трубы в горизонтальное положение выполняется элевационным винтом и заключается в совмещении изображения концов пузырька уровня (рис. 6.5), которое с помощью призмной системы передается в поле зрения зрительной трубы.

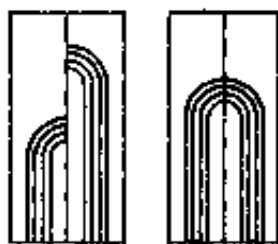


Рис. 6.5. Положения концов пузырька уровня: а) несовмещенное положение соответствует наклонному положению оси цилиндрического уровня; б) при совмещенном положении ось уровня горизонтальна

Таблица 6.1

Основные узлы и рукоятки нивелира и их назначение

№	Наименование	Назначение
1	Элевационный винт	Точное приведение визирной оси трубы в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню при зрительной трубе нивелира
2	Зрительная труба (внутреннее фокусирование имеет увеличение 30,5 ^x)	Увеличительный прибор для визуального наблюдения удаленных предметов, состоит из объектива, окуляра, фокусирующей линзы и сетки нитей
3	Цилиндрический уровень	Устройство, с помощью которого контролируется точное приведение в горизонтальное положение <i>оси визирования зрительной трубы</i>
4	Грубый визир (мушка)	Предназначен для грубого наведения прибора на рейку
5	Винт фокусировки зрительной трубы	Предназначен для фокусировки трубы по цели (рейке)
6	Закрепительный винт	Закрепление оси вращения прибора при взятии отсчетов по рейкам
7	Наводящий (микрометрический винт)	Предназначен для точного визирования на рейку. Работает при зажатом закрепительном винте
8	Круглый уровень	Контролирует предварительное горизонтирование прибора
9	Три подъемных винта	
10	Пружинящая пластина	Предназначен для жесткого соединения нивелира со штативом
11	Окуляр	Обеспечивает фокусирование зрительной трубы по сетке нитей

Цилиндрический уровень имеет четыре юстировочных (исправительных) винта, закрытых крышкой.

В начале резкое изображение сетки нитей получают вращением диоптрийного кольца окуляра, после чего резкое изображение рейки – фокусирующим винтом зрительной трубы.

Устройство нивелиров с компенсаторами

Технический нивелир Н-10КЛ – с самоустанавливающейся визирной осью (рис. 6.6) снабжен призмным компенсатором, обеспечивающим автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение с точностью 1" при наклонах подставки в пределах $\pm 20'$. Для того чтобы вступил в действие компенсатор, предварительно по круглому уровню (с ценой деления 10') приводят вертикальную ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью подъемных винтов 2. После чего компенсатор работает и удерживает визирную ось нивелира в горизонтальном положении. Зрительная труба, включая компенсатор и другие оптические детали, заключена в термоизоляционный кожух. Зрительная труба дает прямое изображение наблюдаемых предметов; фокусирование ее по цели осуществляется кремальерой 3.

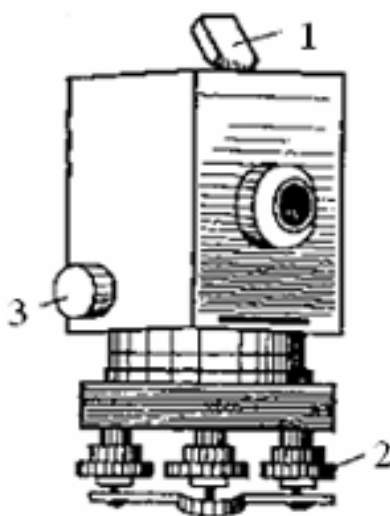
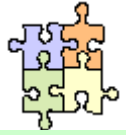


Рис. 6.6. Нивелир Н-10КЛ: 1) зеркало круглого уровня; 2) подъемные винты; 3) кремальера

Наведение зрительной трубы на рейку выполняется вращением нивелира рукой, так как прибор не имеет наводящего винта.

Юстировка положения визирной оси зрительной трубы может быть выполнена исправительными винтами сетки нитей. Нивелир имеет горизонтальный угломерный круг с ценой деления лимба 1° .



ПРИМЕЧАНИЕ

Существуют зрительные трубы прямого и обратного изображения.

Нивелирные рейки

Для производства технического нивелирования каждому нивелиру придаются обычно две однотипные **нивелирные рейки**, которые служат мерными приборами для определения превышений.

Нивелирная рейка представляет собой брусок прямоугольного сечения шириной 8 – 10 см, толщиной 2 – 3 см и длиной 3,0 – 4,0 м, изготовленный из выдержанной древесины либо алюминия. На рабочей поверхности рейки через определенный интервал нанесены штриховые или шашечные деления с надписями арабскими цифрами. Счет делений ведется от нижнего конца (*пятки*) рейки, устанавливаемой на точке. Нижний и верхний торцы рейки укреплены металлической оковкой из полосовой стали.

Применяют шашечные двусторонние трехметровые рейки (или складные трех- и четырехметровые) РН-3 и РН-10.

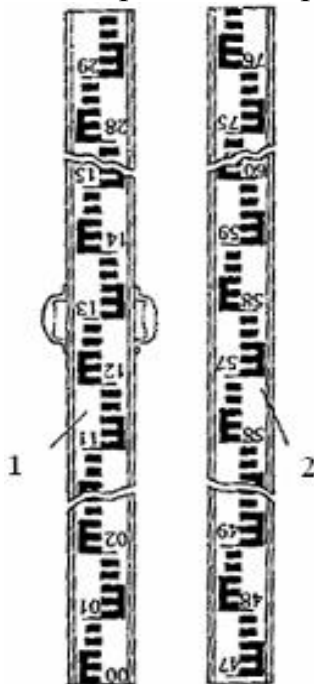


Рис. 6.7. Нивелирная рейка:

- 1) черная сторона,
- 2) красная сторона

Нивелирные рейки РН-3 – двусторонние шашечные рейки (рис. 6.7). По всей длине рейки нанесены сантиметровые чередующиеся шашки: на основной стороне – черные и белые (черная сторона), на другой, дополнительной – красные и белые (красная сторона). Дециметровые деления рейки оцифрованы; первые пять шашек каждого дециметра объединены в виде буквы Е, что значительно облегчает отсчеты.

На черной стороне реек счет делений идет от *пятки рейки*, с которой совмещен нуль; на красной стороне с пяткой реек совмещен отсчет 4687 или 4787 мм.

Рейки снабжаются круглыми уровнями и ручками. Отсчет по рейке берется по средней горизонтальной нити сетки нитей зрительной трубы.

Отсчет по рейке производится в следующем порядке: сначала считают по цифрам число целых дециметров до *средней горизонтальной*

нити сетки нитей. Затем подсчитывают число целых сантиметров (первые 5 см объединены вместе вертикальной чертой) и, наконец, определяют на глаз количество миллиметров в пределах сантиметровой шашки. В нашем примере (см. рис. 6.4) отсчет 1842 мм (18 дм, 40 см, 2 мм).

Рейка РН-10 – двусторонняя складная шашечная рейка длиной 4,0 м. Основная шкала имеет цену деления 1 см, дополнительная – 5 см. Рейки РН-10 обычно не имеют уровней.

Перед нивелированием производят *компарирование реек*, то есть сравнение их длины с точно известной длиной нормальной меры (стальной ленты, рулетки), определяя длины метровых интервалов и правильность нанесения дециметровых интервалов.

При проложении *нивелирных ходов* на рыхлых грунтах рейки устанавливают на переносные металлические башмаки (рис. 6.8), костыли (рис. 6.9) либо деревянные колья, вбитые в землю.

Нивелирные рейки, как и зрительные трубы, бывают *прямого и обратного изображения.*

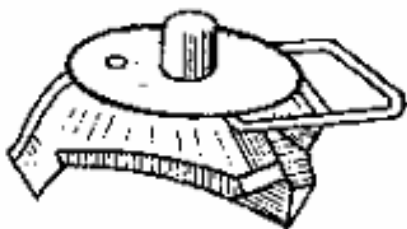


Рис. 6.8. Металлический башмак



Рис. 6.9. Костыль

Модуль 2. Поверки нивелиров и реек

Поверки нивелиров с цилиндрическим уровнем. Основные части нивелиров с цилиндрическим уровнем следующие: зрительная труба, цилиндрический уровень при трубе, круглый уровень, подставка.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Поверка и юстировка производятся так же, как цилиндрического уровня при горизонтальном круге теодолита.

Поверка 2. Горизонтальная нить сетки должна быть

перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Ось вращения нивелира устанавливают в отвесное положение по круглому уровню, визируют на рейку, находящуюся в 20–30 м от прибора, производят отсчеты по краям горизонтальной нити. Для этого плавно перемещают зрительную трубу наводящим винтом. Условие считают выполненным, если отсчеты отличаются не более чем на 2 мм.

Если условие не соблюдено, то поворачивают сетку нитей. Юстировку рекомендуется осуществлять в мастерской, так как доступ к винтам окулярной части затруднен.

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы (главное условие).

Поверку можно произвести различными способами. Один из них заключается в том, что на местности на расстоянии примерно 50 м забивают колышки в точках 1 и 2 (рис. 6.10) и определяют превышение точки 2 – (h_2) – дважды.

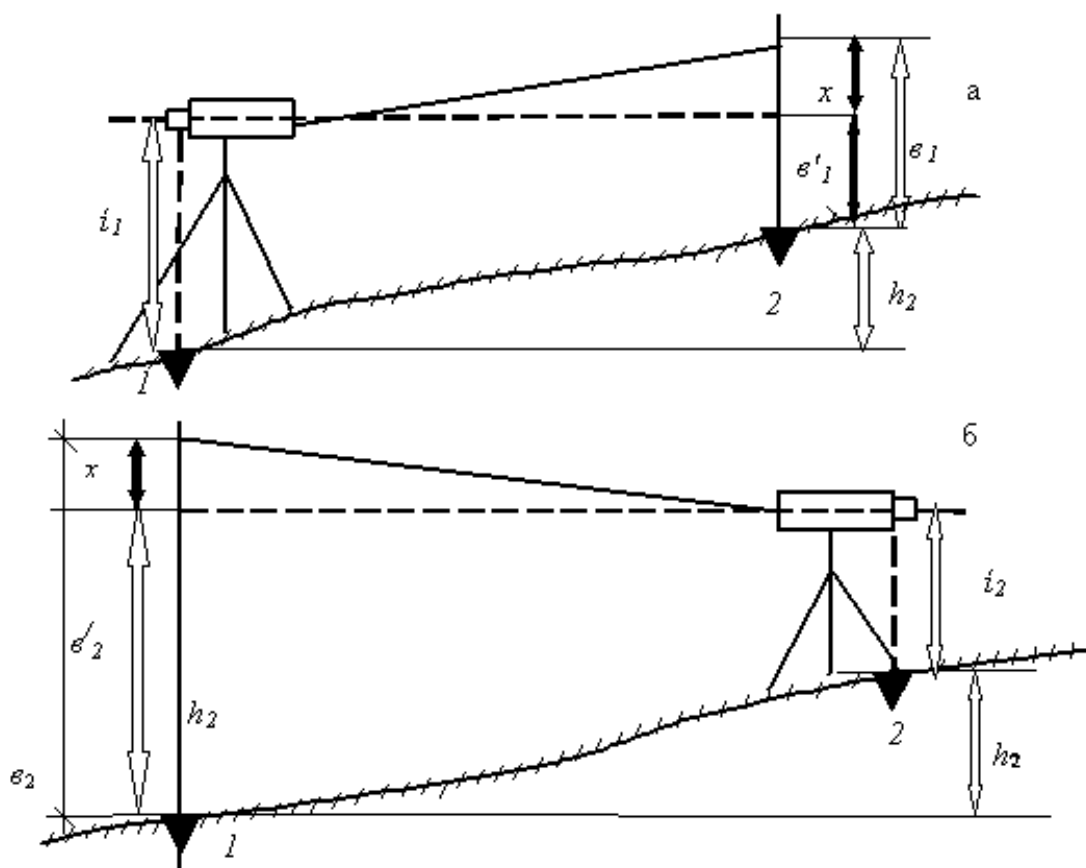


Рис. 6.10. Поверка визирной оси зрительной трубы

Первый раз нивелир устанавливают в точке 1, в точке 2 – рейку. Если главное условие не выполняется, т.е. визирная ось не параллельна

