

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

С.Е. Турчик, Е.А. Андреева

**Методические указания**  
для практических, лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Основы  
геодезии»

специальности среднего профессионального образования  
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Авторы: Турчик С.Е. – асс. кафедры «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог»  
Е.А. Андреева – асс. кафедра «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог»

Ростов-на-Дону  
РГУПС  
2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. ....	4
1 РАБОТА С ТЕОДОЛИТОМ .....	5
1.1 Принцип измерения горизонтальных углов .....	5
1.2 Устройство теодолита в общем виде .....	6
1.3 Поверки и юстировки теодолита технической точности .....	12
1.4 Измерение горизонтальных углов способом приемов .....	18
2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С ТЕОДОЛИТОМ .....	21
2.1 Правила работы с геодезическими инструментами .....	21
2.2 <i>Лабораторная работа № 1 Изучение устройства теодолита 2Т30, взятие отсчетов по кругам</i> .....	21
2.3 <i>Лабораторная работа № 2 Поверки и юстировки теодолита 2Т30</i> .....	25
2.4 <i>Лабораторная работа № 3 Измерение горизонтального угла способом приемов</i> .....	26
3 РАБОТА С НИВЕЛИРОМ .....	27
3.1 Основные понятия нивелирования .....	27
3.2 Способы определения высот .....	28
3.3 Сущность и способы геометрического нивелирования .....	29
3.4 Последовательное нивелирование .....	30
3.5 Устройство нивелира в общем виде .....	32
3.6 Устройство нивелира с компенсатором .....	33
3.7 Нивелирные рейки .....	36
3.8 Поверки и юстировки нивелира технической точности .....	37
3.9 Производство технического нивелирования .....	42
4 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С НИВЕЛИРОМ .....	47
4.1 <i>Лабораторная работа № 4. Изучение устройства технических нивелиров, взятие отсчетов по рейке</i> .....	47
4.2 <i>Лабораторная работа № 5. Поверки и юстировки нивелира с компенсатором</i> .....	49
4.3 <i>Лабораторная работа № 6. Работа на станции технического нивелирования</i> .....	50
4.4 <i>Лабораторная работа № 7. Исследование разности высот нулей пары реек</i> .....	50
5 РАБОТА С ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ .....	52
5.1 Устройство электронного тахеометра Focus 6 .....	52
5.2 Техника безопасности при работе с электронным тахеометром .....	66
6 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С ТАХЕОМЕТРОМ .....	70
6.1 <i>Лабораторная работа № 8. Изучение устройства тахеометра Focus 6, назначения его функциональных клавиш</i> .....	70
6.2 <i>Лабораторная работа № 9. Поверки и юстировки тахеометра Focus 6</i> .....	70
7 ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	77

7.1 Масштабы топографических карт и планов.....	77
7.2 Определение горизонтального проложения линии по численному масштабу карты.....	79
7.3 Определение по топографической карте геодезических координат заданных точек.....	80
7.4. Определение по топографической карте прямоугольных координат заданных точек.....	81
7.5 Определение углов ориентирования линии по топографической карте...	82
7.6 Решение прямой и обратной геодезических задач.....	83
7.7 Определение высоты заданных точек по карте. Вычисление уклона линии.....	84
7.8 Построение профиля линии по топографической карте.....	86
7.9 Обработка материалов теодолитной съемки.....	87
7.10 Нивелирование трассы.....	91
7.11 Задание по исполнительной съемке.....	96
8 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА.....	99
Библиографический список .....	100

## ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов составлены в соответствии с ФГОС СПО и рабочей программой учебной дисциплины ОП.09 "Основы геодезии", которые являются частью программы подготовки специалистов среднего звена специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Рабочей программой предусмотрено на выполнение практических работ 52 часа, лабораторных работ 20 часов и самостоятельной работы студентов 12 часов. Предусмотренные виды работ обучающихся проводятся с целью:

- освоения компетенций, предусмотренных ФГОС СПО;
- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности, исследовательских умений;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

В процессе освоения у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

ОК-1 - Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК-02 - Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК-04 - Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК-05 - Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ПК-2.2. - Организовывать подготовку строительной площадки и участков к производству строительных работ.

# 1 РАБОТА С ТЕОДОЛИТОМ

## 1.1 Принцип измерения горизонтальных углов

Точки местности  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , имеющие разные высотные отметки, образуют пространственный угол  $ABC$ . Лучи  $BA$  и  $BC$ , составляющие этот угол, лежат в вертикальных плоскостях  $Q$  и  $P$  (рис. 1.1). Горизонтальной проекцией данного угла является угол  $abc = \beta$ , который необходимо измерить.

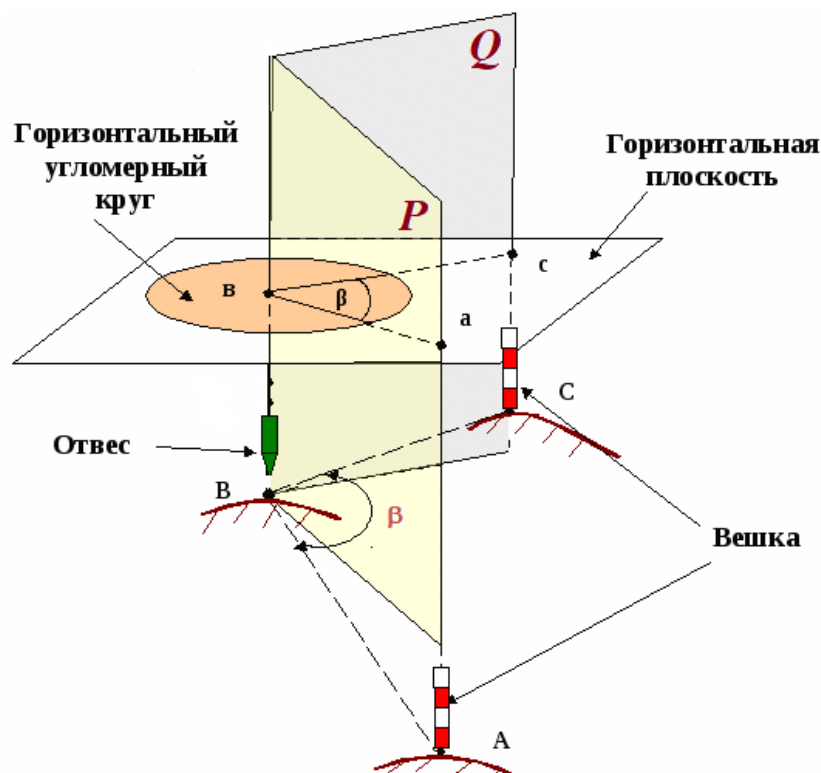


Рис. 1.1 Принципиальная схема измерения углов местности

Чтобы измерить угол  $\beta$ , необходимо иметь:

- 1) две секущие вертикальные плоскости  $Q$  и  $P$  с визирным приспособлением;
- 2) приспособление для установки круга в горизонтальное положение, т.е. параллельно плоскости горизонта;
- 3) отсчетное приспособление для отсчитывания угла.

Как следует из вышеперечисленных задач, геодезический инструмент, называемый **теодолитом**, должен иметь:

- неподвижную горизонтальную плоскость (градуированный круг) – горизонтальный **лимб** ГК, вертикальный **лимб** ВК. Во время измерения угла  $\beta$  плоскость лимба должна занимать горизонтальное положение, а центр – устанавливаться по отвесной линии  $bB$  проходящей через вершину  $B$  измеряемого угла;

- приспособление для визирования вдоль измеряемого угла – зрительную трубу;

– вертикальную проектирующую плоскость, которая образуется визирной осью при вращении зрительной трубы вокруг ее горизонтальной оси. Эта плоскость называется **коллимационной**. При измерении угла  $\beta$  она должна быть перпендикулярна плоскости лимба, т.е. отвесна. Коллимационными плоскостями являются плоскости ***Q*** и ***P*** (см. рис. 1.1);

– приспособление для отсчитывания угла.

Следы вертикальных плоскостей ***Q*** и ***P*** зафиксированы на лимбе ГК отсчетами ***a*** и ***c***. Деления на лимбе возрастают по ходу часовой стрелки, поэтому горизонтальный угол  $\beta = a - c$ .

## 1.2 Устройство теодолита в общем виде

**Теодолит** – это оптико-механический прибор, с помощью которого измеряют горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и магнитные азимуты.

**Теодолит 2Т30** (рис. 1.2) относится к теодолитам технической точности, выполняющий угловые измерения с точностью **30"**.



Рис. 1.2 Теодолит 2Т30

В теодолите используются следующие основные понятия:

**лимб** – рабочая мера теодолита в виде круговой шкалы (рис. 1.3);

**круг** – деталь геодезического прибора, несущая лимб;

**алидада** – часть прибора, расположенная соосно с лимбом и несущая элементы отсчетного устройства (рис. 1.3);

**отсчетное устройство** – часть конструкции прибора, предназначенная для считывания информации об измеряемой величине;

**вертикальная ось** – ось вращения алидады горизонтального круга;

**горизонтальная ось** – ось вращения зрительной трубы в вертикальной плоскости;

**уровень** – устройство, служащее для определения положения прибора и его отдельных узлов относительно отвесных линий.

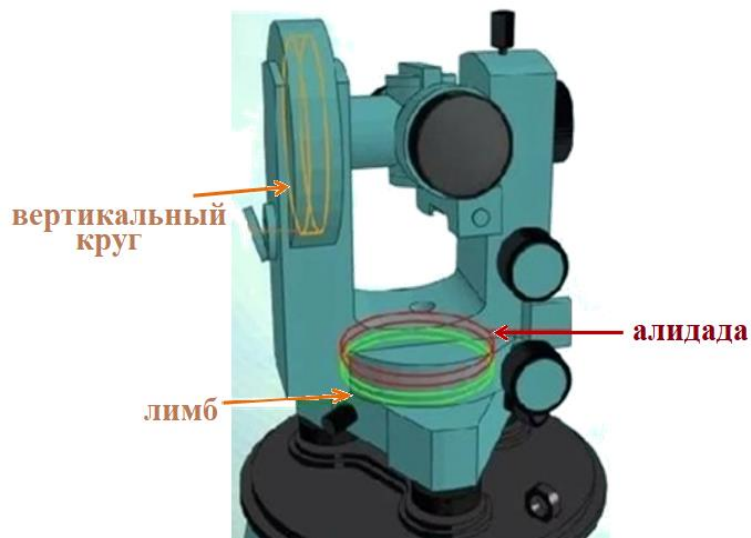


Рис. 1.3 Горизонтальный и вертикальный круги теодолита

**Зрительная труба** геодезических инструментов служит для наблюдения удаленных предметов. В современных геодезических инструментах применяются зрительные трубы с **внутренней фокусировкой**, имеющие постоянную длину (рис. 1.4).

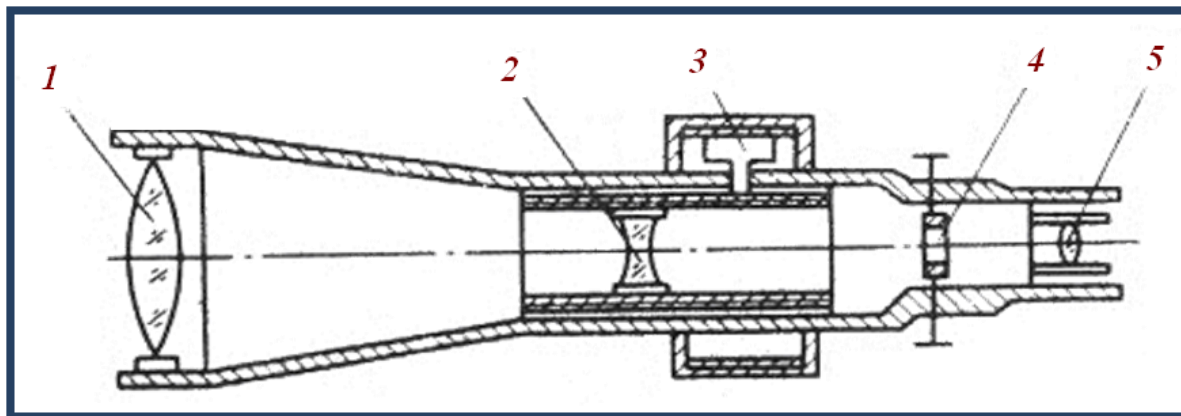


Рис. 1.4 Зрительная труба с внутренней фокусировкой

Между объективом **1** и окуляром **5** расположена отрицательная двояковогнутая линза **2**, которая перемещается с помощью **кремальеры 3**. При ее вращении изменяется расстояние от линзы до объектива и выполняется **фокусировка по предмету**.

В окулярной части трубы расположено приспособление для визирования **4** – **сетка нитей**, представляющая собой стеклянную пластинку с нанесенной на нее сеткой штрихов и линий (рис. 1.5).

Сетка нитей представляет собой тонкую плоскопараллельную пластинку (диафрагму), на которой нанесены два тонких взаимно перпендикулярных штриха, один из которых (двойной штрих) называется **биссектором**.

Точка пересечения этих штрихов называется *перекрестием сетки нитей*. Дополнительные короткие штрихи называют *дальномерными* и используют для измерения расстояний.

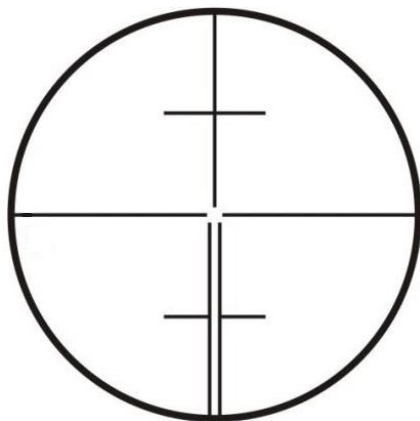


Рис. 1.5 Сетка нитей зрительной трубы теодолита

Для надлежащей установки сетки нитей *1* служат четыре юстировочных винта *2* и четыре крепежных винта *3*, регулирующих положение пластинки по горизонтали и вертикали (рис. 1.6).



Рис. 1.6 Юстировочные и крепежные винты сетки нитей

Сетка нитей закрыта кольцом *1*. *Диоптрийное кольцо 2* служит для фокусирования изображения сетки нитей – *установки сетки нитей по глазу* (рис. 1.7).