оси цилиндрического уровня, то вместо правильного отсчёта по рейке v'_1 будет отсчет v_1 , содержащий некоторую погрешность x . Действительное превышение будет

$$h_2 = [i - v'_1 = i_1 - (v_1 - x)], \quad (6.1)$$

затем нивелир и рейку меняют местами, и тогда

$$h_2 = v'_2 - i_2 = v_2 - x - i_2, \quad (6.2)$$

следовательно,

$$i_1 - (v_1 - x) = (v_2 - x) - i_2, \quad (6.3)$$

откуда

$$x = \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (6.4)$$

Юстировку можно не проводить, если:

- для нивелира Н-3 вычисленное значение $x \leq \pm 4$ мм;
- для нивелира Н-10КЛ вычисленное значение $x \leq \pm 10$ мм.

Если погрешность x больше приведенных величин, то необходимо устранить погрешность, действуя исправительными винтами цилиндрического уровня, предварительно установив горизонтальную нить сетки нитей на исправленный отсчет по рейке

Проверки нивелиров с компенсатором. У нивелиров с компенсаторами (т.е. у самоустанавливающихся) визирная ось приводится в горизонтальное положение автоматически после предварительного горизонтирования прибора по круглому уровню. Проверки таких нивелиров следующие.

Проверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Проверка выполняется так же, как для нивелиров с цилиндрическим уровнем.

Проверка 2. Компенсатор должен быть исправен.

Приводят нивелир в рабочее положение, по направлению одного из подъемных винтов устанавливают рейку, берут отсчет. Затем вращением подъемного винта наклоняют трубу на одно деление круглого уровня вверх, берут отсчет, то же самое при наклоне вниз. Если отсчеты отличаются один от другого не более чем на 2 мм – юстировка не требуется, в противном случае неисправность компенсатора следует устранить.

Поверка 3. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Поверку выполняют так же, как для нивелиров с цилиндрическим уровнем.

Поверка 4. Ось визирования должна быть горизонтальна (главное условие).

Упрощенный способ поверки главного условия заключается в том, что берутся отсчеты по рейкам при установке нивелира посередине между рейками и в 4...5 м от одной из них. Если разность в полученных значениях превышений не превосходит допустимых величин (± 4 мм или ± 10 мм), то главное условие соблюдено. В необходимом случае производят исправление.

Точность измерения превышений при геометрическом нивелировании зависит от: *точности нивелира, точности установки нивелира, точности установки реек, точности взятия отсчетов по рейкам.*

Практические рекомендации для достижения необходимой точности следующие:

1) *нарушение главного условия происходит в основном под влиянием изменения температуры нивелира, поэтому, он, как правило, должен находиться под зонтом.*

2) *для уменьшения погрешностей из-за неравенства расстояний от нивелира до реек эти расстояния измеряют нитяным дальномером или шагами.*

3) *на мягком грунте рейки устанавливают на металлические башмаки, костыли или деревянные колья. Для уменьшения влияния наклона рейки снабжают уровнями. При отсутствии уровней рекомендуется рейку покачивать по направлению луча визирования, фиксируя наименьший отсчет.*

Требуемая точность характеризуется допустимой невязкой

$$\Delta h_{доп} = K \sqrt{l} \text{ (мм)}, \quad (6.5)$$

где l – длина хода (км), значение K для различных классов нивелирования: $K_{II} = 5 \text{ мм}$; $K_{III} = 10 \text{ мм}$; $K_{IV} = 20 \text{ мм}$; $K_{техн} = 50 \text{ мм}$.

ТЕМА 7. ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Цель изучения темы: освоить технологию нивелирования по оси магистральных нефтегазопроводов

План работы

Модуль 1. *Разбивка трассы*

Модуль 2. *Нивелирование по оси трассы*

Модуль 3. *Порядок обработки журнала технического нивелирования*

Модуль 4. *Построение профиля*

Модуль 1. *Разбивка трассы*

В строительстве решение различных инженерных задач требует разной точности. Нивелирование, выполняемое с целью обеспечения строительства сооружений линейного типа (железных или шоссейных дорог, трубопроводов, каналов и т.д.), называется **техническим нивелированием**. Техническое нивелирование выполняется методом из середины **техническими нивелирами**, которые позволяют определить превышения с точностью не более $\pm(25)$ мм на 1 км двойного хода.

Положение проектируемой трассы в начале определяется на топографических картах различного масштаба, с использованием материалов аэрофото- и космической съемки. При этом выбирается вариант, удовлетворяющий требованиям технических инструкций, с минимальными затратами на его выполнение.

Полевые работы при разбивке включают *рекогносцировку* местности, *разбивку пикетажа*, *съемку полосы местности вдоль трассы*, *измерение углов поворота трассы теодолитом*. В случае значительного изменения характера рельефа в перпендикулярном к оси трассы направлении фиксируется место **поперечников**.

В процессе *рекогносцировки* уточняют проектное положение трассы на местности. Прямолинейные участки трассы должны быть длинными, проходить по местности с небольшими уклонами, твердым грунтом и наименьшим количеством препятствий.

Плановой основой продольного нивелирования служит теодолитный ход, прокладываемый по трассе, в который включают все вынесенные в натуру основные точки трассы.

Разбивка пикетажа заключается в откладывании на местности по оси трассы отрезков длиной 100 м, начиная от начального пункта трассы. Если трасса проходит по скату с углом наклона больше 2° , следует откладывать между пикетами расстояние, равное $100 + \Delta S_v$, где

ΔS_v поправка за наклон, вычисляемая по формуле: $\Delta S_v = 2S \sin^2 \frac{V}{2}$, где S – расстояние по скату. Концы каждого из отрезков, называемых пикетами, закрепляют деревянными кольями, забиваемыми вровень с землей; при нивелировании на эти колья устанавливают рейки. Рядом забивают *сторожок*, на котором подписывают номер пикета (например, ПК0, ПК1 и т.д.) (рис. 7.1). Начало трассы обозначают ПК0.

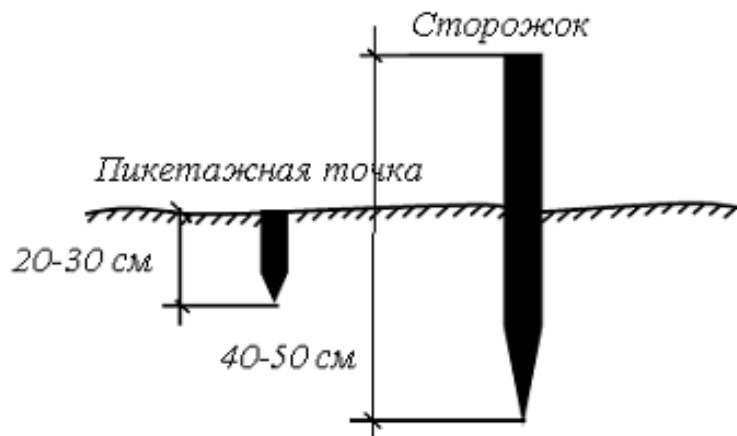


Рис. 7.1. Закрепление концов стометровых участков

Характерные точки перегиба скатов, а также места пересечения трассы с различными естественными препятствиями (овраги, реки и т.п.) и инженерными сооружениями (дороги, подземные и наземные коммуникации) отмечают **плюсовыми точками**, которые обозначают на местности *сторожками*. Их положение на трассе определяется номером предыдущего пикета плюс расстояние от этого пикета до плюсовой точки (например, ПК1 +65,3).

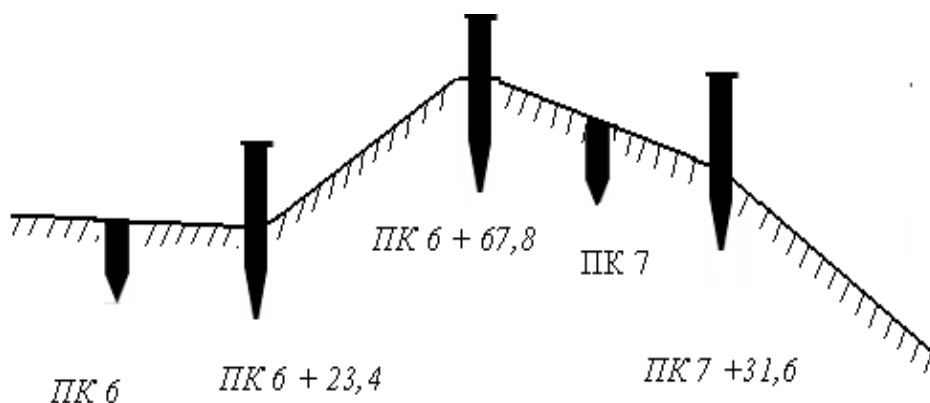


Рис. 7.2. Плюсовые точки

Измеряются горизонтальные углы α поворотов трассы теодолитом полным приемом, вычисляют углы поворота трассы, которые могут быть в зависимости от изменения направления

трассы, относительно предыдущего, правыми ($\alpha_{\text{п}}$) или левыми ($\alpha_{\text{л}}$) (рис.7.3).

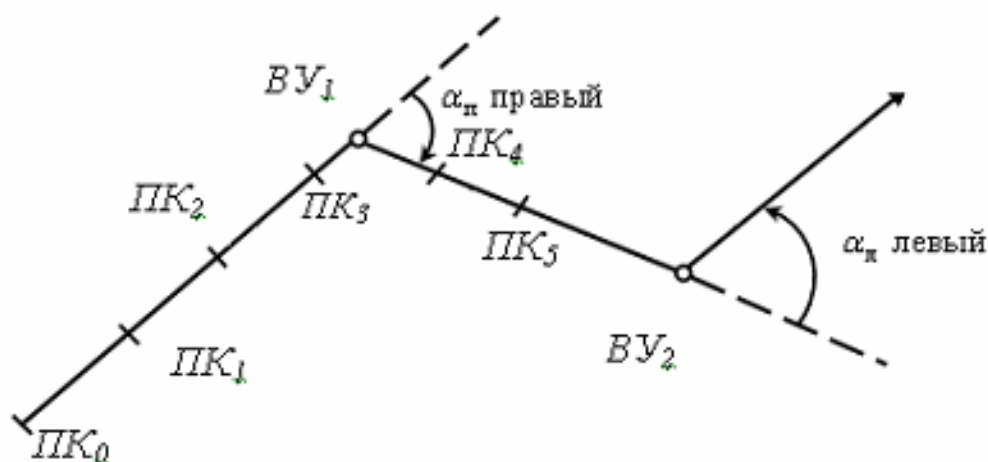


Рис. 7.3. Углы поворота трассы: BU_1, BU_2 – вершины угла поворота трассы

Одновременно с разбивкой пикетажа ведётся съёмка ситуации методом прямоугольных координат в зоне будущих строительных работ и работ по обеспечению эксплуатации и ремонта трубопровода. По выполненным измерениям и по техническим условиям, определяющим характер кривых поворота трассы, рассчитываются элементы этих кривых для фиксации их на местности.