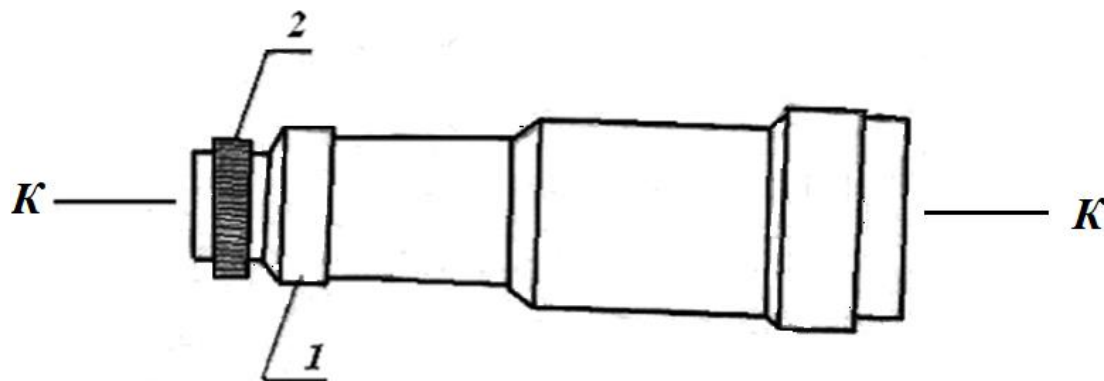


Рис. 1.7 Окулярная часть зрительной трубы



**Цилиндрический уровень** (рис. 1.8) предназначен для приведения плоскости лимба горизонтального круга в положение, перпендикулярное отвесной линии (горизонтальное положение).

Подставка теодолита имеет три **подъемных винта**, вращая которые можно изменять положение плоскости горизонтального круга. Подъемные винты имеют мелкую резьбу, что обеспечивает плавность перемещения оси вращения инструмента в пространстве.



Рис. 1.8 Цилиндрический уровень и подъемные винты теодолита

**Подъемные винты** теодолита служат для приведения пузырька цилиндрического уровня в **нульпункт** (центральная часть ампулы) (рис. 1.9)

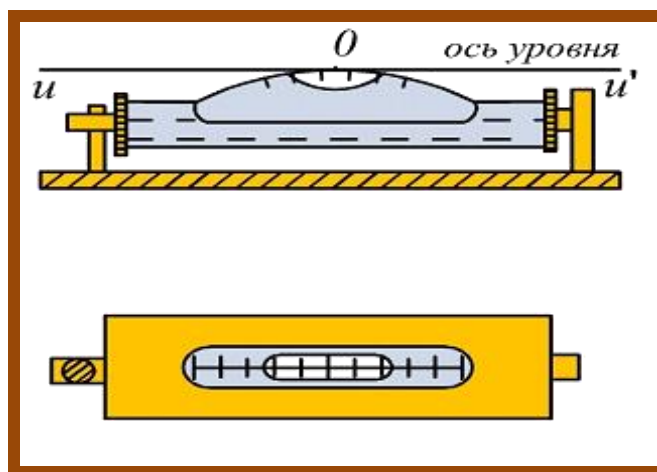


Рис. 1.9 Устройство цилиндрического уровня

Цилиндрический уровень – это стеклянная трубка (ампула), внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги круга радиуса от 3,5 до 200 м.

При изготовлении уровня ампулу заполняют легкоподвижной жидкостью (серным эфиром или спиртом), нагревают и запаивают. После охлаждения внутри ампулы образуется небольшое пространство, заполненное парами жидкости, которое называют *пузырьком уровня*. Для защиты от повреждений ампула заключается в металлическую оправу, заполненную гипсом.

*Осью цилиндрического уровня  $UU'$*  называется касательная к внутренней поверхности ампулы в точке нульпункта  $O$  (см. рис. 1.9).

*Горизонтальный круг* теодолита состоит из *лимба* (нижний круг) и *алидады*, расположенной над ним (см. рис. 1.3). Стекло́нный лимб имеет скошенный край с делениями от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , счет которых ведется по ходу часовой стрелки. Лимб характеризуется ценой его деления

$$\tau = 360^\circ / n,$$

где  $n$  – число делений на лимбе.

*Вертикальный круг* устроен аналогично горизонтальному и предназначен для измерения вертикальных углов (углов наклона) (рис. 1.10).

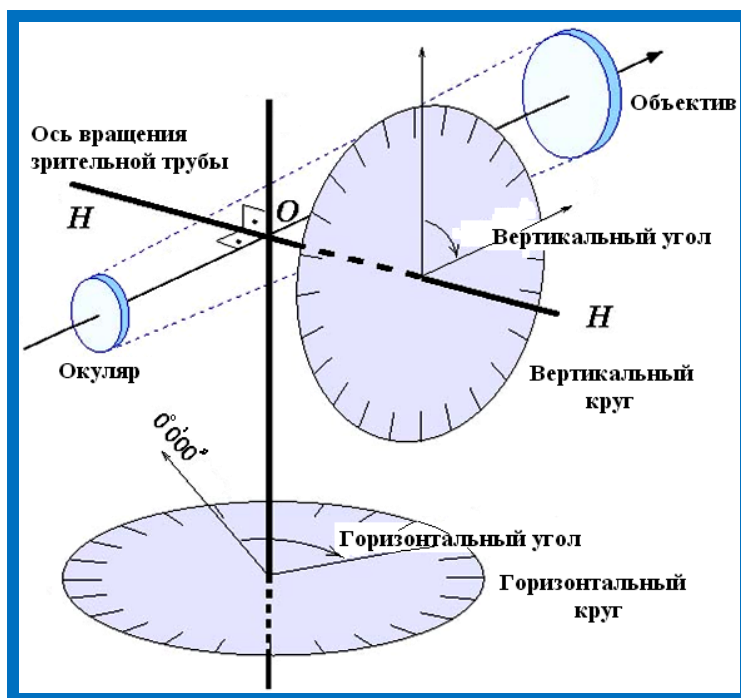


Рис. 1.10 Угломерные круги теодолита 2Т30

*Отсчетные устройства теодолита* служат для оценки долей делений лимба. В качестве отсчетных устройств используют:

- *штриховые микроскопы*;
- *шкаловые микроскопы*;
- *оптические микрометры*.

На рис. 1.11 показано поле зрения *штрихового микроскопа* теодолита Т30 с изображением штриха на алидаде и лимба с ценой наименьшего деления  $10'$ . Оценку долей деления лимба осуществляют по неподвижному Т-образному *индексу*.

**Порядок взятия отсчета:** ближайший слева расположенный штрих лимба – это *градусы*. *Минуты* отсчитываются от этого штриха лимба до индекса, оценивая десятые доли деления лимба на глаз с точностью до  $0,5'$ .

На рис. 1.11 отсчет по горизонтальному кругу будет равен  $159^{\circ}46'$ , по вертикальному –  $350^{\circ}48'$ .

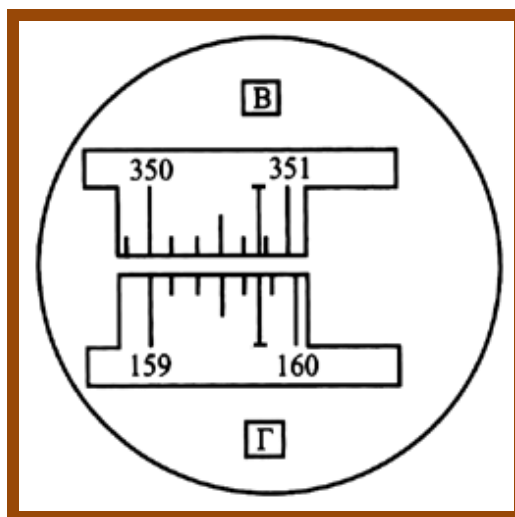


Рис. 1.11 Отсчетная система теодолита Т30

На рис. 1.12 показано изображение поля зрения *шкалового микроскопа* теодолита 2Т30 с ценой деления лимба в  $1^{\circ}$ .

Длина шкалы, расположенной на алидаде, равна одному делению лимба. Шкала разделена на 12 делений, следовательно, цена наименьшего деления шкалы составляет  $5'$ . Отсчет по шкале берется с точностью  $0,5'$ .

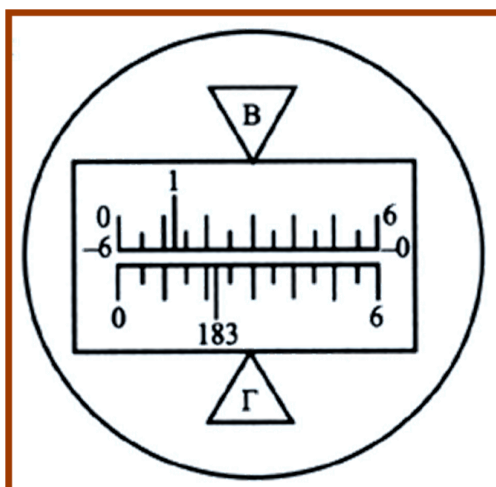


Рис. 1.12 Отсчетная система теодолита 2Т30

**Порядок взятия отсчета:** *градусы* – это штрих лимба, попадающий в шкалу алидады. *Минуты* отсчитываются от нуля шкалы до данного штриха лимба.

На рис. 1.12 отсчет по горизонтальному кругу равен  $183^{\circ}22'$ , по вертикальному –  $1^{\circ}12'$ .

### 1.3 Поверки и юстировки теодолита технической точности

При получении теодолита (нового или старого после хранения) необходимо установить его пригодность к работе. Взаимное расположение частей теодолита должно удовлетворять ряду геометрических условий, вытекающих из принципа измерения угла.

**Проверить теодолит** – проверить правильность выполнения геометрических условий, которым должен удовлетворять теодолит.

**Задача проверок** – выявить отступления от геометрических условий, положенных в основу конструкции теодолита и возможно полное устранение этих отступлений.

**Юстировка** – приведение в соответствие элементов прибора к требуемым геометрическим условиям.

Все теодолиты, несмотря на конструктивные особенности, имеют одни и те же основные геометрические оси (рис. 1.13):

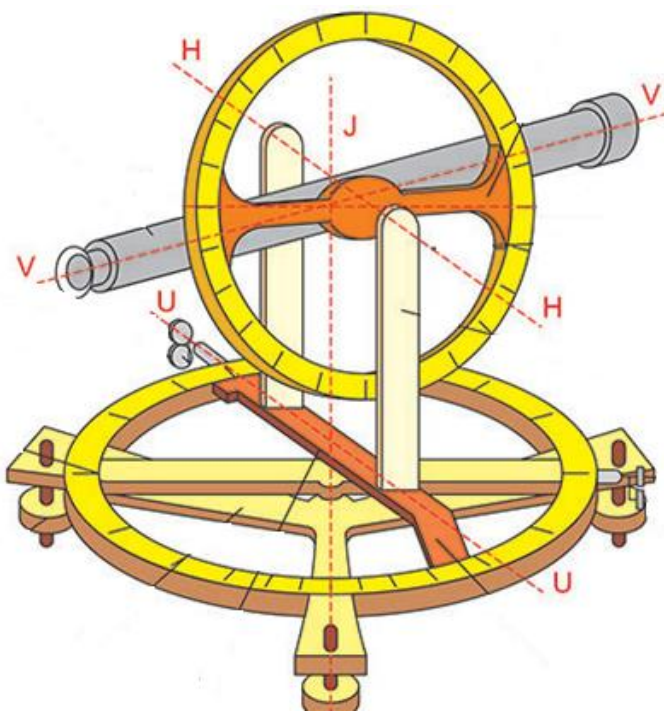


Рис. 1.13 Основные оси теодолита:

**JJ** – ось вращения инструмента (главная ось);

**UU** – ось цилиндрического уровня;

**VV** – визирная ось зрительной трубы;

**HH** – ось вращения зрительной трубы.

Перед началом проверок теодолит приводят в *рабочее положение*. Установка оси цилиндрического уровня в горизонтальное положение называется *нивелированием (горизонтированием)* и выполняется в следующем порядке:

*а)* цилиндрический уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов подставки и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нульпункт (рис. 1.14);

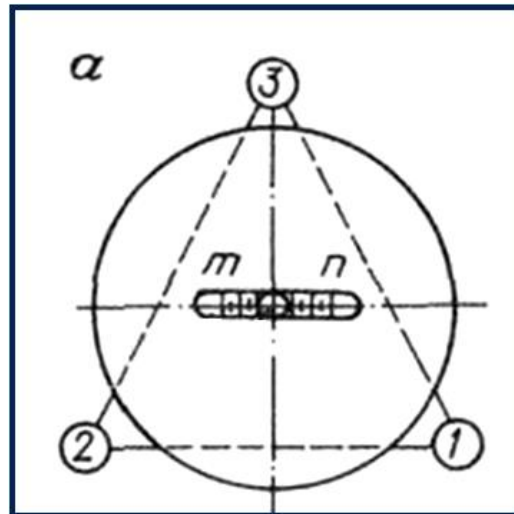


Рис. 1.14 Приведение пузырька цилиндрического уровня при его установке по направлению двух подъемных винтов

*б)* поворачивают алидаду горизонтального круга на  $90^\circ$  и вращением третьего подъемного винта снова приводят пузырек уровня в нульпункт (рис. 1.15);

*в)* действия повторяют до тех пор, пока пузырек уровня не будет сходиться с нульпункта при всех положениях алидады горизонтального круга.

Если теодолит *отнивелирован*, то это значит, что ось его вращения приведена в *отвесное положение*.

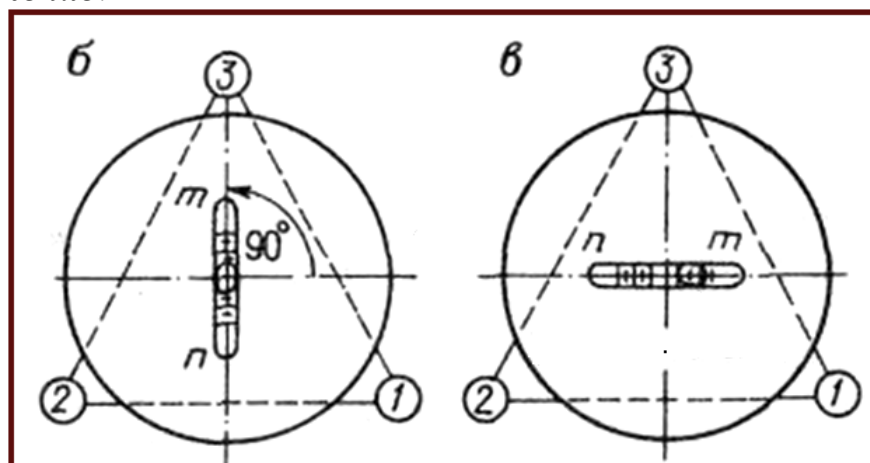


Рис. 1.15 Приведение пузырька цилиндрического уровня при его установке по направлению третьего подъемного винта

Проверки теодолита должны выполняться в определенной последовательности.

**Первая поверка – поверка цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.**

Условие: *ось цилиндрического уровня при алидаде ГК должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.*

Цилиндрический уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов. Пузырек уровня должен находиться в нульпункте. Затем алидаду поворачивают на **180°** (рис. 1.16). Если пузырек отклонился от нульпункта не более чем на *половину деления*, то условие выполнено.

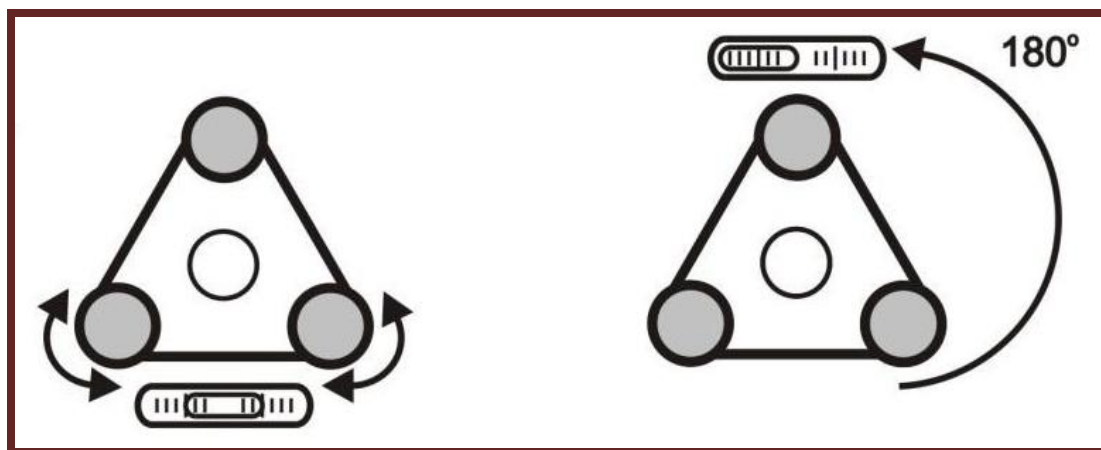


Рис. 1.16 Действия при выполнении поверки цилиндрического уровня

При невыполнении условия необходимо провести **юстировку**: на половину дуги отклонения пузырек перемещают юстировочными винтами уровня (рис. 1.17), а на вторую половину дуги – подъемными винтами.

Поверка выполняется **методом последовательных приближений**.

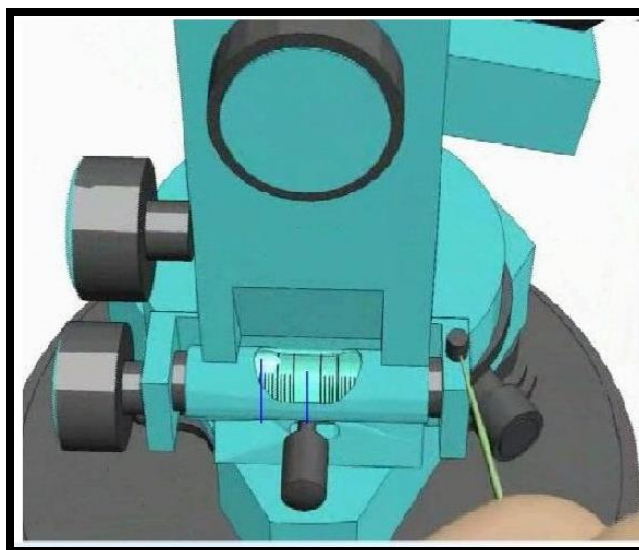


Рис. 1.17 Юстировочные винты цилиндрического уровня

**Вторая поверка – поверка сетки нитей.**



Условие: *горизонтальный штрих сетки должен быть перпендикулярен оси вращения теодолита.*

Зрительную трубу необходимо навести на удобную для визирования точку *М*, совместить ее изображение с левым концом горизонтального штриха сетки нитей и, вращая наводящий винт алидады, проследить, не сходит ли изображение точки с правого конца штриха сетки нитей (рис. 1.18).

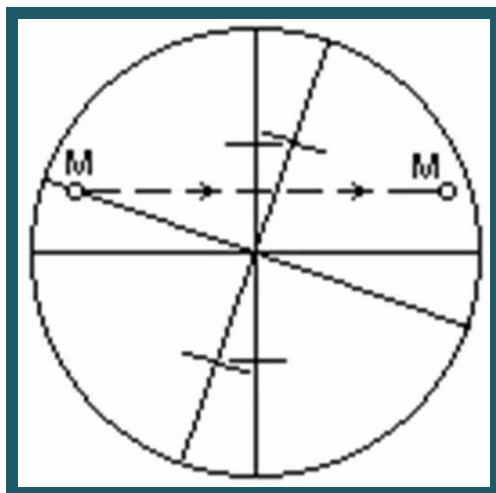


Рис. 1.18 Выполнение поверки сетки нитей

Если изображение точки сходит более чем на три ширины штриха, то необходимо выполнить *юстировку*.

Для юстировки снимают колпачок с окулярной части трубы, отпускают четыре ее крепежных винта *1* (рис. 1.19) и, вращая пальцами окулярную часть, добиваются, чтобы вертикальный штрих сетки нитей совпал с *нитью отвеса* (рис. 1.20).

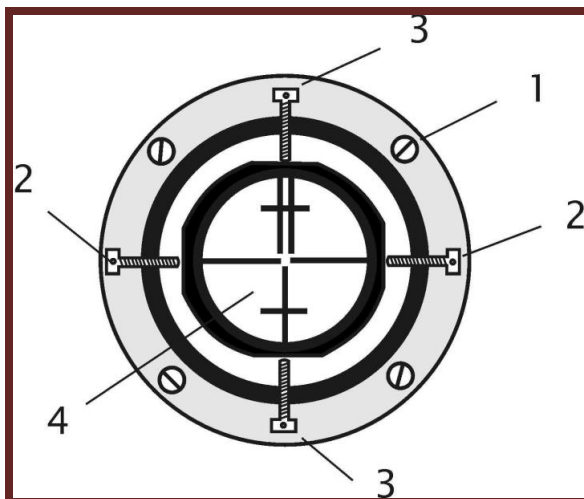


Рис. 1.19 Юстировочные и крепежные винты сетки нитей

Поверку также можно выполнить визированием вертикальной нити сетки на нить отвеса. Если они совпадают, то условие выполнено. В противном случае производится юстировка.

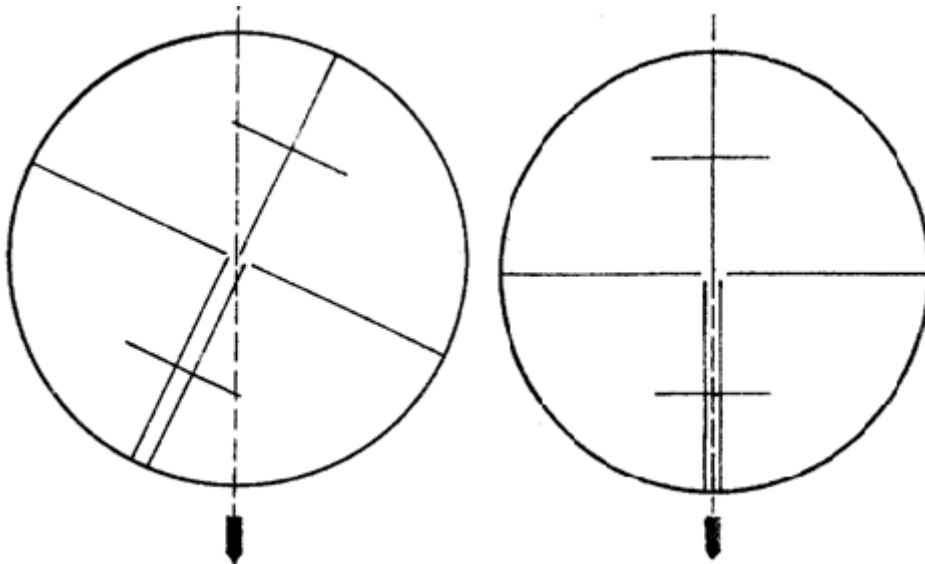


Рис. 1.20 Юстировка сетки нитей по нити отвеса

**Третья поверка – определение коллимационной ошибки зрительной трубы.**

Условие: *визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси ее вращения.*

При соблюдении этого условия визирная ось во время вращения зрительной трубы вокруг своей оси образует плоскость, называемую **коллимационной**.

Угол отклонения от перпендикулярности оси вращения и визирной оси зрительной трубы называется **коллимационной ошибкой** зрительной трубы ( $C$ ).

Для выполнения поверки нужно теодолит привести в рабочее положение, выбрать удаленную (не менее 50 м) точку вблизи горизонта, навести на нее при КЛ и взять отсчет по ГК. Затем перевести трубу через зенит, навести на ту же наблюдаемую точку, и взять отсчет по ГК при КП.

Коллимационную ошибку вычисляют по формуле

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}.$$

Значение коллимационной ошибки не должно превышать **двойной точности теодолита** (для 2Т30  $2t = 2 \times 30'' = 1'$ ).

Если условие не выполнено, то нужно провести **юстировку**:

1) вычисляют исправленный отсчет по лимбу горизонтального круга по формулам:

– если при выполнении поверки последним был КЛ, то

$$КЛ_{испр} = КЛ - C;$$

– если последним был КП, то  $КП_{испр} = КП + C;$

2) устанавливают исправленный отсчет наводящим винтом алидады;

3) сетка нитей уйдет с изображения наблюдаемой точки влево или вправо.

Необходимо вернуть ее на точку, вращая пару горизонтальных юстировочных винтов сетки нитей 2 (см. рис. 1.19).

**Четвертая поверка – проверка неравенства подставок.**

Условие: *ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита*



В 2...3 м от стены здания устанавливают теодолит на штативе, приводят его в рабочее положение. На стене выбирают точку под углом  $\nu = 25...35^\circ$  к горизонту. Наводят на выбранную точку и наклоняют зрительную трубу до уровня горизонта. При этом отмечают на стене проекцию точки  $m_1$  так, чтобы ее изображение точно совпало с серединой биссектора сетки нитей (рис. 1.21).

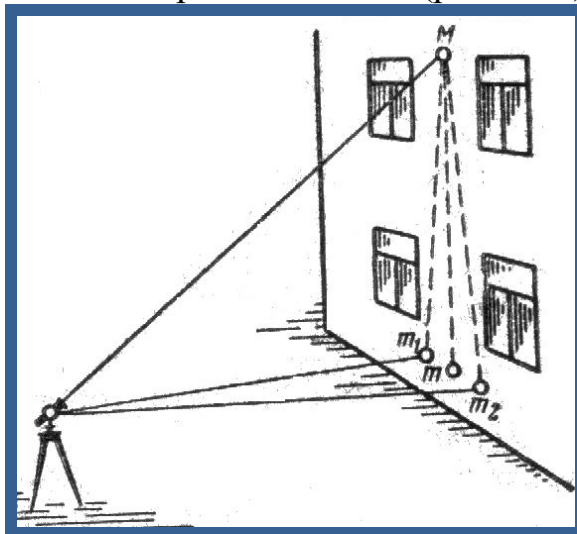


Рис. 1.21 Выполнение поверки неравенства подставок

Затем переводят зрительную трубу через зенит и снова наводят ее на верхнюю точку уже при другом положении вертикального круга. Наклонив трубу вниз, вновь отмечают на стене проекцию точки  $m_2$ .

Условие выполнено, если проекции точки совпали или сместились относительно друг друга не более чем на 0,5 ширины биссектора.

Если условие не выполняется, то юстировка производится в мастерской.

**Пятая поверка – определение и юстировка места нуля (МО) вертикального круга.**

Условие: *отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы должен быть близок к нулю и не превышать двойной точности теодолита.*

Значение МО определяют визированием на удаленную высоко расположенную точку при двух положениях вертикального круга – КЛ и КП. Перед наведением проверить пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга, который должен быть в нульпункте.

Вычисляют значение МО по формуле

$$МО = (КЛ + КП)/2,$$

сравнивают его с допуском.

Если данное условие не выполняется, то необходимо выполнить **юстировку**.

Порядок юстировки:

1) вычислить исправленный отсчет в зависимости от того, какой круг был последним, как

$$КП_{испр} = КП - МО; \quad КЛ_{испр} = КЛ - МО.$$

2) установить исправленный отсчет по вертикальному кругу наводящим винтом зрительной трубы. Сетка нитей уйдет с изображения наблюдаемой точки вверх или вниз;

3) вращением пары вертикальных юстировочных винтов сетки нитей добиваются совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки (см. рис. 1.19). Поверку выполняют заново.

## 1.4 Измерение горизонтальных углов способом приемов

**Горизонтальный угол** – это двугранный угол (рис. 1.1), ребро которого образованно отвесной линией, проходящей через данную точку (угол между горизонтальными проекциями двух направлений из вершины угла).

Измерение горизонтального угла начинают с **приведения теодолита в рабочее положение**.

Последнее включает в себя:

**1 Центрирование.** Для этого теодолит устанавливают на штатив, скрепляют станковым винтом, к крючку которого подвешивают нить отвеса. Теодолит перемещают так, чтобы острие отвеса попало на центр точки местности (рис. 1.22), а поверхность штатива при этом была горизонтальна на глаз. Этим добиваются, чтобы ось вращения теодолита проходила через вершину измеряемого угла.