Элементами круговой кривой являются: два тангенса (Т), длина кривой (К), биссектриса (Б) и домер (Д) (рис. 7.4).

Необходимость учета величины домера определяется следующим. На участке закругления трасса пройдёт по кривой, счёт пикетажа тоже по кривой, а измерения при разбивке трассы производятся по тангенсам! Следовательно, во всех необходимых случаях требуется учитывать разность в длинах двух тангенсов и кривой, которая называется **домером** ($D=2T-K$). Для этого уменьшают пикетажное расстояние вершины угла на величину домера D : $BU'=BU-D$, в этом случае положение пикетов за вершиной угла не меняется (рис. 7.4).

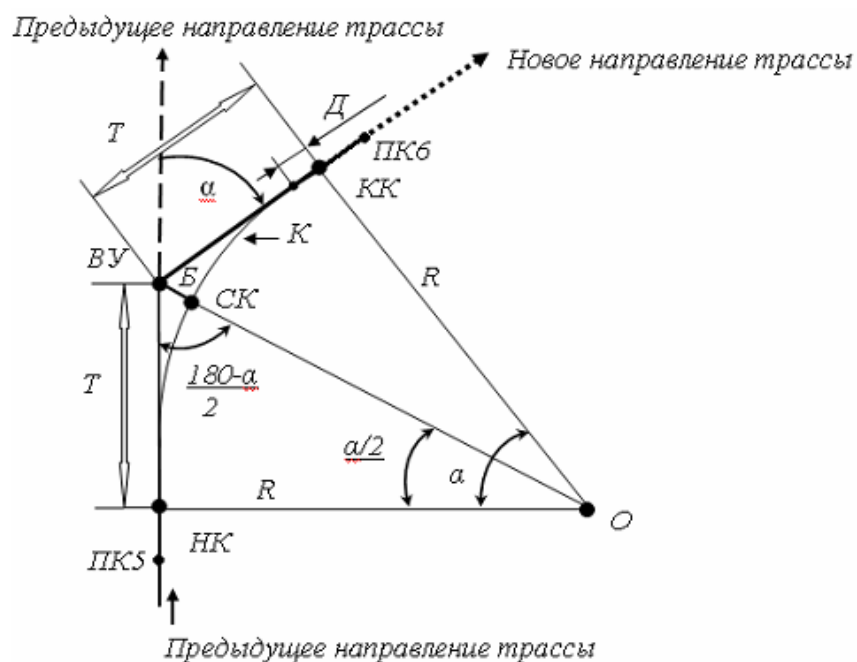


Рис. 7.4. Проектирование трассы по круговым кривым: K – кривая, T – тангенс (касательные в начале кривой (НК) и в конце кривой (КК)), $СК$ – середина кривой, $Б$ – биссектриса, $Д$ – домер, R – радиус кривой

При известном значении угла поворота α и нормативном значении радиуса круговой кривой R элементы кривой определяются по расчетным формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; K = \frac{\pi \alpha}{180^\circ}; B = R \left(\operatorname{Sec} \frac{\alpha}{2} - 1 \right). \quad D = 2T - K \quad (7.1)$$

Обычно элементы кривой берут из специальных таблиц или рассчитываются по формулам.

Последовательно укладывая ленту от начала трассы по направлению $ПК0-ВУ_1$, концы стометровых участков закрепляют точкой и сторожком (рис. 7.1).

На участке закругления закрепляют главные точки кривой, предварительно определив их пикетажное положение. Главных точек круговой кривой три: начало кривой (НК), середина кривой (СК), конец кривой (КК). По известному пикетажному положению вершины угла, определяется пикетажное положение главных точек:

$$ПК_{НК} = ПК_{ВУ} - T; ПК_{КК} = ПК_{НК} + K; ПК_{СК} = ПК_{НК} + \frac{K}{2}.$$

Эти расчеты контролируются по концу кривой формулой:

$$ПК_{КК} = ПК_{ВУ} + T - D. \quad (7.2)$$

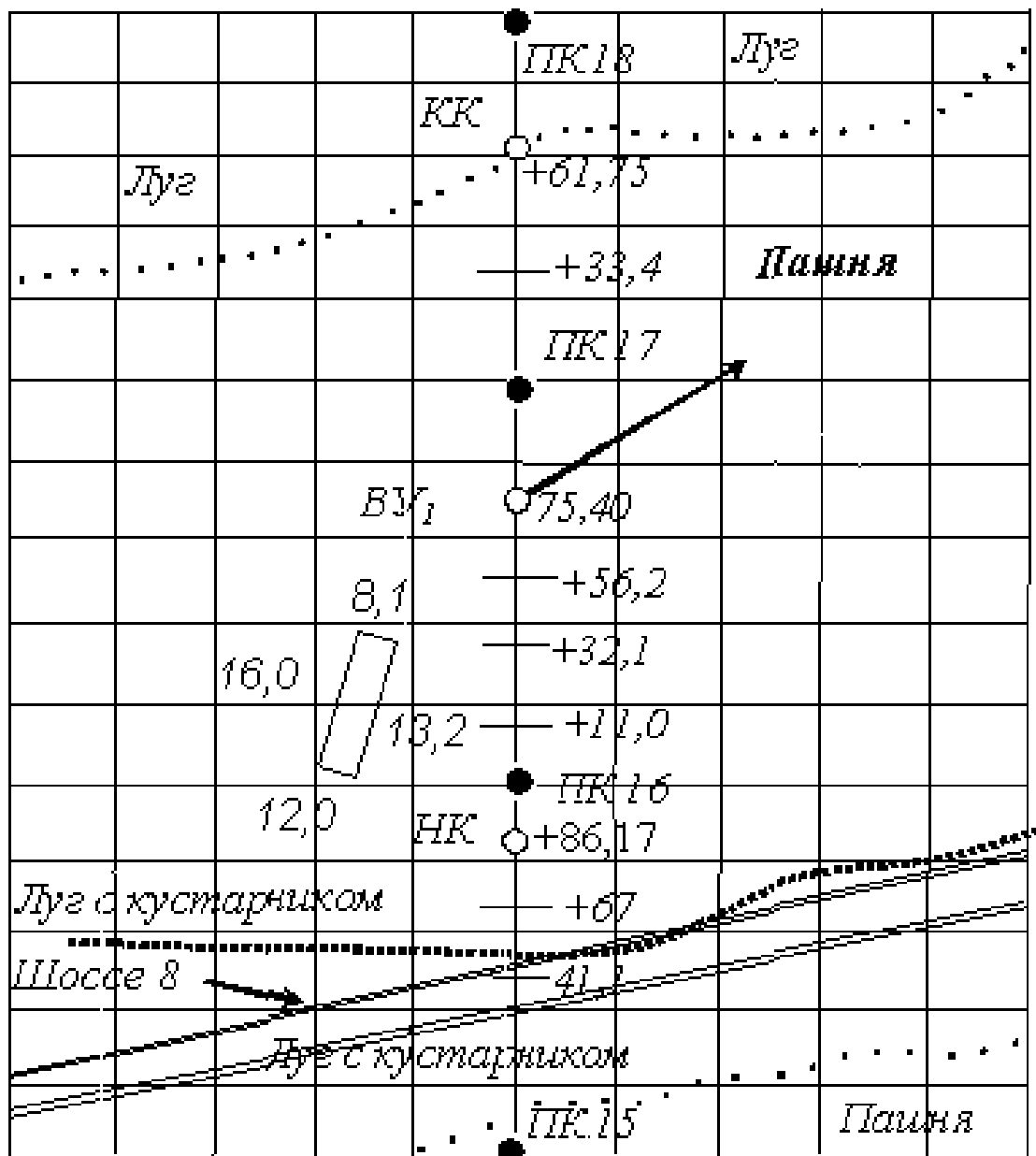


Рис. 7.5. Абрис

После закрепления главных точек кривой на местности закрепляется вся кривая на местности колышками через 10 – 20 м.

Все данные по разбивке трассы и съемке местности заносят в абрис (в пикетажный журнал) (рис. 7.5).

Обычный масштаб абриса 1/2000, на нем трассу обозначают посередине листа в виде прямой линии. В абрисе показывают пикетные и плюсовые точки, углы поворота, начало и конец кривых, ситуацию.

Модуль 2. Нивелирование по оси трассы

Нивелирование трассы начинают от репера государственной нивелирной сети и проводится методом геометрического нивелирования способом “из середины” для **связующих точек**, которыми являются пикетажные и иксовые точки и способом “вперед” – для промежуточных или плюсовых точек трассы и поперечников.

Порядок работы на станции при нивелировании трассы

Нивелир НЗ устанавливают посередине между пикетами, например ПК0 и ПК1 (рис. 5.2). Далее производят первоначальное горизонтирование прибора по круглому уровню, предназначенному для приближённой установки вертикальной оси нивелира в отвесное положение, а затем точное горизонтирование луча визирования производится элевационным винтом по цилиндрическому уровню при зрительной трубе. Последовательно визируют на заднюю рейку, расположенную на ПК0 (задний пикет) затем на рейку на ПК1 (переднем), и берут отсчеты с точностью до мм по *черным сторонам реек* по центральному горизонтальному штриху *сетки нитей зрительной трубы* ($a_ч$, $b_ч$). Результаты наблюдений заносят в соответствующие графы полевого журнала нивелирования. Пример заполнения журнала технического нивелирования приведен в табл. 7.1, колонки 1, 2, 3, 4.

Таблица 7.1

Журнал технического нивелирования

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм		
		задней <i>a</i>	передней <i>b</i>	промежут. <i>c</i>
1	2	3	4	5
1	ПК0	$a_ч$ $a_к$		
	+40			$c_ч$
	ПК1		$b_ч$ $b_к$	

После взятия первых двух отчетов $a_ч$, $b_ч$ реечники поворачивают рейки *красной стороной* к наблюдателю; наблюдатель, берет отсчет по передней, а, затем, по задней рейки, соответственно $b_к$. $a_к$.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

В целях повышения производительности нивелирования взятие отсчетов по рейкам должно проводиться в следующем порядке: 1) a_u ; 2) v_u ; 3) v_k ; 4) a_k .