Рис. 1.22 Центрирование теодолита

Точность центрирования нитяным отвесом составляет **5 мм**.

**2 Нивелирование (горизонтирование)** теодолита выполняется с помощью цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга и трех подъемных винтов подставки в определенной последовательности. Для этого необходимо:

1) открепить алидаду и установить цилиндрический уровень по направлению двух подъемных винтов. Вращая их в разные стороны, привести пузырек уровня в нульпункт;

2) открепить алидаду и повернуть ее на  $90^\circ$ . Третьим подъемным винтом привести пузырек цилиндрического уровня в нульпункт;

3) все действия повторять до тех пор, пока пузырек уровня не будет оставаться в нульпункте по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

**Отнивелировать теодолит** – это значит привести ось его вращения в отвесное положение (рис. 1.23).



Рис. 1.23 Приведение оси вращения теодолита в отвесное положение

### **3 Установка трубы для визирования.**

Подготовить трубу для визирования – это значит получить в поле зрения трубы резкое и отчетливое изображение сетки нитей и наблюдаемого предмета. Это достигается соответствующими движениями фокусирующей системы зрительной трубы теодолита (выполняется фокусировка сетки нитей по глазу и фокусировка по предмету).

После приведения теодолита в рабочее положение приступают к измерению угла **способом приемов (способ измерения отдельного угла)**.

Горизонтальный угол (рис. 1.24) состоит из вершины (точка **В**) и двух направлений: правого **ВА** и левого **ВС**.

Порядок измерения угла следующий.

В точках **А** и **С** устанавливают вертикально вешки. Угол измеряют полным приемом, состоящим из двух полуприемов (при КП и КЛ).

**Полуприемом** называют измерения, выполняемые при одном круге.

**Первый полуприем** выполняют при **КП**. Открепив алидаду и зрительную трубу приближенно наводят на (правую) заднюю по ходу точку **А**. Затем наводящими винтами алидады и зрительной трубы нижнюю часть вешки точно вводят в биссектор.

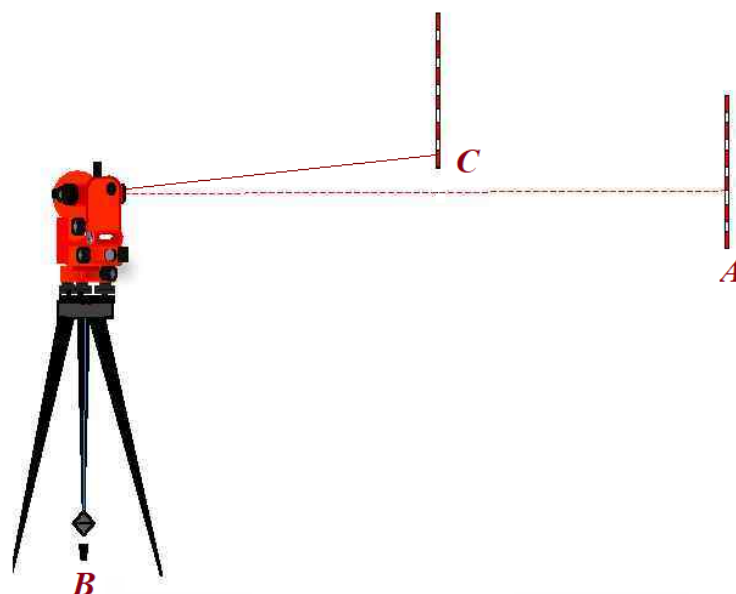


Рис. 1.24 Горизонтальный угол

Снимают отсчет  $a$  по горизонтальному кругу и записывают его в журнал (рис. 1.25). Далее, открепив алидаду и зрительную трубу, визируют на левую точку  $C$ , записывают отсчет  $c$  в журнал.

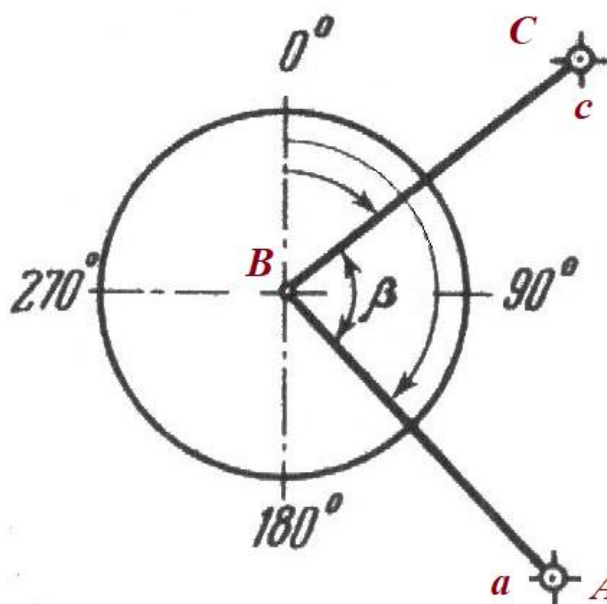


Рис. 1.25 Измерение горизонтального угла способом приемов

Угол получают как разность отсчетов на правую и левую точки ( $a - c$ ). Эти действия завершают первый полуприем.

**Второй полуприем** выполняется в следующем порядке: сбить лимб примерно на  $2...3^\circ$ . Трубу перевести через зенит, открепив алидаду и зрительную трубу. При КЛ в такой же последовательности, как и в первом полуприеме, визируют на точки  $A$  и  $C$ , берут отсчеты, записывают их в журнал.

## **2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С ТЕОДОЛИТОМ**

### **2.1 Правила работы с геодезическими инструментами**

При выполнении лабораторных работ должны соблюдаться следующие правила работы с геодезическими инструментами:

1 Ножки штатива ставить только в гнезда, заложенные в полу аудитории.

2 Перед установкой инструмента предварительно закрепить винты на ножках штатива.

3 Начиная лабораторную работу, произвести общий осмотр инструмента, проверить наличие всех его частей, плавность вращения осей и винтов, устойчивость штатива и подставки.

4 Недопустимо касаться пальцами оптики.

5 Перед началом работы подъемные и наводящие винты должны быть выведены в среднее положение.

6 Прежде чем поворачивать инструмент или какую-либо его часть, необходимо убедиться в том, что ослаблен соответствующий закрепительный винт.

7 Приступая к юстировке, необходимо начинать работу с того юстировочного винта, который нужно ослабить. Следует учитывать, что юстировочные винты сделаны из мягкого материала и на большие усилия не рассчитаны.

8 Все записи должны вестись без черновиков, сразу в тетради для лабораторных работ ручкой. Неправильная, ошибочная запись зачеркивается одной линией и наблюдения повторяются заново. Если ошибочная запись в вычислениях, то она зачеркивается одной чертой и над ней записывается правильный результат.

### **2.2 Лабораторная работа № 1**

#### **Изучение устройства теодолита 2Т30, взятие отсчетов по кругам**

Целью лабораторной работы является изучение устройства технического теодолита 2Т30.

Порядок выполнения лабораторной работы по изучению устройства теодолитов технической точности:

1 Произвести общий осмотр теодолита, ознакомиться с его устройством, работой подъемных, закрепительных и наводящих винтов.

2 В тетради для лабораторных работ зарисовать устройство теодолита 2Т30 по рис. 2.1.

3 Установить трубу по глазу и по предмету. Для установки трубы по глазу навести ее на какой-либо светлый фон и, вращая окулярную трубочку (диоптрийное кольцо), добиться ясной видимости сетки нитей. Для установки трубы по предмету навести вначале трубу на этот предмет с помощью прицельного приспособления (визира), имеющегося на трубе, а затем медленно вращать кремальеру до тех пор, пока предмет не будет виден ясно и четко.

Окончательное наведение на предмет осуществляют совмещением с этим предметом центра сетки нитей (биссектора) вращением наводящих винтов алидады и зрительной трубы.

4 Научиться брать отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита. Зарисовать поле зрения отсчетного микроскопа (рис. 2.2) в тетрадь, записать значения получаемых отсчетов.

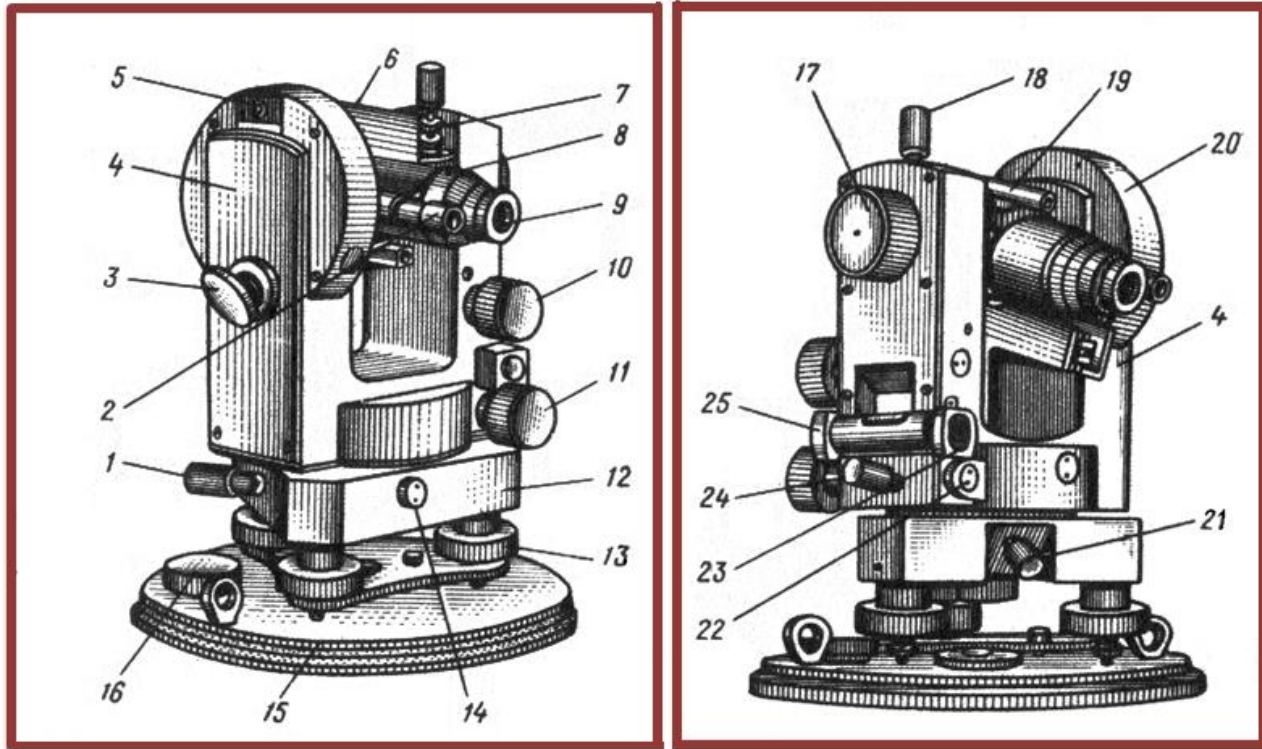


Рис. 2.1 Устройство теодолита 2Т30:

1 – наводящий винт лимба; 2 – окуляр отсчетного микроскопа; 3 – зеркало подсветки; 4 – колонка; 5 – посадочный паз для буссоли; 6 – уровень при трубе; 8 – колпачок; 9 – диоптрийное кольцо окуляра; 10 – наводящий винт зрительной трубы; 11 – наводящий винт алидады; 12 – подставка; 13 – подъемные винты; 15 – основание; 16 – крышка; 17 – кремальера; 18 – закрепительный винт зрительной трубы; 19 – визир; 20 – колонка; 21 – закрепительный винт лимба; 23 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 24 – закрепительный винт алидады; 25 – цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга

Для взятия отсчетов по кругам в теодолите 2Т30 используется шкаловый микроскоп. В нем интервал между младшим штрихом градусного деления лимба (вертикального или горизонтального), видимого в поле зрения микроскопа, и индексом отсчета определяется при помощи специальной шкалы, расположенной в плоскости промежуточного изображения штрихов лимба. Индексом отсчета является нулевой штрих шкалы. В поле зрения шкалового микроскопа видны одновременно штрихи горизонтального и вертикального кругов (рис. 2.2). Полный отсчет по шкаловому микроскопу определяется по формуле

$$S = N \times \lambda + k \times v + y \times v, \quad (2.1)$$



где  $N \times \lambda$  – отсчет младшего градусного штриха, являющегося индексом для отсчета по шкале микроскопа ( $\lambda$  – цена деления лимба);

$k$  – число целых делений шкалы;

$\nu$  – цена деления шкалы.

$$\nu = \lambda / n,$$

где  $n$  – общее количество делений в шкале;

$y$  – число десятых долей шкалы, оцениваемое на глаз.

В соответствии с формулой (2.1) отсчет по горизонтальному кругу складывается:

$$S = 295 \times 1^\circ + 7 \times 5' + 0,1 \times 5' = 295^\circ 36'.$$

Отсчет по шкале вертикального круга зависит от знака, который стоит перед градусным значением в верхней части шкалы. Если стоит знак «+», то отсчет берется по плюсовой шкале. Если знак «-», то по минусовой шкале. Согласно рис. 2.2 отсчет по вертикальному кругу будет равен  $-4^\circ 46,5'$ .

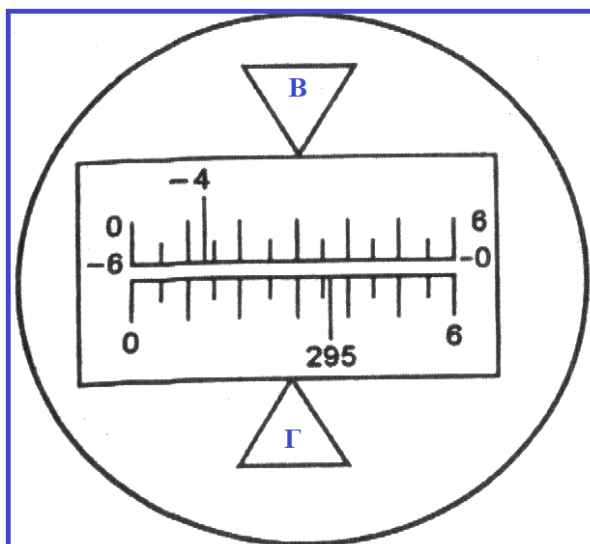


Рис. 2.2 Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30

### Теодолит 4Т30П

Теодолит 4Т30П – оптический штриховой теодолит с односторонней системой отсчета по лимбу. Он предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов с точностью  $30''$ , измерения расстояний по нитяному дальномеру, определения магнитных азимутов.