Для контроля измерений всех связующих точек (пикетажных и иксовых), пронивелированных на станции, вычисляют превышения по черным и красным сторонам реек поскольку ошибка в определении превышения на них отразится на всей последующей части нивелируемой трассы

$$h_u = a_u - v_u; \quad h_k = a_k - v_k. \quad (7.3)$$

Расхождения в полученных превышениях не должны превышать допустимого (5 мм).

**ВНИМАНИЕ**

При $|h_u - h_k| > 5 \text{ мм}$ измерения проводят повторно!

В приведенном примере (табл. 7.2) для первой станции расхождение в превышениях составляет 1 мм ($h_u = -1892 \text{ мм}$, $h_k = -1893 \text{ мм}$). Для повышения точности нивелирования за окончательное значение превышения принимается среднее, которое округляется до целых миллиметров по правилу Гаусса.

$$h_{cp} = \frac{h_u + h_k}{2}. \quad (7.4)$$

Далее нивелирование плюсовых точек, и поперечников (рис. 7.6) производится способом “вперед” для чего передний реечник устанавливает рейку на промежуточную (плюсовую) точку и берет отсчет только по черной стороне рейки (c_u). Плюсовыми точками фиксируются:

- *Изменение профиля трассы между пикетами.*
- *Надземные объекты (линии электропередач, канатные дороги и т.п.), которые пересекает трасса.*
- *Наземные объекты (дороги, реки, ручьи и т.д.).*
- *Подземные объекты (трубопроводы, кабели и др.).*

Затем нивелируются поперечники. Поперечники назначаются в тех местах, где имеется уклон в поперечном направлении трассы. При этом прибор остается посередине между пикетами. Отсчеты на

плюсовых точках поперечника берутся по черной стороне рейки. Положение точек на поперечнике фиксируется расстоянием вправо и влево от оси трассы.

После чего нивелир переносят на следующую станцию и работа проводится в той же последовательности.

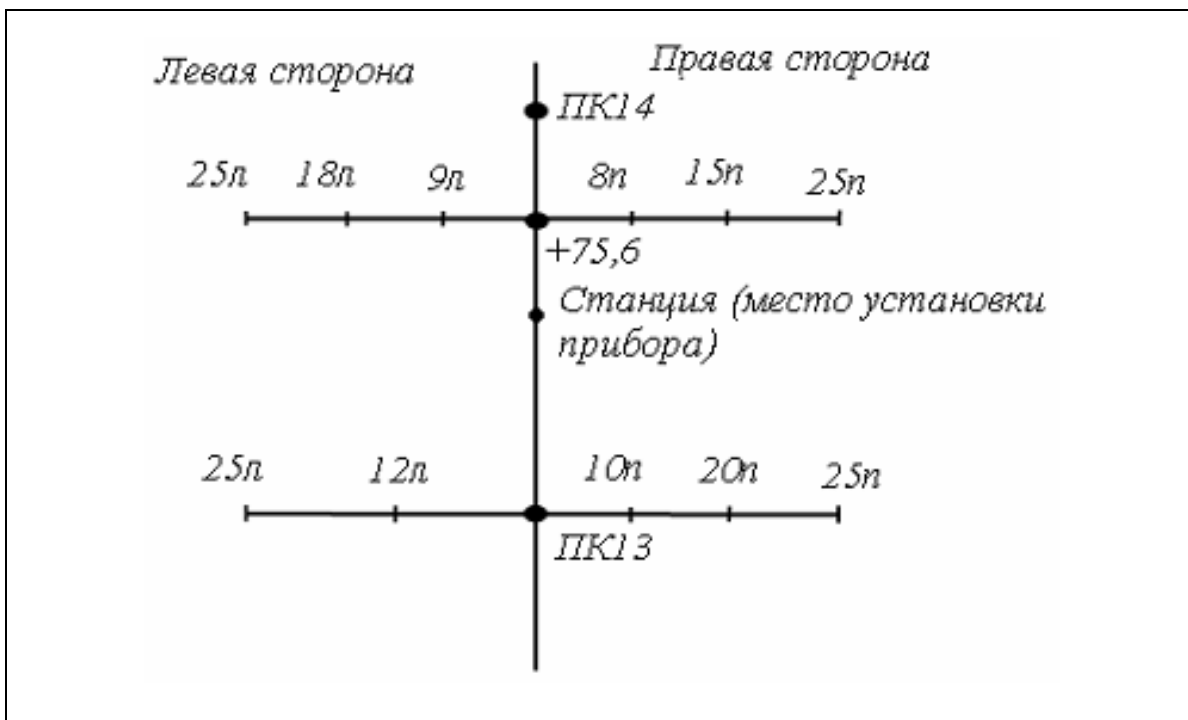


Рис. 7.6. Нивелирование поперечников



ЗАДАНИЕ

Проанализируйте, почему на плюсовых точках достаточно взятие одного отсчета по рейке и почему отчет берется по черной стороне рейки?

Если превышение между пикетами и станцией 5 (рис. 7.7, а) более 3 метров (длина нивелирной рейки РН-3 – 3 м), в этом случае определить превышение между пикетами с одной станции невозможно, поэтому используют **иксовые точки**, которые служат для передачи высотной отметки с одного пикета на другой (рис. 7.7, б). Прибор со станции опускают вниз по склону. Переднюю рейку переносят ниже станции 5 и устанавливают прибор строго посередине между ПК 4 и новым положением передней рейке, то есть на иксовой точке X_1 (рис. 7.7, б).

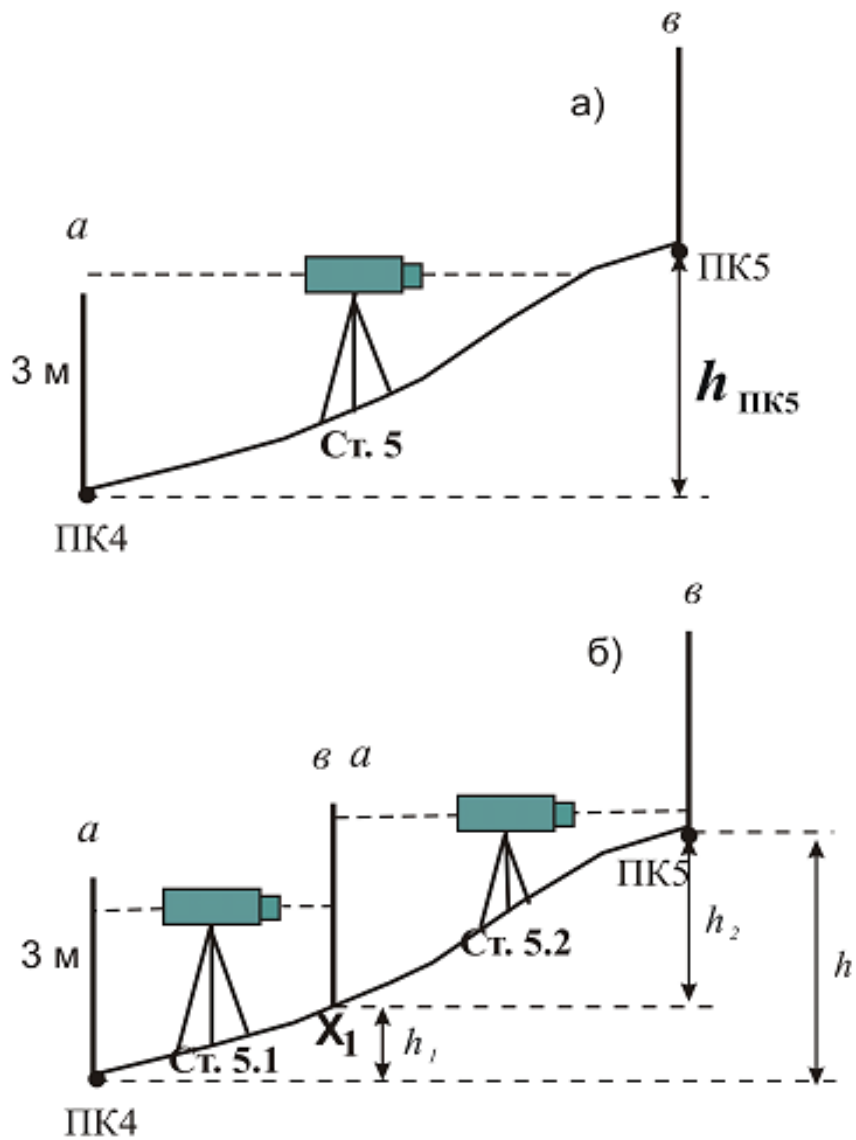



Рис. 7.7. Нивелирование по иксовой точке

Берутся четыре отсчета на интервале ПК4 и X₁ (рис. 7.8, б), определяется превышение h_1 . Далее задняя рейка переносится на место передней рейки (ПК5), а прибор устанавливается посередине между X₁ и ПК5, аналогичным образом определяется превышение h_2 . Превышение между ПК4 и ПК5 $h_{\text{общ.}} = h_1 + h_2$.

 <p>ВНИМАНИЕ</p>	<p>Следует помнить, что пикеты и иксовые точки являются связующими, т.е. в случае ошибочного определения превышений между этими точками ошибка повлияет на всю оставшуюся часть нивелирного хода. Промежуточные точки не являются связующими.</p>
--	---

Модуль 3. Порядок обработки журнала технического нивелирования

В табл. 7.2 приведен образец выполненного задания по обработке журнала технического нивелирования.

Таблица 7.2

Образец заполненного задания на обработку журнала технического нивелирования

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента ГИ мм	Отметки точек, м
		Задней <i>a</i>	Передней <i>b</i>	промежуточной <i>c</i>	Наблюдаемые <i>h</i>	средние <i>h_{ср}</i>	исправленные <i>h^и</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Рр. 27	0540 5307			-1892	+7,0 - 1893,05	- 1886,00	199,626	199,086
	+40			2355					197,271
	ПК 0		2432 7200		-1893				197,200
2	ПК 0	2630 7400			2104	+6,875 2106,0+			
	x ₁		0526 5292		2108	+7,0			
3	x ₁	1926 6695			1508	3614,0	3621,0		
	ПК 1		0418 5187		1508	1508,0 =			200,820
4	ПК 1	1245 6013			-112	+7,0		202,065	
	ПК 2		1357 6124		-111	-111,0	-104,0		200,716
	+55			0917					201,148
5	ПК 2	1872 6640			1036			202,582	
	+28			1907					200,675
	Рр. 28		0836 5603		1037	+7,0 1037,0	1044,0		201,760
		Σ <i>a</i> =402 68	Σ <i>b</i> =34975		Σ=5293	Σ=2647, 05	Σ=2673, 97		
		Σ <i>a</i> - Σ <i>b</i> = 5293 мм;		fh = -27,5 мм;					
		h _{теор.} = 2 674 мм;		fh _{доп.} = ± 50 мм √L					
				δfh = + 7,0					

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Исходные данные журнала – результаты полевых измерений выделены жирным шрифтом. Остальные значения в таблице – результат вычислений превышений и отметок точек

- 1) Рассчитайте сумму отсчетов по задним рейкам (Σa) по формуле

$$\Sigma a = \sum_{Rp.27}^{Rp.28} a.$$
- 2) Рассчитайте сумму отсчетов по передним рейкам (Σb) по формуле

$$\Sigma b = \sum_{Rp.27}^{Rp.28} b.$$
- 3) Внесите результаты расчетов в соответствующие графы в журнале (колонка 3, 4 табл. 7.2) и найдите разницу этих двух сумм ($\Sigma a - \Sigma b$).