Корпус зрительной трубы представляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонки **6** (рис. 2.3). Коллиматорные визиры **4**, **16** предназначены для грубой наводки на цель. При пользовании визиром глаз должен быть на расстоянии 25...30 см от него.

Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом **14** после закрепления алидады винтом **9**, в вертикальной плоскости – наводящим винтом **15** после закрепления винтом **2**.

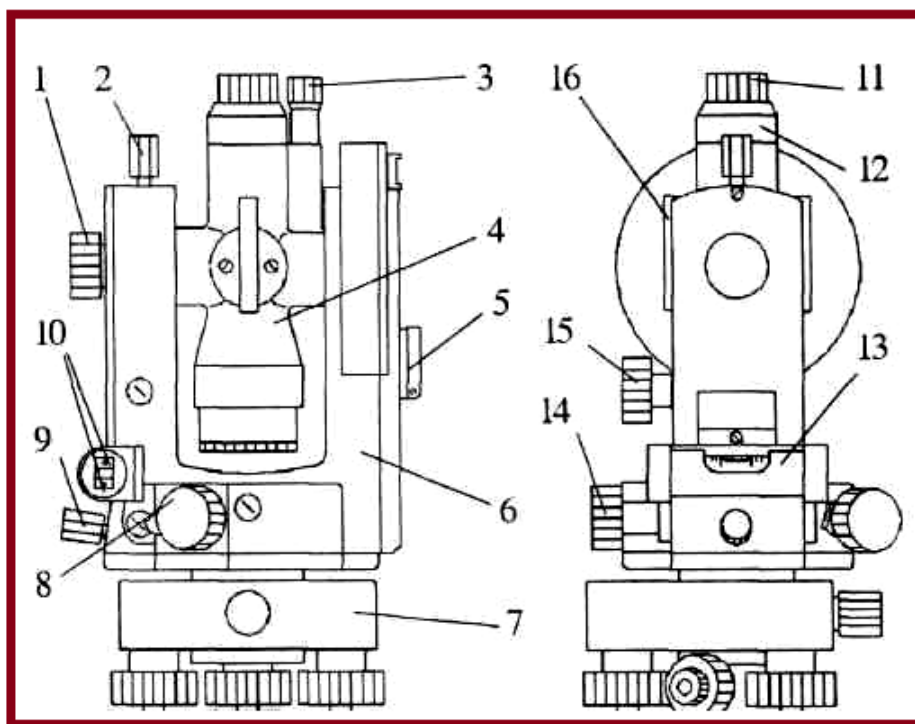


Рис. 2.3 Устройство теодолита 4Т30П:

1 – кремальера; 2 – закрепительный винт зрительной трубы; 3 – окуляр отсчетного микроскопа; 4, 16 – визир; 5 – зеркало подсветки; 6 – колонка; 7 – подставка; 8 – винт перестановки отсчетов по лимбу; 9 – закрепительный винт алидады; 10 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 11 – диоптрийное кольцо окуляра; 12 – колпачок; 13 – цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга; 14 – наводящий винт алидады; 15 – наводящий винт зрительной трубы.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через  $1^\circ$ . Горизонтальный круг имеет круговую оцифровку от  $0^\circ$  до  $359^\circ$ , а вертикальный – секторную от  $0^\circ$  до  $75^\circ$  и от  $-0^\circ$  до  $-75^\circ$ .

Изображения штрихов и цифр обоих кругов передаются в поле зрения микроскопа, окуляр **3** которого устанавливают по глазу до появления четкого изображения шкал вращением диоптрийного кольца. Отсчет по кругам производят по соответствующим шкалам микроскопа. Поворотом и наклоном зеркала **5** достигают оптимального освещения поля зрения. Перестановку горизонтального круга между приемами проводят рукояткой **8** после нажатия на нее вдоль оси вращения.

В верхней части поля зрения отсчетного микроскопа теодолита 4Т30П (рис. 2.4), обозначенной буквой **В**, видны штрихи лимба вертикального круга; в нижней части, обозначенной буквой **Г** – штрихи лимба горизонтального круга.



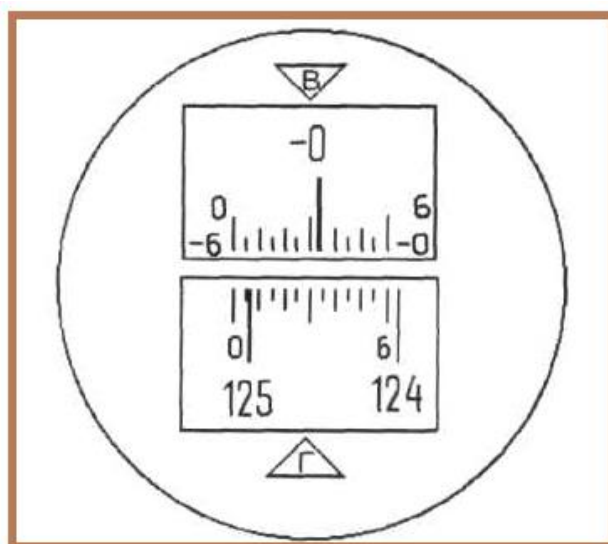


Рис. 2.4 Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 4Т30П

Отсчет по горизонтальному кругу равен **125°05,5'**, отсчет по вертикальному кругу – **0°28'**.

### 2.3 Лабораторная работа № 2 Поверки и юстировки теодолита 2Т30

**Целью** лабораторной работы является изучение принципа выполнения поверок и юстировок теодолита 2Т30.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1 Привести теодолит в рабочее положение (см. п.п. 1.2).
- 2 Выполнить поверки теодолита в последовательности, изложенной в п.п. 1.2.
- 3 В тетради для лабораторных работ описать все поверки теодолита с необходимыми юстировками.

Определение коллимационной ошибки и места нуля вертикального круга выполнять не менее **трех раз**, результаты записать в табл. 2.1. и 2.2.

Таблица 2.1

Определение коллимационной ошибки теодолита 2Т30

Круг	Отсчеты по горизонтальному кругу	С
КЛ	125°35,5'	0,8'
КП	305°34'	

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2} = \frac{125^\circ 35,5' - (305^\circ 34' - 180^\circ)}{2} = +0,8'$$

Таблица 2.2

### Определение места нуля вертикального круга теодолита 2Т30

Круг	Отсчеты по вертикальному кругу	МО
КЛ	5°15'	-1'
КП	-5°17'	

$$MO = \frac{KL + KP}{2} = \frac{5^{\circ}15' + (-5^{\circ}17')}{2} = -1'$$

В заключение сделать **вывод**: теодолит 2Т30 № 14567 (марка теодолита с заводским номер прибора) поверен, отъюстирован и подготовлен к работе.

### 2.4 Лабораторная работа № 3 Измерение горизонтального угла способом приемов

Измерение горизонтального угла начинается с приведения теодолита в рабочее положение (см. п.п. 1.3), который устанавливается над его вершиной.

Порядок действий описан в п.п. 1.3. Все измерения записываются в журнал измерения (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Журнал измерения горизонтальных углов

Дата.....		Теодолит 2Т30		Наблюдат.....		
Видимость.....		N .....		Вычислял.....		
Точки		Круг	Отсчет по горизонтальному кругу	Угол в полуприеме	Среднее значение угла	Схема располо- жения точек
стояния	визирования					
			° ' "	° ' "	° ' "	
В	А	КП	31° 45'	11° 22'	11°22,5'	
	С		20° 23'			
	А	КЛ	215°53'	11°23'		
	С		204°30'			

Угол в полуприеме вычисляется как разность отсчетов правого и левого направлений ( $a-c$ ). В случае, если отсчет на точку правого направления меньше левого, то к нему прибавляют 360°.

**Контроль измерения:** углы в полуприемах должны сходиться в пределах  $2t$  (двойной точности теодолита). Из значений углов вычисляют среднее.

## 3 РАБОТА С НИВЕЛИРОМ

### 3.1 Основные понятия нивелирования

Каждая точка земной поверхности должна быть определена как в плане, так и по высоте.

**Высотой** точки называется расстояние по отвесной линии между уровенной поверхностью этой точки и уровенной поверхностью, принятой за начало счета высот.

За начальную (отсчетную) поверхность для определения высот в геодезии принимается основная уровенная поверхность – *геоид*.

**Геоид** – это уровенная поверхность, совпадающая с поверхностью Мирового океана (среднего уровня морей и океанов в спокойном состоянии), мысленно продолженная под материками под условием перпендикулярности отвесной линии в каждой точке этой поверхности.

Численное значение высоты называется *отметкой*.

**Превышением  $h$**  называется разность высот двух точек или разность отсчетов по задней и передней рейкам, т.е.  $h = a - b$  (рис. 3.1).

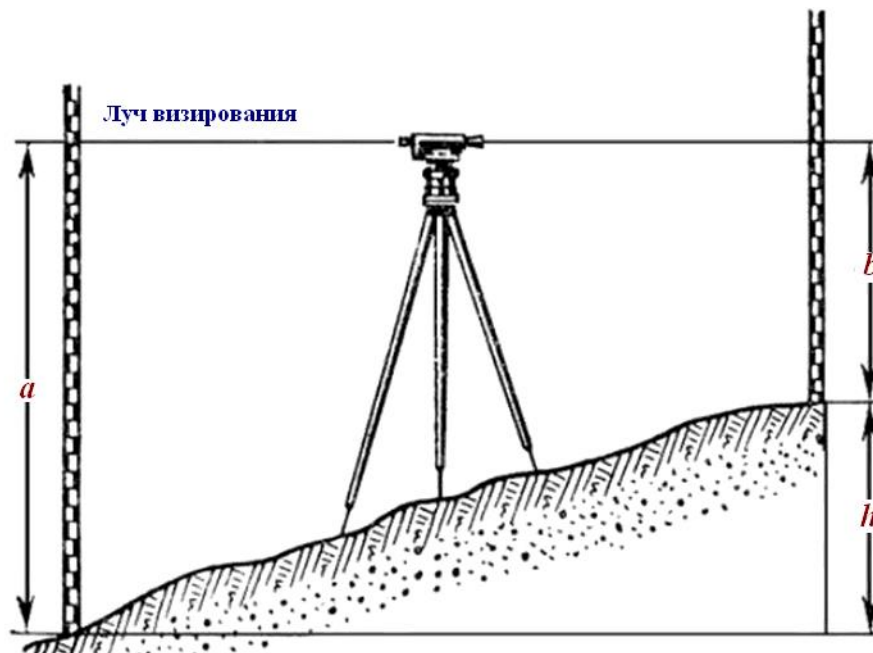


Рис. 3.1 Превышение точек местности

Высоты бывают ортометрическими, геодезическими, нормальными и условными.

**Ортометрические высоты** отсчитываются от поверхности Мирового океана (*геоида*), **геодезические** – от поверхности *земного эллипсоида*. **Нормальные высоты** отсчитываются от поверхности *квазигеоида* (рис. 3.2).

Началом отсчета **условных высот** может являться любая условно принятая уровенная поверхность.

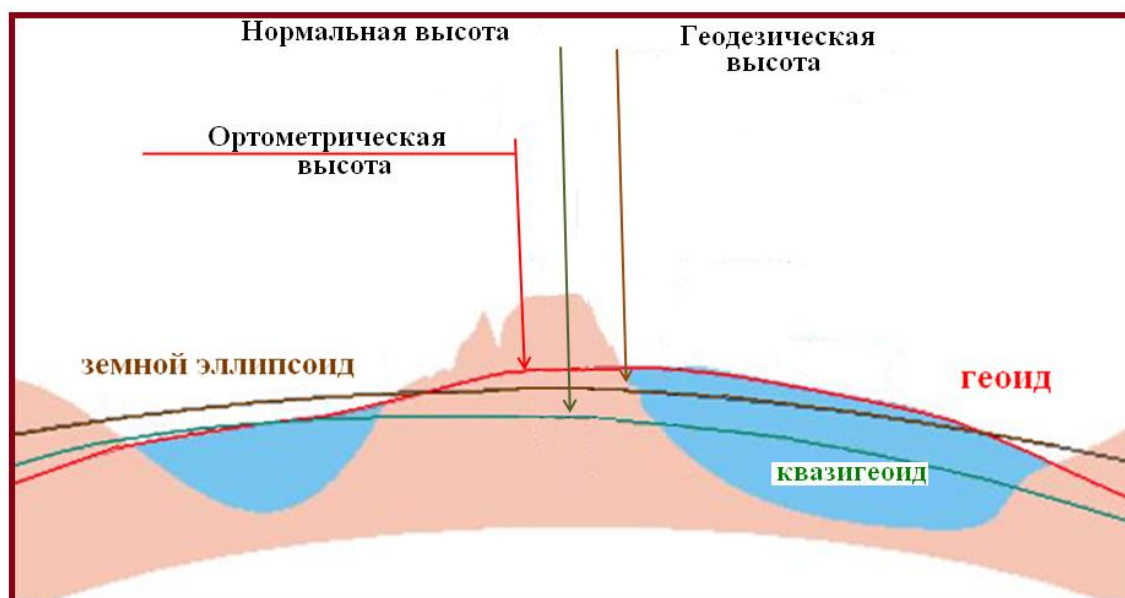


Рис. 3.2 Виды высот

**Геоид** не может быть строго изучен из-за незнания распределения плотности масс внутри Земли.

В 1950-х годах советским ученым М.С. Молоденским было предложено вместо геоида принять фигуру **квазигеоида**, которая может быть определена точно на основании астрономо-геодезических и гравиметрических измерений на поверхности Земли без учета внутреннего строения и плотности масс внутри Земли. Квазигеоид отстает от геоида в высоких горах на 2-4 м, на низменных равнинах – на 0,02-0,12 м, на морях и океанах поверхности геоида и квазигеоида совпадают.

Геодезические измерения, в результате которых определяются превышения точек местности и вычисляются их отметки, называются **nivelированием**.