**ЗАДАНИЕ**

Проанализируйте, что представляет собой полученная величина?

Для контроля правильности расчетов вычислите суммы наблюдаемых превышений h по черной и красной сторонам рейки для каждой станции по формуле

$$h_{ч} = \Sigma a_{ч} - \Sigma b_{ч}; \quad h_{к} = \Sigma a_{к} - \Sigma b_{к}, \quad (7.5)$$

а затем и средние превышения между пикетами формуле

$$h_{cp} = \frac{h_{ч} + h_{к}}{2}. \quad (7.6)$$

- 4) В процессе нивелирования допускается некоторая погрешность определения превышений – **невязка превышений fh** , которую необходимо учитывать при определении **теоретического превышения трассы $h_{теор.}$** (превышение между начальным и конечным реперами трассы). Невязка превышения определяется по формуле

$$fh = \Sigma h_{cp} - h_{теор.}, \quad (7.7)$$


где $h_{теор.} = N_{Rp.28} - N_{Rp.27}$; $N_{Rp.28}$ – абсолютная отметка конечного репера трассы; $N_{Rp.27}$ – абсолютная отметка конечного репера трассы.

- 5) Полученное значение **невязка превышений** сравните со значением **допустимой невязка превышений** для данной длины трассы, рассчитываемой по формуле

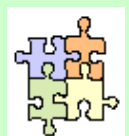
$$fh_{доп.} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L}, \quad (7.8)$$

где L – длина трассы в километрах (для варианта задания, приведенного в табл. 7.2, расстояние между пикетами равно 100 м, а общая длина трассы 400 м или 0,4 км).


б) При соблюдении условия $fh_{\text{д.}} \leq fh_{\text{доп.}}$ невязка превышений распределяется равномерно на все средние превышения $h_{\text{ср.}}$.

 ВНИМАНИЕ	<i>Невязка превышения, как и любая другая невязка в геодезии (угловая, линейная), распределяется с обратным знаком на средние превышения.</i>
--	--

Например, если $fh = -27,5$ мм, то поправка δfh на каждое среднее превышение составит $+6,875$ мм.


 ПРИМЕЧАНИЕ	<i>Также высотную невязку можно распределять относительно равномерно на средние превышения. Тогда поправка на четыре средних превышения составит:</i> $\delta fh_1 = +7$ мм, $\delta fh_2 = +7$ мм, $\delta fh_3 = +7$ мм, $\delta fh_4 = +6,5$ мм.
--	--

7) Для контроля правильности расчетов суммируйте алгебраически все исправленные превышения между пикетами (Σh^n) и занесите их значения в графу 8 табл. 7.2.

 ЗАДАНИЕ	<i>Оцените правильность полученного значения суммы исправленных превышений.</i>
---	---

8) Определите абсолютные отметки точек пикетов.

Абсолютные отметки начального и конечного реперов трассы приведены в задании, тогда $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Рр.27}} + (h^n_1)$; $H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК0}} + (h^n_2)$; и т.д. Результат заносится в графу 10 табл. 7.2 соответственно для каждого пикета.

 ВНИМАНИЕ	<i>В расчете абсолютных высот пикетов исправленное превышение берется со своим знаком – алгебраическая сумма.</i>
--	---


9) Определите абсолютные отметки плюсовых точек.

Для этого необходимо рассчитать **горизонт инструмента** $H_{\text{Ги}}$ – расстояние от уровня моря до **оси визирования зрительной трубы** прибора (рис. 7.6).

$H_{\text{Ги}}$ можно рассчитать через задний пикет и для контроля через передний

$$H_{ГИ} = H_{ПК2} + a_4; \quad (7.9)$$

$$H_{ГИ} = H_{ПК3} + b_4. \quad (7.10)$$

 ЗАДАНИЕ	<i>Проанализируйте, как будет меняться величина горизонта инструмента на каждой станции.</i>
---	--

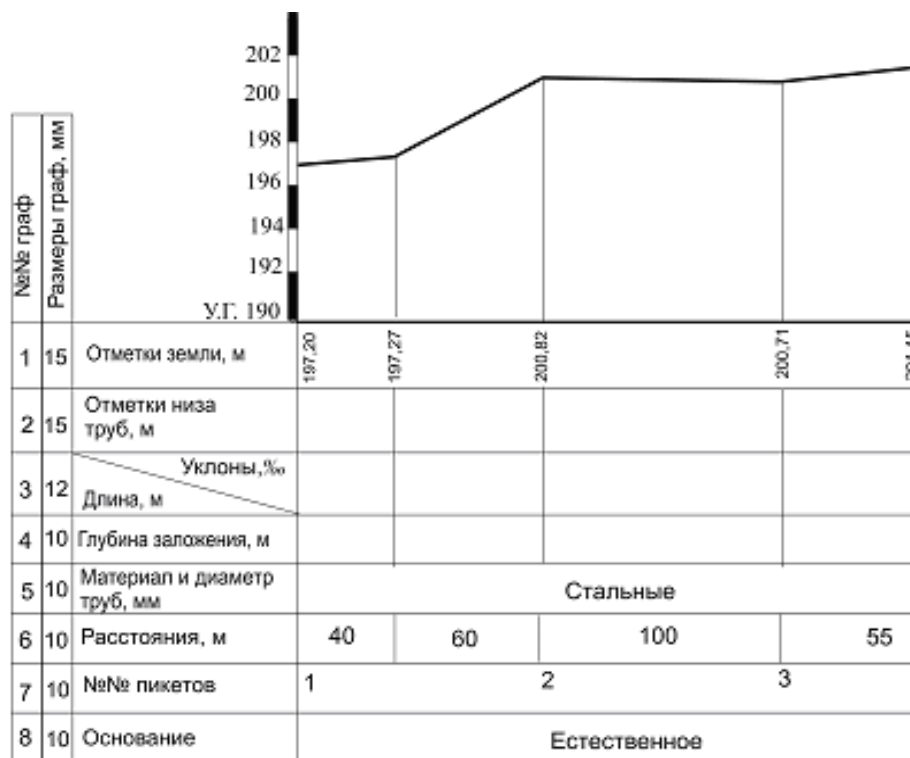
Рассчитайте абсолютную отметку плюсовой точки по формуле

$$H_{ПК2+75} = H_{ГИ} - c_4, \quad (7.11)$$

где c_4 – отсчет по рейке на промежуточной (плюсовой) точке (ПК2 + 75) (табл. 7.2, графа 5).

Модуль 4. Построение профиля местности по результатам обработки журнала

Профиль строится по данным обработанного нивелирного журнала и вычерчивается черным цветом (рис. 7.8). В целях достижения выразительности рельефа на профиле используется вертикальный масштаб крупнее горизонтального.



Масштабы: горизонтальный 1:2000
вертикальный 1:200

Рис. 7.8. Продольный профиль трассы магистрального нефтегазопровода



ВНИМАНИЕ

Рекомендуется принимать вертикальный масштаб в 10 раз крупнее горизонтального. Например, при горизонтальном масштабе 1:2000, вертикальный – 1:200.

На профиль выносятся только пикеты и плюсовые точки; иксовые точки не выносятся – они необходимы только для определения общего превышения между пикетами.

Графы 2, 3, 4, 5 заполняются в процессе проектирования нефте- или газопроводов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО ТЕМЕ

1. Укажите назначение основных частей нивелира?
2. Как рассчитать средние превышения между пикетами?
3. Чему должна быть равна сумма наблюденных превышений?
4. Как определить невязку нивелирного хода?
5. Как рассчитывается допустимое значение высотной невязки?
6. Когда возникают иксовые точки?
7. Как рассчитывается среднее превышение между пикетами, если между ними есть иксовые точки?
8. Чему должна равняться сумма исправленных превышений?
9. Как определить абсолютные отметки пикетных точек?
10. Как определить горизонт инструмента на станции?
11. Как рассчитать абсолютные отметки для плюсовых точек?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Расчёт журнала технического нивелирования. Построение профиля трассы магистрального трубопровода

ЗАДАНИЕ

- 1) Обработайте журнал технического нивелирования в соответствии со своим вариантом (табл. 7.3 – 7.7).
- 2) По результатам обработки журнала нивелирования постройте профиль линейного объекта.

Материалы к сдаче: рассчитанный журнал технического нивелирования; профиль нивелирования линейного объекта, построенный по результатам расчета журнала.

Титульный лист необходимо выполнить в соответствии с требованиями (Приложение 1).

Таблица 7.3

Журнал технического нивелирования (Вариант 1)

№ станции	№, № пикетов и плюсов. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ПИ)	Отметки точек, м
		задней (а)	передней (в)	промежут. (с)	набл. (h)	Средние (h _{ср})	исправл. (h ^и)		
1	Rp.5	2680 7452							179,644
	+64			2370					
	ПК0		1290 6060						
2	ПК0	0300 5070							
	+25			0305					
	+75			0920					
	ПК1		2706 7474						
3	ПК1	1157 5926							
	+30			2403					
	+60			2006					
	ПК2		0903 5670						
4	ПК2	2346 7115							
	x		0410 5177						
5	x	2454 7225							
	Rp.7		0560 5327						182,698
		Σа=	Σв=		Σ=	Σ=	Σ=		
Σ а- Σ в =		fh = Σ h _{ср} - h _{теор} =							
h _{теор.} =		fh _{доп.} = ± 50 мм √L =		δfh =					

Таблица 7.4

Журнал технического нивелирования (Вариант 2)

№ станции	№ пикетов и плюсов. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ГИ)	Отметки точек, м
		Задней (a)	передней	промежут. (с)	наблюден. (h)	средние (h _{ср.})	исправл. (h ^и)		
1	Rp.2 2	2907 7672							216,213
	+56			0805					
	ПК0		0140 4909						
2	ПК0	0166	2776						
	+20			0216					
	+70			0820					
	ПК1	4930	7474						
3	ПК1	1197 5967							
	ПК2		0913 5678						
4	ПК2	0338 5105							
	x		2276 7043						
5	x	0490 5260							
	Rp.2 3		2302 7068						212,93
		$\Sigma a =$	$\Sigma b =$		$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		
$\Sigma a - \Sigma b =$ $fh = \Sigma h_{ср} - h_{теор} =$ $h_{теор.} =$ $fh_{доп.} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L}$ $\delta fh =$									

Таблица 7.5

Журнал технического нивелирования (Вариант 3)

№ станции	№ пикетов и плюсов. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ПИ)	Отметки точек, м
		задней (а)	передней (в)	промежут. (с)	наблюден. (h)	средние (h _{ср.})	исправл. (h ^и)		
1	Rp.12	2140 6907							111,192
	+45			2562					
	ПК0		1020 5786						
2	ПК0	2262 7030							
	+60			0905					
	ПК1		0891 5655						
3	ПК1	1832 6598							
	+69			0818					
	ПК2		1548 6319						
4	ПК2	0745 5513							
	+60			2398					
	+77			2130					
	Rp.13		0950 5716	Rp.13				113,742	
		$\Sigma a =$	$\Sigma b =$		$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		
$\Sigma a - \Sigma b =$ $h_{теор.} =$		$fh = \Sigma h_{ср} - h_{теор} =$ $fh_{доп.} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L} =$ $\delta fh =$							

Таблица 7.6

Журнал технического нивелирования (Вариант 4)

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ПИ)	Отметки точек, м
		задней (а)	передней (б)	промежут. (с)	набл. (h)	средние (h _{ср.})	исправл. (h ^в)		
1	Rp.24	0215 4913							187,383
	ПК0		2842 7543						
2	ПК0	2427 7127							
	+28			2390					
	+68			1087					
	ПК1		2230 6930						
3	ПК1	0315 5015							
	+75			1028					
	ПК2		2103 6801						
4	ПК2	2887 7587							
	+40			2540					
	+82			1078					
	Rp.25		0522 5221						185,510
		$\Sigma a =$	$\Sigma б =$		$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		
$\Sigma a - \Sigma б =$		$fh = \Sigma h_{ср} - h_{теор} =$							
$h_{теор.} =$		$fh_{доп.} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L} =$							
		$\delta fh =$							

Таблица 7.7

Журнал технического нивелирования (Вариант 5)

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ГИ)	Отметки точек, м
		задней (а)	передней (в)	промежут. (с)	наблюден. (h)	средние (h _{ср.})	исправл. (h ^и)		
1	Rp.29	0824 5590							216,312
	ПК0		2565 7332						
2	ПК0	1240	2504						
	+63			2480					
	ПК1	6008	7270						
	+63			2480					
	ПК1	0208	1190						
	+35			1320					
	+55			2480					
	+82			2005					
	ПК2	4973	5950						
4	ПК2	2805 7571							
	+60			613					
	Rp.30		0722 5490						214,392
		$\Sigma a =$	$\Sigma в =$		$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		
$\Sigma a - \Sigma в =$ $h_{теор.} =$		$fh = \Sigma h_{ср} - h_{теор} =$ $fh_{доп.} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L} =$			$\delta fh =$				

ТЕМА 8. СОВРЕМЕННОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Цели изучения темы: получить представление о современных геодезических приборах, их назначении, принципах работы и использования при строительстве нефтегазопроводов.

План работы

Модуль 1. *Электронные тахеометры.*

Модуль 2. *GPS–приемники.*

Модуль 3. *Цифровые трассоискатели.*

Модуль 4. *Ручные лазерные дальномеры.*

Геодезические работы обеспечивают проектирование и строительство всех видов сооружений в том числе нефтегазопроводов, а также выполнение геологических, геофизических съемок и т.д.

В настоящее время, когда планируется освоение ресурсов Сибири и Дальнего Востока (нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан) – регионов, имеющих сложные природно-экономические условия, – важным является применение современной геодезической техники и новых геодезических технологий. Это позволит выполнить геодезические работы на новом уровне, при этом сократить сроки строительства.

Разработка геодезических приборов идёт как в направлении совершенствования традиционных геодезических приборов, так и в направлении создания новых приборов.

Модернизация оптических приборов и разработка новых идёт в направлении роботизации, компьютеризации, применении лазерных технологий и достижений электроники. На базе современных приборов создаются новые геодезические технологии.

В начале 90-х годов прошлого века появились спутниковые приёмники определения координат пользователя на поверхности Земли – GPS-устройства. Это была своеобразная революция, так как главное преимущество новой технологии состоит в том, что не требуется прямой видимости между пунктами. Следовательно, затраты на сбор геодезической информации резко сокращаются (нет необходимости в построении высоких сигналов), автоматизация наблюдений и вычислений сводит к минимуму личные ошибки наблюдателя.

Кроме применения в традиционных геодезических работах, спутниковые методы определения координат нашли применение в геодинاميке, геологии, гляциологии, гидрологии, городском и земельном кадастре, службе времени и частоты, строительстве различных сооружений, археологии, биологии, сельском хозяйстве,

навигации и управлении транспортными средствами.

В последнее время интенсивно разрабатываются новые портативные приборы с лазерными излучателями, обладающие малой энергоёмкостью: лазерные построители плоскостей и направлений (лазерные нивелиры), лазерные дальномеры, лазерные сканирующие системы.

Лазерные нивелиры и лазерные насадки, появившиеся во второй половине прошлого века, в настоящее время находят массовое применение в строительстве.

На базе лазерного сканера появился новый вид съёмки – лазерное сканирование, относящееся к принципиально новым технологиям. Суть технологии – определение пространственных координат множества точек на поверхности объекта или группы объектов с помощью лазерного сканера. Основные свойства:

- *высокая степень автоматизации измерений, большой объём информации;*
- *минимальное участие человека, благодаря применению компьютерных технологий и достижений оптико-электронного приборостроения, исключение личных ошибок человека;*
- *возможность обмера труднодоступных участков, а, следовательно, полнота получаемой информации.*

Автоматизация построения топографических планов и карт, использование модернизированных традиционных геодезических приборов (электронных тахеометров и нивелиров), а также принципиально новых (геодезических спутниковых навигационных приёмников GPS, лазерных рулеток, лазерных сканирующих систем и др.) в сочетании с технологиями ввода, накопления и математической обработки данных резко сократили продолжительность полевых геодезических измерений и получение последующих результатов.

Техника безопасности

Ненадлежащее использование новых приборов может привести к их повреждению, неправильному срабатыванию или порче. Это может стать и причиной несчастных случаев с тяжёлыми травмами людей, существенным материальным ущербом и вредом окружающей среде.

Запрещается:

- *использовать приборы в агрессивной либо взрывоопасной среде;*
- *работать под дождём длительное время;*
- *наводить приборы на солнце;*
- *наводить прибор в глаза во избежание ослепления людей;*
- *смотреть на лазерный луч и направлять его без надобности на других людей;*
- *наводить оптический визир на зеркально отражающие поверхности или предметы, вызывающие случайные блики (например, зеркала, металлические поверхности, призмы);*

Необходимо:

- *следить за достаточностью мер безопасности на месте проведения измерений;*
- *периодически проводить контрольные измерения, особенно после того, как прибор подвергался чрезмерным нагрузкам, а также до и после выполнения ответственных измерительных работ;*
- *следить за чистотой оптики, предохранять приборы от ударов и падений;*
- *защищать прибор от несанкционированного доступа.*



ВНИМАНИЕ

Модуль 1. Электронные тахеометры

Общая характеристика

Электронный тахеометр производит любые угломерные измерения одновременно с измерением расстояний и по полученным данным проводит инженерные вычисления (d , h и др.).

Электронные тахеометры предназначены для решения широкого круга задач: от создания и развития государственной геодезической сети (ГГС) до прикладной геодезии. Основные принципиальные особенности электронных тахеометров, по сравнению с оптическими:

- *расширилась функциональность приборов (вынос поверхности дороги, архитектурные обмеры и т.д.);*
- *появилась память для хранения результатов измерений;*
- *усовершенствована система отсчета углов и увеличена точность их измерений;*
- *использована безотражательная технология у дальномеров;*
- *более компактной и надежной стала конструкция приборов;*
- *созданы моторизованные и роботизированные модели.*

Классификация тахеометров по функциональным возможностям предполагает деление всех приборов на три группы: рутинные (low-end); инженерные (high-end); моторизованные, роботизированные.

Первая группа наиболее многочисленная. Для приборов, входящих в нее, характерно наличие необходимого минимума встроенных программ и простая нерасширенная клавиатура.

Приборы, относящиеся ко второй группе, имеют более сложную конструкцию, их электронная часть создается на базе полноценных компьютерных процессоров. Такие тахеометры имеют расширенное программное обеспечение, дают возможность создания и использования собственных программ.

Название третьей группы говорит само за себя.

На сегодняшний день в мире существует четыре основных компании, лидирующих в разработке и производстве данных приборов. Это Leica Geosystems (Швейцария), Topcon (Япония), Trimble Navigation (США) и Sokkia (Япония). Основные характеристики некоторых электронных тахеометров представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Основные характеристики некоторых электронных тахеометров

Технические характеристики	Sokkia SET-530R	Leica TCR-405	Nikon NPL-352	Topcon GPT-3005	Trimble 3305 DR	Trimble 3605 DR	Pentax 325N
Увеличение зрительной трубы	30х	30х	26х	30х	26	30х	30х
Угловая точность	5"	5"	5"	5"	5"	5"	5"
Диапазон компенсатора	±3"	±4"	±3"	±3"	±5"	±5"	±3"
Измерение на одну стандартную призму (дальность)	до 5000 м	до 3500 м	до 5000 м	до 3000 м	до 3000 м	до 3000 м	до 4000 м
Измерения без отражателя (дальность)	до 100 м	до 80 м	до 200 м	до 250 м	до 100 м	до 120 м	до 180 м
Точность измерения расстояний на призму	2+2ppm	2+2ppm	3+2ppm	2+2ppm	3+2ppm	3+2ppm	3+2ppm
Водозащищённость	IP66	IP54	IPx4	IPx6	IPx3	IPx4	IPx6
Хранение данных	10000 точек	4000 точек	10000 точек	8000 точек	1893 строки	8000 точек	7500 точек
Вес	5,3 кг	4,2 кг	5,3 кг	5,2 кг	3,5 кг	6,7 кг	5,7 кг
Рабочая температура	-20° + 50°С	-20° + 50°С	-20° + 50°С	-20° + 50°С	-20° + 50°С	-20° + 50°С	-20° + 50°С
Цена (в рублях)	276765	388780	260200	276735	184500	279300	259900

Заслуживает внимание и новый производитель геодезического оборудования на российском рынке – Pentax (табл. 8.2). Геодезическое оборудование этой фирмы имеет систему трёхскоростной автоматической фокусировки на объекты съёмки, что повышает

производительность работ более чем на 50 %. Система автофокуса не только полностью исключает необходимость работы вручную, но и повышает точность наведения на отражатель.

Таблица 8.2

**Важнейшие характеристики электронных тахеометров
фирмы Pentax**





Серия	R-300NX	R-300X	R-300
Внешний вид			
Угловая точность	2-5"	2-6"	2-6"
Внешняя память	20000	12000-20000	7500
Дальность измерений на одну призму	3400	3400	4500
Особенность	Оснащены системой автофокуса		



Фото 8.1. Инженерный тахеометр серии GTS-720

Электронные тахеометры TOPCON

Электронные тахеометры TOPCON (фото 8.1):

- Фирменный знак фирмы  TOPCON
- В зависимости от модели позволяют измерять дальность с одной призмой до 3000 метров с погрешностями от 2-х до 5 мм +2ppm.
- Тахеометры серии GPT-3000 и GPT-8200 имеют возможность выполнять измерения расстояний без отражателя.
- Русифицированы.
- Имеют высокую и высшую степень защиты от внешних воздействий, которые международным стандартом IEC 529 определяются как "Полная защищенность от твердых частиц (пыль, песок) и направленных струй воды" (нормативы IPX5, IP54, IPX6, IP65/IP66).
- Снабжены двухосевыми компенсаторами с диапазоном в 3 угловых минуты и погрешностью в 1 угловую секунду (у GTS-239 компенсатор одноосевой).
- Обеспечивают быстродействие от 1,2 до 0,3 секунды на одно измерение.
- Обеспечивают учет поправок за изменение температуры и давления, кривизну земной поверхности, рефракцию, редукцию результатов измерений на плоскость.
- Могут дополнительно обеспечиваться набором аксессуаров и широким набором фирменных услуг по адаптации поставляемого оборудования под производственные условия заказчика (например: установка лазерного отвеса, адаптация на -30°C).