### 3.2 Способы определения высот

Существуют следующие способы nivelирования:

1 **Геометрическое nivelирование**, при котором превышения точек местности определяют при помощи горизонтального визирного луча. Геометрическое nivelирование выполняется с помощью специальных приборов – **nivelиров**, позволяющих получать горизонтальную визирную ось, и вертикально устанавливаемых реек.

2 **Тригонометрическое nivelирование** выполняется наклонным лучом визирования. Для измерений используются теодолит и nivelирные рейки. Измеряются углы наклона и расстояния по нитяному дальномеру.

3 **Физическое nivelирование** основано на использовании определенных закономерностей природных явлений. К физическим методам nivelирования относят: **барометрическое**, **гидростатическое** и **аэрорадионivelирование**.

**Барометрическое нивелирование** выполняется при помощи барометров, по показаниям которых определяется величина атмосферного давления в соответствующих точках, а по разности давлений – превышение между ними.

**Гидростатическое нивелирование** основано на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах всегда находиться на одном уровне, позволяющем определять превышения между точками, на которые установлены сосуды.

**Аэрорадионивелирование** производится с самолета при помощи радиовысотомера и статоскопа – приборов, позволяющих определять высоту самолета над земной поверхностью и изменение его высоты в полете. Совместное использование этих данных позволяет определять превышение между точками земной поверхности.

4 **Стереофотограмметрическое нивелирование** выполняется путем измерения модели рельефа местности, получаемой при рассматривании двух снимков одной и той же местности на специальных приборах, называемых аналоговыми фотограмметрическими приборами.

### 3.3 Сущность и способы геометрического нивелирования

Различают два способа геометрического нивелирования: *из середины* и *вперед*.

При определении превышения  $h$  точки  $B$  над точкой  $A$  (рис. 3.3) геометрическим нивелированием *из середины* устанавливают в них в отвесном положении рейки, а между ними, по возможности на одинаковом расстоянии от реек – нивелир (не обязательно в створе) и приводят визирную ось зрительной трубы инструмента в горизонтальное положение. Наведя последовательно зрительную трубу нивелира на рейки берут отсчеты  $a$  и  $b$ , численные значения которых соответствуют расстояниям вдоль отвесных линий (реек) от точек  $A$  и  $B$  до визирного луча.

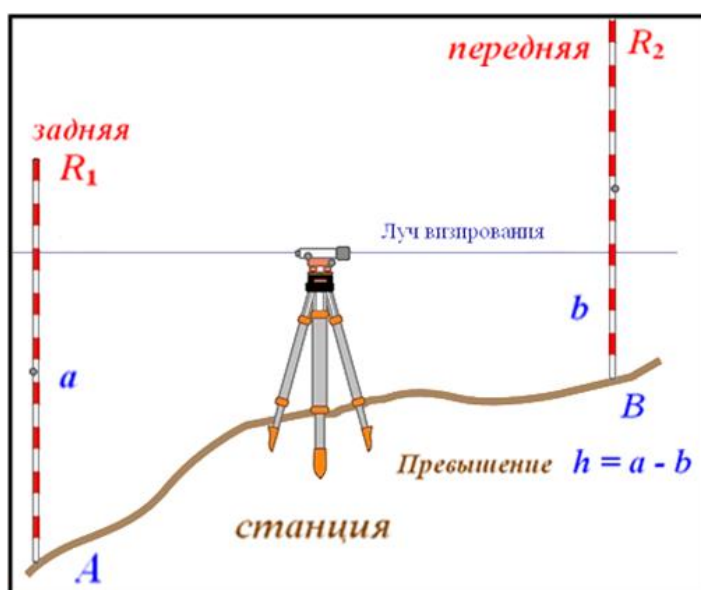


Рис. 3.3. Нивелирование из середины

Согласно рис. 3.3 превышение  $h = a - b$ .

Превышение будет положительным при  $a > b$  и отрицательным при  $a < b$ . Если известна отметка точки  $A$  и определено превышение точки  $B$  над точкой  $A$ , то  $H_B = H_A + h$ .

Для определения превышения нивелированием *вперед* нивелир устанавливают так, чтобы окуляр зрительной трубы находился на одной отвесной линии с точкой  $A$  (рис. 3.4).

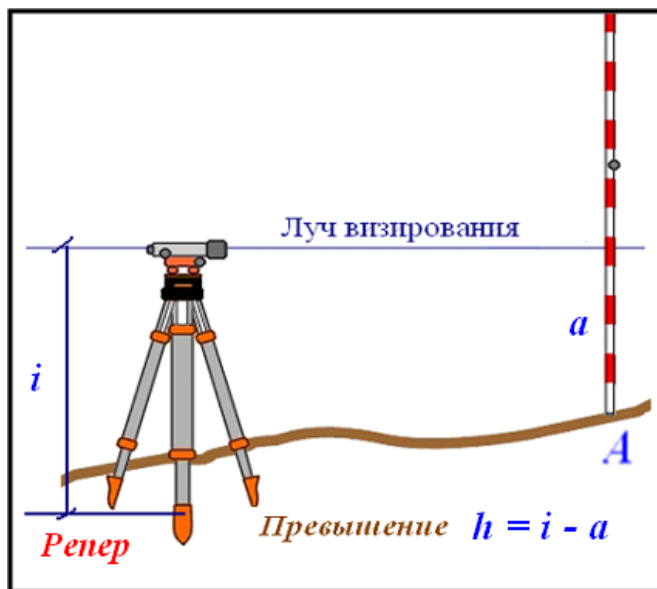


Рис. 3.4 Нивелирование способом «вперед»

Приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение, измеряют с помощью рейки или рулетки высоту инструмента  $i$  и берут отсчет по рейке  $a$ . Тогда  $h = i - a$ .

Отметку точки  $B$  по известной отметке точки  $A$  можно вычислить через горизонт инструмента.

**Горизонтом инструмента (ГИ)** называется отметка визирного луча, т.е. расстояние от уровенной поверхности океана до луча визирования. Согласно рис. 3.3  $ГИ = H_A + a$ ,

тогда  $H_B = ГИ - b$ ,

т.е. отметка точки равна горизонту инструмента минус отсчет по рейке, установленной на этой точке.

### 3.4 Последовательное нивелирование

Если приходится определять превышение между точками  $A$  и  $B$ , находящиеся на значительном расстоянии друг от друга, то производят **последовательное нивелирование**. Нивелируемая линия  $AB$  разбивается на части, каждая из которых нивелируется с одной станции (рис. 3.5). **Станцией** называется место установки нивелира, а рейкам присваиваются имена «задняя» (З) и «передняя» (П).

После того, как взяты отсчеты  $a_1$  и  $b_1$  по рейкам на станции 1, заднюю рейку из точки  $A$  переносят в точку 1, а нивелир устанавливают посередине между точками 1 и 2, берут отсчеты. Затем задняя рейка и нивелир переставляются на новую станцию и так последовательно до конца (до точки  $B$ ). При последовательном нивелировании образуется *нивелирный ход*.

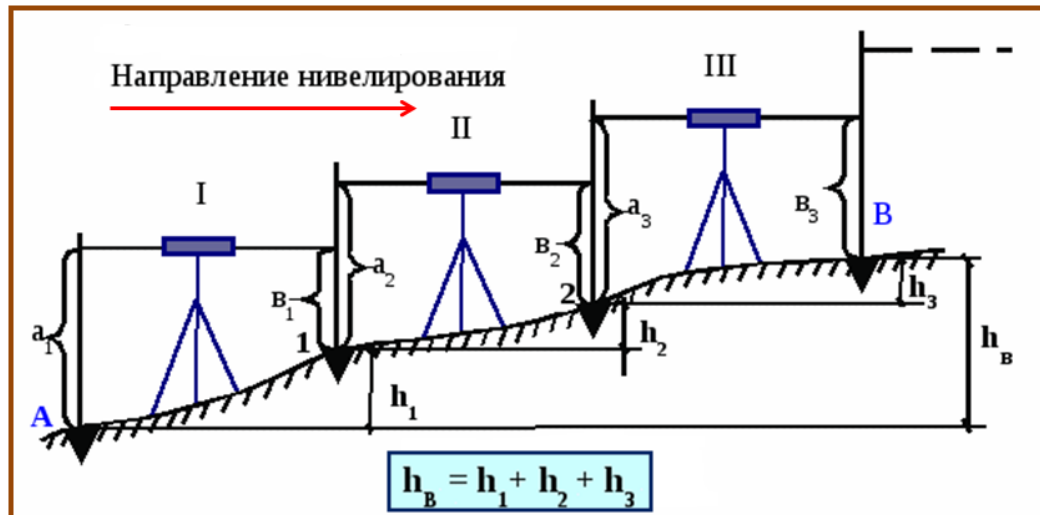


Рис. 3.5 Последовательное нивелирование

Точки 1, 2, ..., являющиеся задними и передними и через которые происходит последовательная передача отметок по нивелирному ходу, называются *связующими*.

Зная отметку  $H_A$  и определив превышения связующих точек, можно вычислить отметку конечной точки хода  $H_B = H_A + \sum h_i$ .

Когда при нивелировании по ходу требуется определить отметку характерной точки местности  $C$  (рис. 3.6), то поступают так: после того, как на станции взяты отсчеты по рейкам  $a$  и  $b$ , заднюю рейку устанавливают в характерной точке  $C$  и при том же горизонте инструмента берут по ней отсчет  $c$ . Затем продолжают нивелировать по ходу.

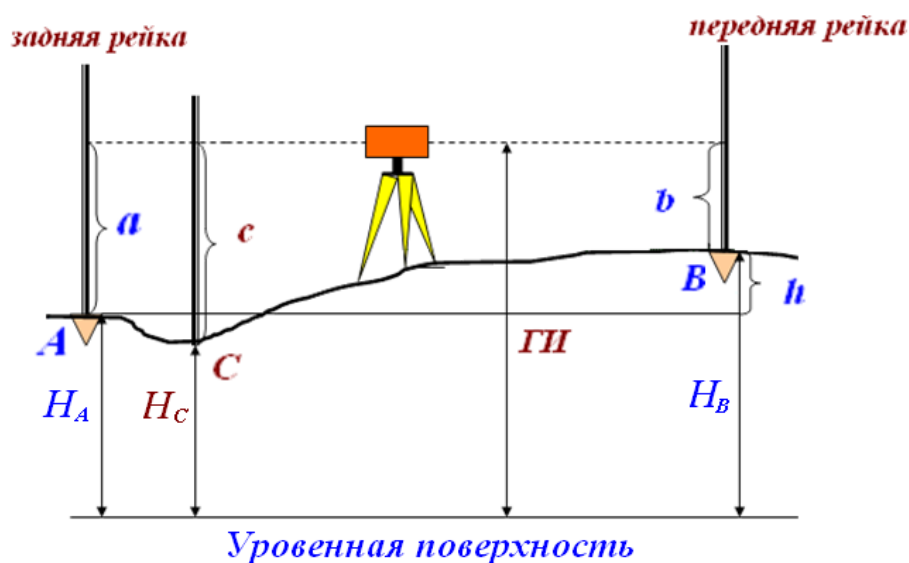


Рис. 3.6 Нивелирование промежуточной точки



Отметку точки *C*, называемой **промежуточной точкой** нивелирного хода, можно вычислить через горизонт инструмента:

$$ГИ = H_A + a = H_B + b,$$

$$H_C = ГИ - c.$$

### 3.5 Устройство нивелира в общем виде

**Нивелиры** предназначены для определения превышения одной точки местности над другой посредством горизонтального луча и вертикально установленных в этих точках реек. Горизонтальный луч осуществляется зрительной трубой нивелира, визирная ось которой приводится в горизонтальное положение при помощи уровня или компенсатора наклона.

Нивелир состоит из двух частей: **верхней**, крутящейся части нивелира и **нижней**, неподвижной.

**Верхнюю часть** составляют **зрительная труба** и **цилиндрический уровень с призмной системой**, позволяющая свести изображение концов пузырька уровня *1* в поле зрения (рис. 3.7). На корпусе трубы имеется мушка для грубого наведения на рейку и кремальера для фокусирования. Резкого изображения сетки нитей добиваются вращением диоптрийного кольца окуляра.

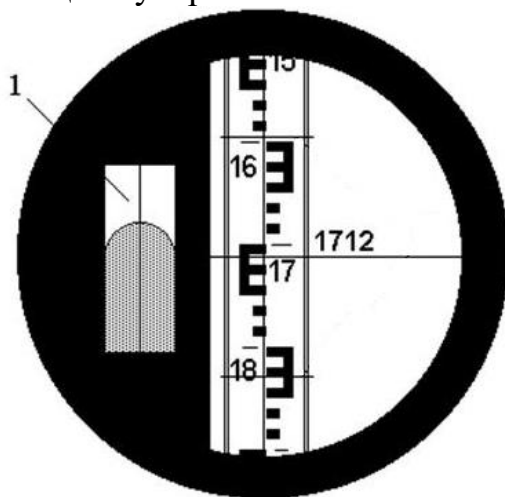


Рис. 3.7 Поле зрения окуляра зрительной трубы нивелира

**Нижняя часть** нивелира состоит из **подставки с тремя подъемными винтами**, на нижние концы которых надета пружинящая пластинка, имеющая втулку с резьбой под становой винт штатива. Также имеется опорная площадка с осью, **круглый уровень** с тремя **юстировочными винтами** (рис. 3.8), закрепительный и наводящий винты зрительной трубы и **элевационный винт**.

Ампула уровня оборудована термостатом, обеспечивающим постоянную длину пузырька уровня при изменении температуры. Приведение концов пузырька уровня в **оптический контакт** осуществляется в два приема.

1 Вначале подставку нивелира грубо приводят в горизонтальное положение по круглому уровню вращением всех трех подъемных винтов.



2 Затем, действуя элевационным винтом, приводят в нуль-пункт пузырек цилиндрического уровня. При этом должен соблюдаться оптический контакт, т.е. две видимые половинки уровня в поле зрения трубы должны быть совмещены.



Рис. 3.8 Круглый уровень с юстировочными винтами нивелира

Цилиндрический уровень *1* имеет четыре юстировочных винта *2*, закрытых крышкой (рис. 3.9).



Рис. 3.9 Цилиндрический уровень нивелира с юстировочными винтами

### 3.6 Устройство нивелира с компенсатором

*Нивелир 2Н-10КЛ* является прибором с самоустанавливающейся линией визирования и предназначен для выполнения технического нивелирования (рис. 3.10).