Стандартный комплект тахеометров включает:

• Тахеометр серий GTS-720/GPT-7000 (с крышкой на объектив)	1 шт
• Батарея BT-61Q (для GTS-720)	1 шт
• Зарядное устройство BC-30	1 шт
• Кабель для USB F-25	1 шт
• Сенсорное перо	2 шт
• Комплект котировочных инструментов	1 шт
• Транспортировочный ящик	1 шт
• Салфетка для протирки оптики	1 шт
• Чехол для защиты от дождя	1 шт
• Нитяной отвес	1 шт
• Руководство пользователя (с CD TopSURV)	1 шт

Модуль 2. GPS-навигаторы

Общие сведения

Время от времени перед каждым человеком возникает задача определения своего местоположения. Зачастую и наличие подробнейшей карты местности или населенного пункта не выручает. В этих условиях и могут пригодиться те устройства, о которых пойдет речь. Эти устройства получили название **GPS-навигаторы** или **GPS-приемники**, в зависимости от варианта исполнения (фото 8.2). Основное отличие заключается в том, что навигаторы являются функционально законченными устройствами, со своим дисплеем, органами управления, а GPS-приемники, работают только в связке с персональным компьютером (ноутбук или ПК). Навигаторы, как правило, стоят дороже, чем приемники, и предназначены только для целей навигации. С помощью этого устройства можно определить свое положение на местности в любой точке земного шара. Аббревиатура GPS означает **Global Positioning System**, или, в переводе на русский, **Система Глобального Позicionирования**. Глобальная система позиционирования (GPS) находится под управлением правительственных организаций Соединенных Штатов Америки, которые полностью отвечают за точность работы и обслуживание системы.



Фото 8.2. Передовой интегрированный GPS приемник GB-1000

Точность GPS измерений различается от 1 сантиметра до более, чем 15 метров, в зависимости от используемой аппаратуры, методики обработки данных и других факторов. Кроме того, на точность получаемых данных влияет ваш опыт и знание основ работы с GPS-системами.

Созданная министерством обороны США изначально лишь для военных целей, система глобального позиционирования GPS очень скоро перестала быть таковой и нашла применение в различных областях гражданской сферы.

Выделяют следующие области применения GPS-приемников.

- *Сгущение опорных геодезических сетей.*
- *Крупномасштабные топографические съёмки.*
- *Разбивка профилей при геофизических работах.*
- *Эксплуатация нефтяных и газовых месторождений..*
- *Топографо-геодезические работы при проведении гравиметрической съёмки.*
- *Накопление данных для ГИС различной направленности.*
- *Городской и Земельный кадастр.*
- *Изыскания при строительстве линейных инженерных*

сооружений, в том числе газонефтепроводов.

- *Паспортизация автодорог.*
- *Создание государственных геодезических сетей.*
- *Геодинамический мониторинг.*
- *Гидрографические съемки внутренних акваторий.*
- *Лесопользование, сельское хозяйство.*

Принцип работы GPS

Основные принципы системы просты и состоят в определении местоположения путем измерения расстояний до объекта от точек с известными координатами — спутников. Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала посылки от спутника к приемнику. Для определения трехмерных координат приемнику необходимо решить систему из трех уравнений. Для устранения погрешности, вызванной разницей между точными часами на спутнике и намного менее точными в приемнике, вводится четвертое уравнение. То есть для однозначного определения координат приемник должен «видеть» не менее четырех спутников.

Организационная структура системы GPS представляет собой совокупность трех сегментов: космического, пользовательского и сегмента управления. Космический сегмент состоит из 24 основных и нескольких резервных спутников, равномерно распределенных по шести круговым орбитам на высоте 20 200 км от поверхности Земли. Спутники распределены так, что из любой точки Земли в любой момент времени выше 15° над горизонтом находятся от 4 до 8 спутников. Период их обращения равен 11 ч 58 мин. Сегмент управления состоит из сети наземных станций слежения и контроля. В их задачу входит контроль работоспособности системы, уточнение и корректировка текущих параметров орбит и показаний бортовых часов.

Сигналы спутников модулируются псевдослучайными последовательностями (PRN) двух типов: C/A-код и P-код. C/A (Clear access) – общедоступный код – представляет собой PRN с периодом повторения 1023 цикла и частотой следования импульсов 1023 МГц. Именно с этим кодом работают все гражданские GPS-приемники. P (Protected/precise) – код используется в закрытых для общего пользования системах, период его повторения составляет $2 \cdot 10^{14}$ циклов. Сигналы, модулированные P-кодом, передаются на двух частотах: $L1 = 1575,42$ МГц и $L2 = 1227,6$ МГц. C/A-код передается лишь на частоте L1.

В приемнике, на основе корреляционной обработки выделяются

составляющие, относящиеся к конкретным спутникам, кодовые последовательности и навигационные сообщения. В составе последних передается два типа информации о параметрах орбит и текущем состоянии спутников. При использовании С/А-кода среднеквадратическая ошибка в определении координат составляет порядка 10 м. В некоторых гражданских системах данная точность недостаточна.

Современные бытовые GPS приемники представляют миниатюрный пластиковый блок, включающий многоканальный приемник высокой чувствительности, мощный микроконтроллер, интегрированную антенну, приемо-передатчик и аккумуляторную батарею. Собственно это малогабаритный специализированный компьютер, основной задачей которого является обработка слабых сигналов, поступающих со спутников, расчет географических координат, и передача результатов обработки на персональный компьютер пользователя, оснащенный программой, позволяющей отображать местоположение, вычисленное приемником, на электронной карте и решать и другие задачи ориентирования в пространстве, то есть на поверхности земли.

Модуль 3. Цифровые трассоискатели

Трассопоисковые системы предназначены для точного определения местоположения и глубины залегания подземных силовых и сигнальных кабелей, трубопроводов и т.п. (фото 8.3, 8.4). Данные системы позволяют в кратчайшие сроки и с большой надежностью проводить диагностику состояния инженерных коммуникаций, предотвращать их повреждения при ведении земляных работ.



Фото 8.3. Поиск коммуникаций

Интеллектуальное приемное устройство индицирует большое количество сообщений, которые указывают пользователю на неправильные действия. Определение глубины происходит автоматически при нажатии на кнопку.



Фото 8.4. Универсальный комплект АБРИС: 1 – генератор; 2 – приемник (локатор); 3 – рамка для поиска дефектов оболочки кабеля; 4 – передающие клещи; 5 – зарядное устройство для генератора

Модуль 4. Ручные лазерные дальномеры

Назначение и спецификация

Leica DISTO™lite⁵ – самый компактный и самый простой в использовании ручной безотражательный лазерный дальномер пятого поколения для современных измерительных работ. DISTO испускает видимый лазерный луч, выходящий из передней части прибора (фото 8.5, 8.6, рис. 8.1). Характеристики дальномера *Leica* представлены в табл. 8.3, 8.4.



Фото 8.5. Общий вид ручного лазерного дальномера Leica DISTO™lite⁵

Используется для выполнения быстрого и очень точного измерения расстояний как в помещениях, так и на открытом воздухе. Позволяет выполнять измерения от различных фиксированных объектов и поверхностей: пол, потолок, круглые колонны.

Таблица 8.3

Характеристики лазерного дальномера

<p>Ключевые характеристики:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Простой интерфейс управления. • Высокая точность измерений. • Безопасное измерение труднодоступных объектов. • Измерения от поверхностей различной формы. • Прочная конструкция дальномера. • Крепление на теодолит (зрительную трубу). • Измерения выполняются быстро и без помощника. • Флуоресцентная подсветка большого и легко читаемого дисплея позволяет снимать отсчёт в темноте не разряжая батареи.
---------------------------------	--

Общая спецификация включает следующее.

- *Имеет возможность выбора точки, от которой производятся измерения (передняя часть прибора, задняя часть прибора).*
- *Встроенный калькулятор позволяет быстро провести необходимые вычисления для определения площади и объема помещения.*
- *Клавиша “Непрерывное измерение” – постоянное измерение расстояния до выбранной точки (Функция «Трекинг»); значительно упрощает выполнение задач, связанных с разметкой.*


- Задняя часть прибора оборудована убирающимся кронштейном для измерений от края поверхности.
- Таймер автозапуска – позволяет установить нужное время задержки для включения дальномера.
- Хорошо видимая красная лазерная точка служит для быстрого наведения.
- Комплект батарей обеспечивает 10 000 измерений
- Клавиша “Площадь” – вычисление площади¹;
- Клавиша “Объем” – вычисление объёма².
- Возможность складывать, вычитать измеренные величины

Таблица 8.4

Технические характеристики лазерного дальномера Leica

Характеристики	Параметры
Наименьшая цена деления	1 мм
Диапазон измерения расстояний	от 0,2 до 200 м
Точность	тип.: ± 3 мм /макс.: ± 5мм
Время измерений	от 0,5 сек до 4 сек
Время измерения в трекинге (непрерывные измерения в режиме слежения)	от 0,16 сек до 1 сек
Измерение с задержкой: задание задержки перед измерением	от 10 сек до 60 сек

¹ Основано на двух измерениях – длины и ширины объекта

 ПРИМЕЧАНИЕ	<p>Инструменты данного типа служат для измерений расстояний до любых естественных поверхностей без отражателя. Наводясь с помощью видимого лазерного пятна на объект, вы быстро и точно измеряете расстояние, нажав на одну кнопку. С результатами измерений вы можете производить простейшие арифметические вычисления (сложение, умножение), что пригодится вам для вычисления площадей и объемов объектов.</p>
--	--

Диаметр лазерного пятна	6/30/60 мм (10/50/100 м)
Питание – батарея (тип АА, 2 x 1,5 в)	до 10000 измерений
Защита от влаги и пыли	Влагозащищён, пылезащищён
Габариты и вес	142x73x45 мм, 315 г.
Диапазон рабочих температур	от -10°C до +50°C
Диапазон температур хранения	от -25°C до +70°C
Тип лазера	класс II
Подсветка	светодиод