**Компенсатор** – это устройство, которое автоматически устанавливает линию визирования нивелира в горизонтальное положение.

В корпус нивелира встроены **две стеклянные призмы** (входная и выходная), а также **зеркальная поверхность**, закрепленная на нитях-торсионах и постоянно находящаяся в «плавающем» по горизонтали положении при незначительном наклоне нивелира.



Рис. 3.10 Нивелир 2Н-10КЛ

Входящее через линзу объектива изображение преломляется поверхностью **входной стеклянной призмы**, отражается в зеркале и через преломляющие грани **выходной призмы** фиксируется на плоскости окуляра и в дальнейшем на сетчатке глаза оператора (рис. 3.11).

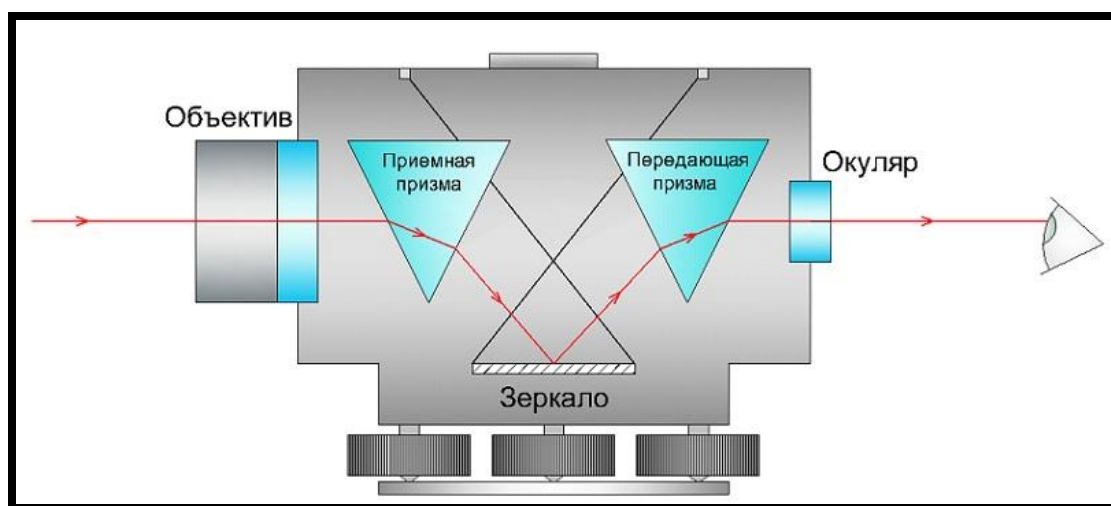


Рис. 3.11 Оптическая схема нивелира с компенсатором

Эта оптическая система называется **автоматическим компенсатором**, который может быть **воздушным** и **магнитным**.

**Приемная и передающая призмы** жестко закреплены в корпусе компенсатора, а зеркало, наоборот – свободно подвешено, конструктивно выполнено в виде маятника. При наклоне прибора оно каждый раз стремится занять строго горизонтальное положение, тем самым корректируя оптический луч.

Если компенсатор снабжен **магнитным демпфером**, верхняя часть маятника выполняется из магнитных материалов, например, из стального сплава. На некотором удалении от верхней части маятника в корпусе компенсатора встроен магнит, который и гасит колебания раскачивающегося маятника (зеркала).

У компенсаторов с **воздушным демпфером** гашение колебаний происходит за счет груза, закрепленного в нижней части маятника. Но чем больше масса груза, тем большей инерцией обладает маятник и тем сложнее его раскачать. Подобного рода маятниковые системы **оптико-механических компенсаторов** очень тщательно рассчитываются, иначе такие системы не будут работать.

Зрительная труба **нивелира Н-10КЛ** прямого изображения состоит из объектива **3** и окуляра **4** (рис. 3.12), помещена в термоизоляционный кожух. В нижней его части имеется горизонтальный круг, цена деления лимба которого  $1^\circ$ . Отсчет горизонтальных углов производится по лимбу **1** с помощью нониуса.

Нивелир не имеет закрепительного винта, зрительная труба наводится на предмет вращением корпуса прибора рукой. Точное наведение осуществляется наводящим винтом бесконечного вращения **2**, маховички которого расположены по обе стороны прибора.

Предварительная установка нивелира выполняется подъемными винтами по круглому уровню **5** с ценой деления  $20'$  на 2 мм.

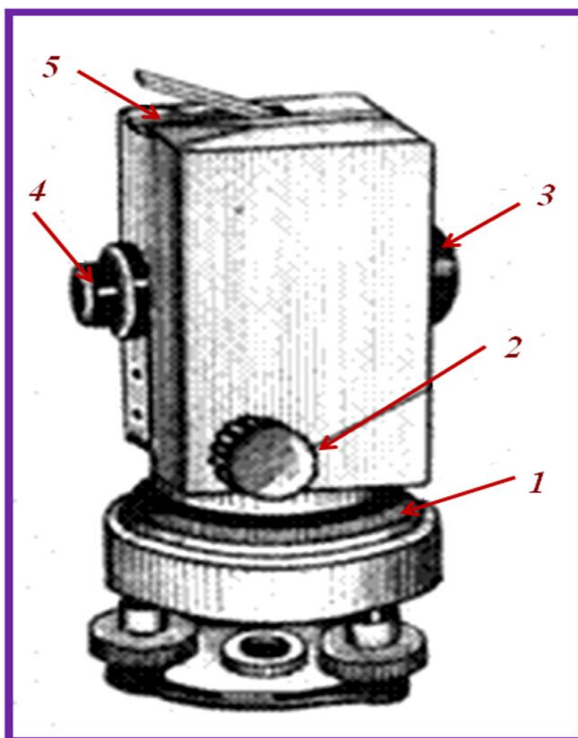


Рис. 3.12 Устройство нивелира Н-10КЛ

### 3.7 Нивелирные рейки

**Рейка** служит мерным инструментом при определении превышений. Она представляет собой деревянный брусок шириной 8...10 см и толщиной 2...3 см. Чтобы рейка не коробилась, ее делают двутаврового сечения.

Сверху рейки покрывают белой краской, концы оковывают металлическими пластинками.

В техническом нивелировании применяются складные 3-х метровые рейки, состоящие из двух частей и скрепленные между собой шарниром (рис. 3.13).

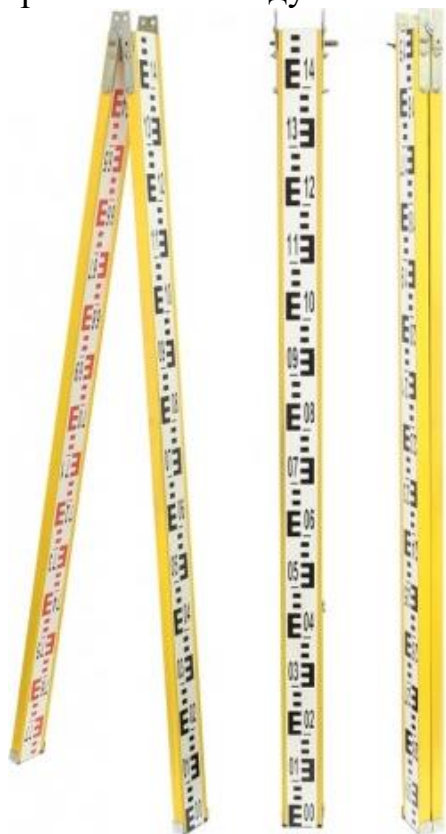


Рис. 3.13 Нивелирные складные рейки

Нижняя часть металлической оковки рейки называется **пяткой**.

Для удобства удерживания рейка может иметь две ручки, а для установки в отвесное положение – круглый уровень.

Рейки могут быть односторонними или двухсторонними.

В техническом нивелировании применяются рейки шашечные с сантиметровыми делениями. Двухсторонние шашечные рейки имеют на одной стороне поочередно черные и белые шашки (черная сторона), а на другой стороне – красные и белые (красная сторона).

Цена наименьшего деления шкалы рейки (шашки) составляет 1 или 2 см. Дециметровые деления рейки оцифрованы. На рейках с сантиметровыми делениями первые пять шашек каждого дециметра объединены наподобие буквы Е (рис. 3.14). Это сделано для облегчения отсчета.

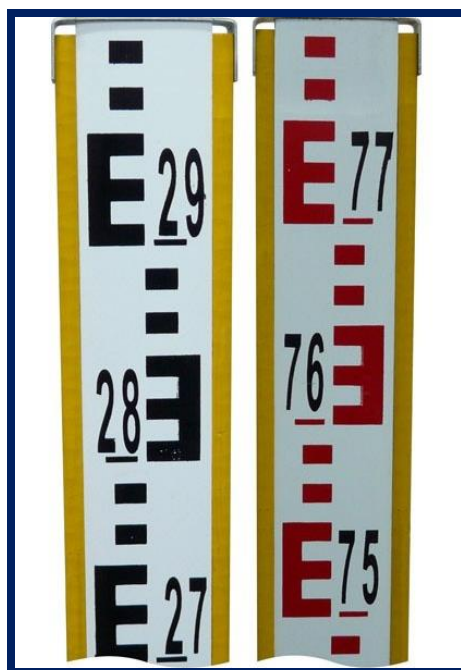


Рис. 3.14 Шашечные рейки с сантиметровыми делениями

На черных сторонах реек нуль делений обычно совпадает с пяткой рейки. На красных сторонах реек с пяткой совпадает отсчет, больший 4000 мм.

Таким образом, отсчеты по двум сторонам одной и той же рейки не будут одинаковыми, а их разность — постоянная величина, называемая **пяточной разностью**. Это позволяет контролировать качество отсчетов.

### 3.8 Поверки и юстировки нивелира технической точности

**Поверить нивелир** — это значит проверить правильность выполнения геометрических условий, положенных в основу конструкции прибора.

У нивелира имеются следующие **основные оси** (рис. 3.15).

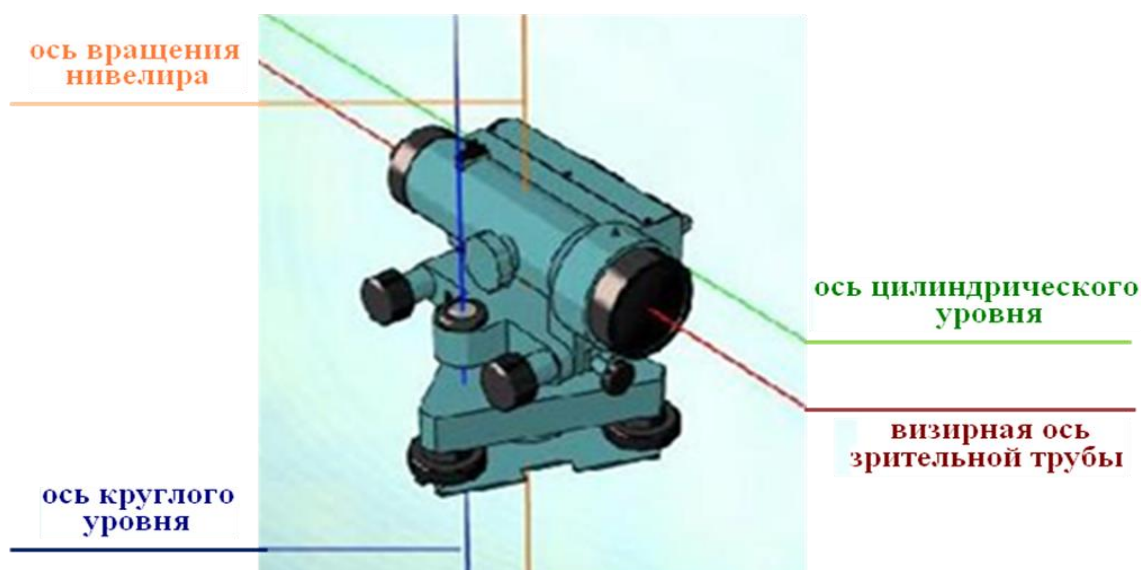


Рис. 3.15 Основные оси нивелира



Поверки нивелира с цилиндрическим уровнем выполняются в определенной последовательности:

### 1 Поверка круглого уровня.

Условие: *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.*

Устанавливают круглый уровень по направлению двух подъемных винтов, вращением всех трех подъемных винтов приводят пузырек уровня в нульпункт (рис. 3.16). Поворачивают верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$ . Если после этого пузырек остался в нульпункте, то условие выполнено.

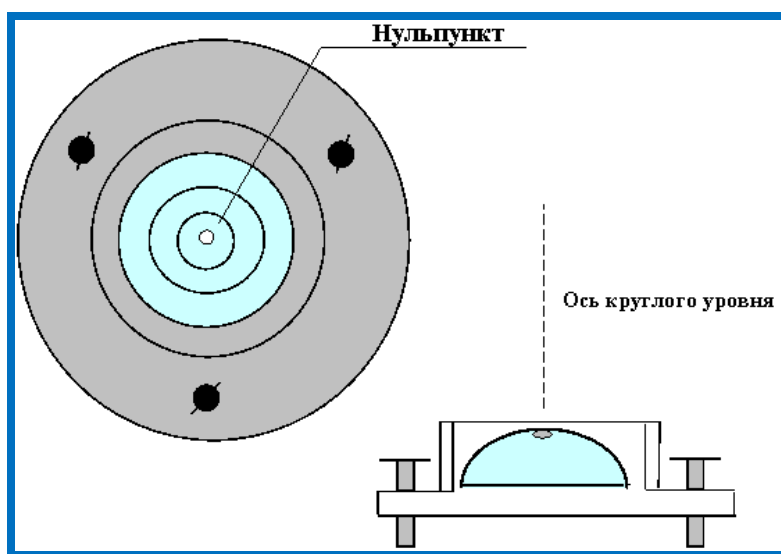


Рис. 3.16 Поверка круглого уровня нивелира

В противном случае проводят *юстировку* уровня: на половину дуги отклонения от нульпункта пузырек выводят *подъемными винтами*, на другую – *юстировочными винтами* круглого уровня (рис. 3.17).