Фото 8.6. Комплект поставки: ремешок, дальномер, чехол

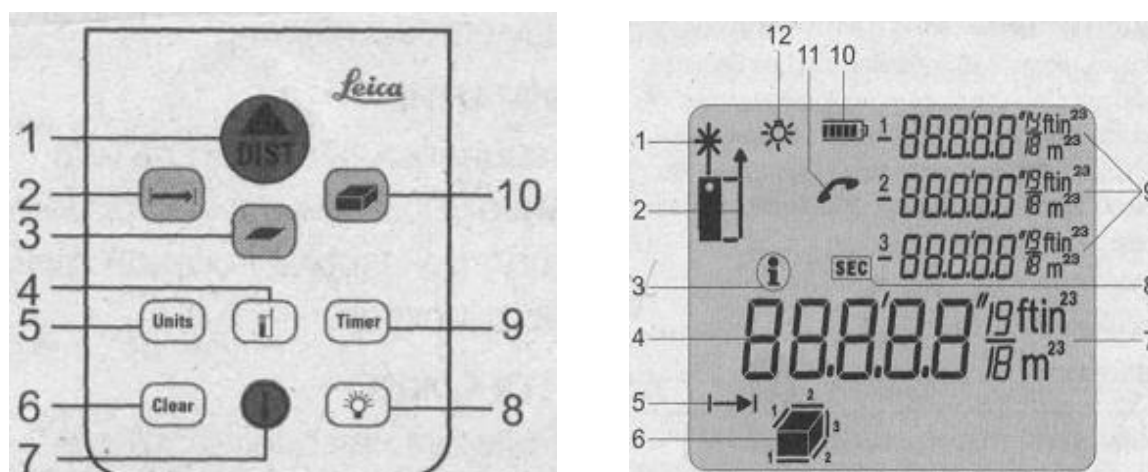


Рис. 8.1. Интерфейс прибора: а) клавиатура: 1 – измерение, 2 – измерение расстояния, 3 – площадь, 4 – точка отсчёта, 5 – единицы

измерения, 6 – сброс, 7 – клавиша вкл/выкл, 8 – подсветка, 9 – таймер автоспуска, 10 – объём; б) показания дисплея: 1 – лазер «включён», 2 – точка отсчёта (от объектива/от задней пятки), 3 – информация, 4 – основное показание (например, измеренное расстояние), 5 – измерение расстояния, 6 – площадь/объём, 7 – единицы измерения с показателем степени ($^2/^\circ$), 8 – таймер автоспуска, 9 – 3 дополнительных показания (например, промежуточные значения), 10 – показание состояния батарей, 11 – обратитесь в сервисный центр, 12 – подсветка (вкл/выкл)

Порядок работы

Прибор включается/выключается коротким нажатием клавиши 7 (рис. 8.1, а). Если после этого не будет нажата никакая клавиша, то через 90 сек произойдёт автоматическое отключение прибора.

Клавиша 6 – «Сброс» (рис. 8.1, а) переводит прибор в основной режим, т.е. показания обнуляются.

Подсветка включается и выключается коротким нажатием клавиши 8 «Подсветка» (рис. 8.1, а). При отсутствии команды с клавиатуры подсветка выключается через 30 сек.

Для установки точки отсчёта необходимо нажимать клавишу 4 (рис. 8.1, а), пока на дисплее не появится нужная точка отсчёта. Выбранная установка сохраняется, пока не происходит изменение точки отсчёта, либо автоматическое или ручное выключение прибора. По умолчанию установлена точка отсчёта от задней пятки.

Для измерения расстояния необходимо два раза нажать клавишу 2 «Измерение расстояния» (рис. 8.1, а). При первом нажатии клавиши включается лазер и прибор находится в режиме визирования. При повторном нажатии производится измерение расстояния, и на дисплее появляется результат в выбранной единице измерения.

Если нужно сделать серию измерений, то можно работать в режиме непрерывной работы лазера. Для этого необходимо нажимать клавишу 1 (рис. 8.1, а), пока не раздастся длинный звуковой сигнал – включится режим непрерывной работы лазера. При каждом следующем нажатии клавиши 1 производится измерение расстояния.

Таймер автоспуска – клавиша 9 (рис. 8.1, а) – используют тогда, когда необходимо задержать измерение. Клавишу 9 следует удерживать в нажатом состоянии, пока не получим желаемое время задержки (максимально – 60 сек). После этого на дисплее появляется пиктограмма. После отпускания клавиши начнётся обратный отсчёт секунд, остающихся до измерения. Отсчёт последних 5 сек сопровождается звуковым сигналом.

Для вычисления площади необходимо нажимать клавишу 3 (рис. 8.1, а) до появления на экране пиктограммы. Измеряемая сторона на пиктограмме мигает. Далее выполняются два измерения (длина×ширина). Окончательный результат и оба промежуточных появятся на дисплее.

Вычисление объёма производится аналогично.

Единицы измерения расстояний – мм, см.

Оптический визир луча – позволяет рассмотреть отражение лазерного луча от объекта, находящегося на значительном расстоянии.

Пузырьковый уровень – позволяет производить замеры параллельно линии горизонта (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Пузырьковый уровень

Визирная мишень используется при измерении до поверхностей с малым коэффициентом отражения: на расстояниях до 30 м – белая сторона, на расстояниях более 30 м – коричневая сторона со специальным отражающим слоем (рис. 8.3).

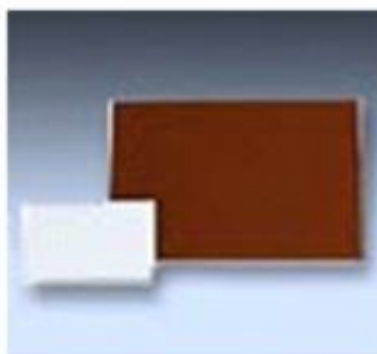
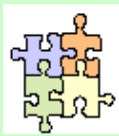


Рис. 8.3. Визирные пластины



ПРИМЕЧАНИЕ

- При дневном свете (на улице), особенно при измерении на предельных дальностях, всегда работайте с оптическим визиром. Если нужно затеняйте визирную цель.
- Дальность измерения увеличивается ночью, в сумерках и при затенении визирной цели.
- Дальность измерений уменьшается при измерении до матовых зеленых и синих поверхностей, а также при визировании на растения и деревья.
- На неровных поверхностях (например, грубая штукатурка) измерение производится по центру лазерного пятна. Чтобы избежать ошибочных измерений на неровных поверхностях, необходимо использовать визирную пластину.
- Во избежание ошибок нельзя производить измерения против прозрачных и полупрозрачных поверхностей – воды, чистого стекла, плёнок.
- Ошибочное измерение можно получить, если на линии визирования находится несколько объектов, стекло.
- Во избежание ошибок не следует визировать на объект под углом близким к 180 градусов; под прямым углом.
- Не следует визировать на очень маленькие поверхности, так как может не хватить места для лазерного пятна.
- При визировании на расстояние до 30 м используйте визирные пластины белой стороной; на большем расстоянии поворачивайте пластины коричневой поверхностью.

Максимальная погрешность в измерениях возникает при неблагоприятных условиях – при ярком солнечном свете или при измерении на плохую отражающую поверхность. Для расстояний более 30 м – при измерениях без визирной пластины – максимальная погрешность может увеличиться от $\pm 0,1$ мм/м до максимального значения ± 10 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Образец титульного листа для выполнения расчетно-графических работ

Федеральное агентство по образованию

Томский политехнический университет

**Институт геологии и нефтегазового дела
Кафедра ТХНГ**

**Лабораторная работа №
Название работы**

Исполнитель

Ф.И.О.

Студент группы

подпись

дата

Руководитель

Ф.И.О.

Должность, ученая ст., звание

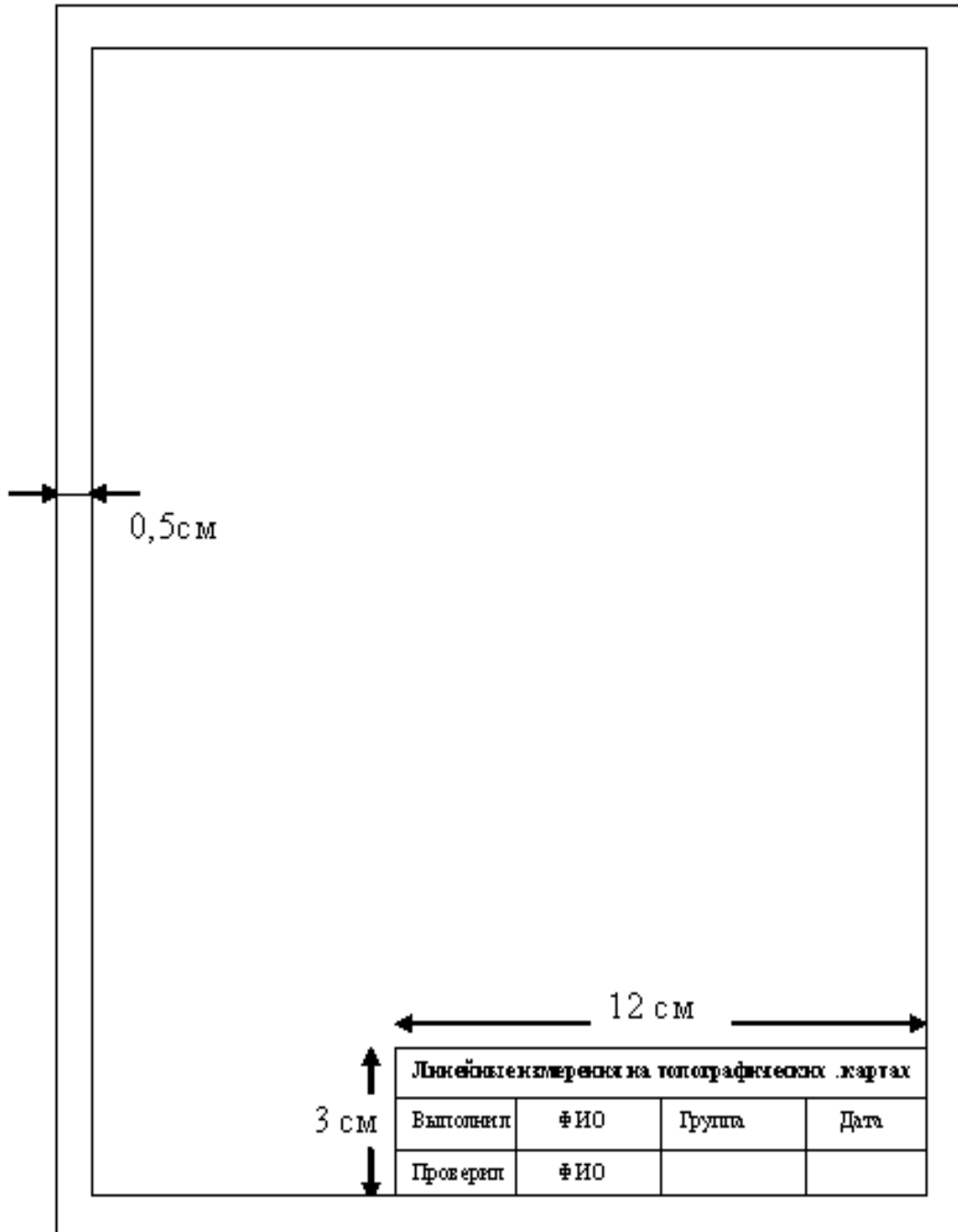
подпись

дата

Томск 2006

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Образец графического листа формата А4 для выполнения
расчетно-графических работ



Шадрина Анастасия Викторовна
Антропова Наталья Алексеевна
Передерин Велиор Митрофанович
Чухарева Наталья Вячеславовна

**Расчетно-графические работы по инженерно-
геодезическому обеспечению строительства
газонефтепроводов**

Учебное пособие

Научный редактор, доктор технических наук, профессор, заслуженный
Деятель науки РФ В.Г. Лукьянов

Редактор

Подписано к печати
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать RISO/Усл.печ.л. Уч.-изд.л.
Тираж 150 экз. Заказ . Цена свободная.
Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30