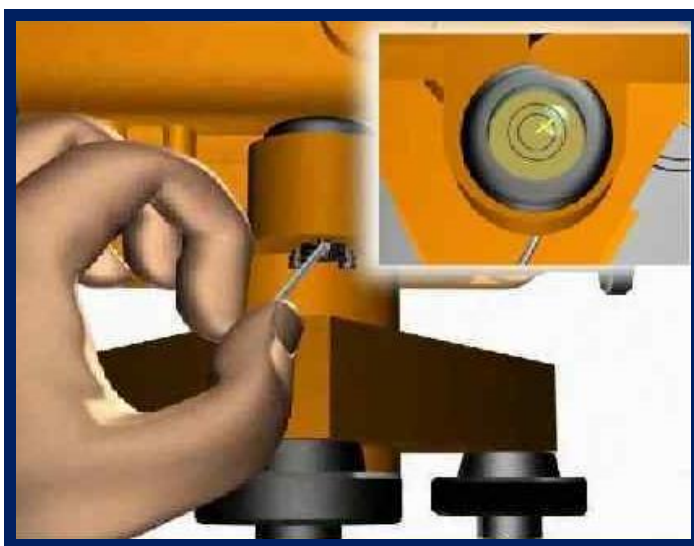


Рис. 3.17 Юстировка круглого уровня нивелира

## 2 Поверка сетки нитей.

Условие: *Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.*

Перед каждой проверкой нивелир приводят в рабочее положение.

Затем наводят зрительную трубу на рейку, установленную вертикально в 20...30 м от нивелира так, чтобы изображение рейки оказалось у края поля зрения трубы. Берут отсчет по рейке по средней нити сетки. Наводящим винтом зрительную трубу поворачивают так, чтобы изображение рейки переместилось в другой край поля зрения. Если отсчет по рейке не изменился, то условие выполнено.

Также проверку сетки нитей можно выполнить, если навести вертикальную нить сетки на нить отвеса (рис. 3.18 ).

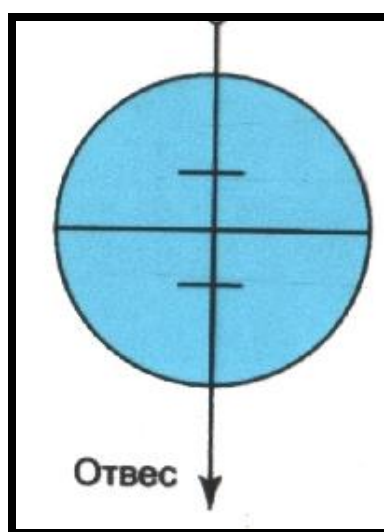


Рис. 3.18 Поверка сетки нитей с помощью нити отвеса

В противном случае выполняется *юстировка сетки нитей*.

Для этого отвинчивается и снимается предохранительный колпачок сетки нитей и ослабляются регулировочные винты 1, 2 и 3, крепящие оправу сетки нитей (рис. 3.19).

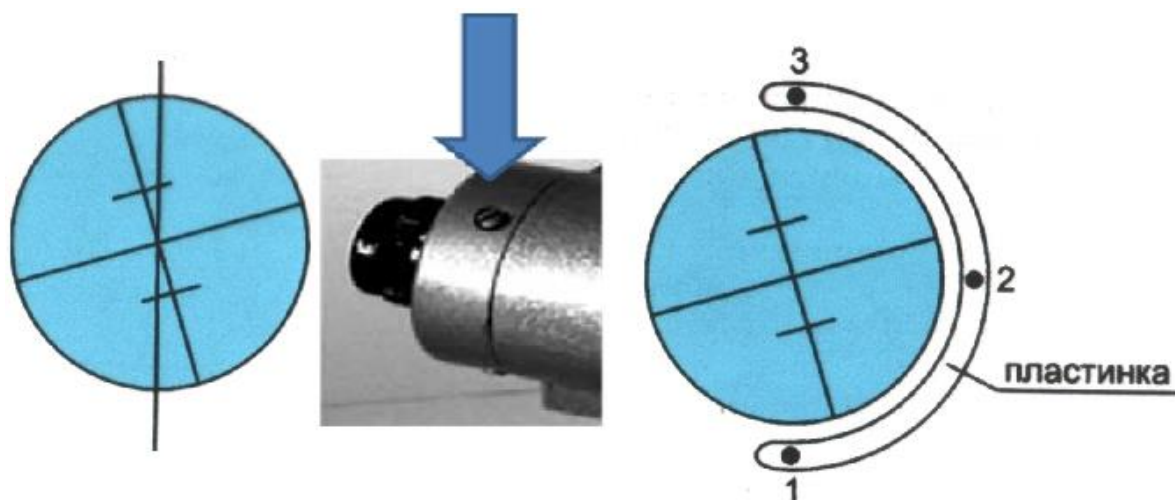


Рис. 3.19 Юстировка сетки нитей зрительной трубы нивелира

Затем поворачивают пластинку до тех пор, пока вертикальная нить сетки нитей не совпадет с нитью отвеса. Закрепляют винты и надевают колпачок.

### 3 Поверка главного условия нивелира с цилиндрическим уровнем.

Условие: *Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.*

Поверка выполняется двойным нивелированием *способом «из середины»*.

Последовательность выполнения поверки:

1 На местности кольями закрепляют концы линии  $AB$  на расстоянии 50...70 м.

2 Устанавливают нивелир строго посередине нивелируемой линии и берут отсчеты  $a_1$  и  $b_1$  (рис. 3.20). Вычисляют превышение  $h = a_1 - b_1$ .

Для контроля измерения повторяют, изменив высоту нивелира.

Так как нивелирование выполняется из середины, то ошибки за непараллельность визирной оси зрительной трубы и оси цилиндрического уровня будут одинаковы и превышение свободно от их влияния. Если превышения сходятся между собой в пределах 5 мм, то вычисляется  $h_{ср}$ .

3 Переносят нивелир за точку  $B$  на расстояние 2...3 м. Берут отсчет по ближней рейке  $b_2$ , а по дальней –  $a_2$ .

Из-за малости расстояния до ближней рейки отсчет на нее  $b_2$  можно считать практически безошибочным.

Вычисляют теоретический отсчет на дальнюю рейку как

$$a_2' = b_2 + h.$$

Вычисляют ошибку за непараллельность оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы:  $x = a_2 - a_2' \leq 4 \text{ мм}$ .

Если условие не выполнено, требуется юстировка.

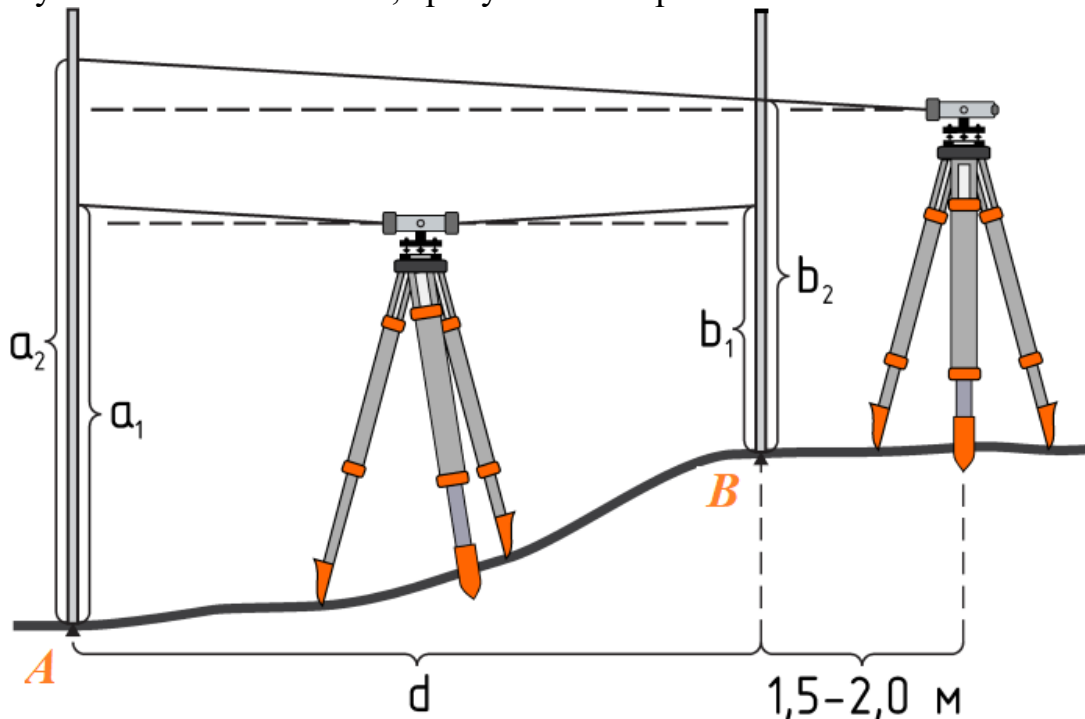


Рис. 3.20 Поверка главного условия нивелира способом «из середины»

Порядок юстировки (рис. 3.21):



- 1 Элевационным винтом *1* устанавливают среднюю нить сетки на отсчет  $a_2'$ .
- 2 Пузырек цилиндрического уровня *2* уйдет из нуля-пункта.
- 3 Горизонтальные юстировочные винты цилиндрического уровня *3* ослабляют, а вертикальными винтами лепестки пузырька уровня приводят в контакт.
- 4 Поверку повторяют заново.



Рис. 3.21 Юстировка цилиндрического уровня нивелира

**Поверки нивелиров с компенсатором (рис. 3.22).**



Рис. 3.22 Нивелир с компенсатором

Первые две поверки нивелиров с компенсатором совпадают с поверками нивелиров с цилиндрическим уровнем.

**Проверка главного условия нивелира. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальной.**

Порядок выполнения проверки аналогичен проверке нивелира с цилиндрическим уровнем. Отличие заключается в порядке юстировки.

**Порядок юстировки нивелиров с компенсатором:**

1 Теоретический отсчет  $a_2'$  установить по дальней рейке вращением пары вертикальных юстировочных винтов сетки нитей **1** (рис. 3.23).

2 Проверку повторить.

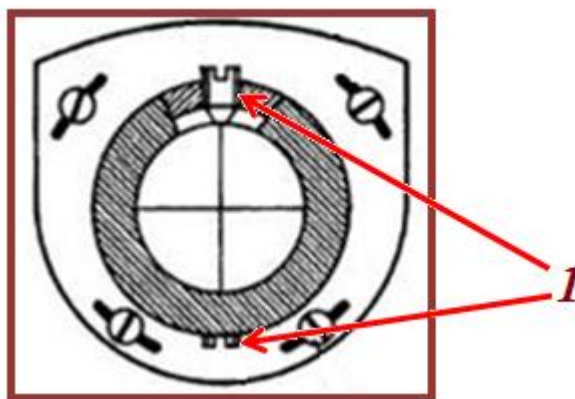


Рис. 3.23 Юстировочные винты сетки нитей зрительной трубы нивелира с компенсатором

### 3.9 Производство технического нивелирования

**Техническое нивелирование** — это геометрическое нивелирование самой низкой точности, выполняемое **горизонтальным лучом визирования**. Ход выполняется **в одном направлении**, начинаясь и заканчиваясь на исходном нивелирном пункте — **репере (Rp)**.

Для производства технического нивелирования применяют нивелиры:

- со СКО измерения превышения **10 мм** на 1 км двойного хода
- с увеличением зрительной трубы не менее **20<sup>x</sup>**
- с ценой деления цилиндрического уровня не более **40" на 2 мм**.

Нивелирные рейки используются 3-х метровые, шашечные с сантиметровыми делениями.

Техническое нивелирование выполняется в одном направлении способом из середины при нормальной длине визирного луча **120 м**.

При использовании нивелира с увеличением зрительной трубы **25<sup>x</sup>**, а также хороших условиях видимости и спокойных изображениях длину луча можно увеличить до **200 м**.

Точка стояния нивелира называется **станцией**. Расстояние от нивелира до реек называется **плечом**. Разность плеч на станции не должна превышать **5 м**. Рейки называются **задняя** и **передняя**. Отсчеты по рейке производятся по средней нити.

Рейки устанавливаются на точки теодолитного хода (вбитые в землю колышки), на **нивелирные башмаки** или **костыли** (рис. 3.24).

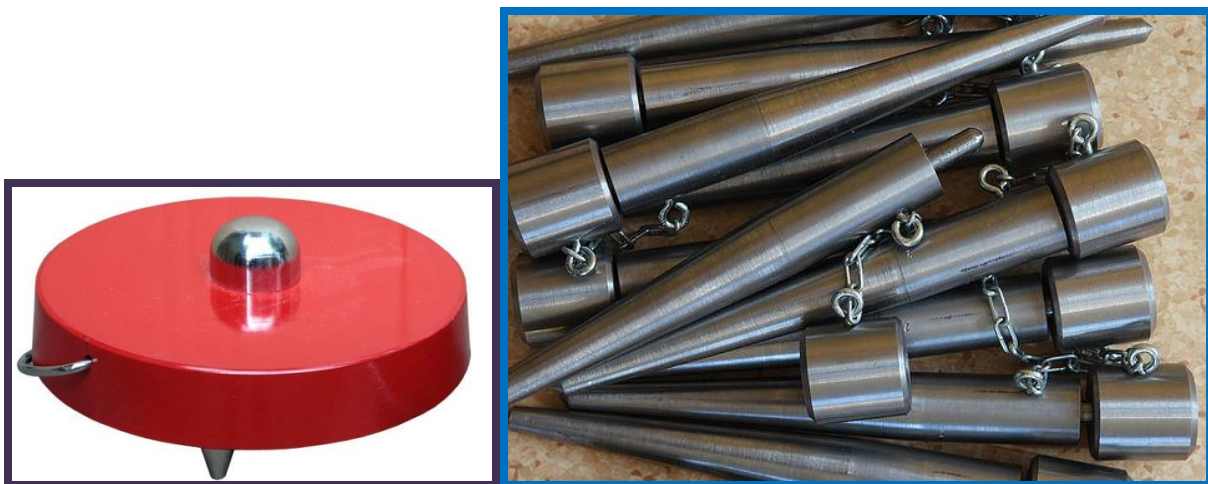


Рис. 3.24 Нивелирные башмаки и костыли

### Порядок работы на станции технического нивелирования:

1 Нивелир устанавливают посередине нивелируемой линии, соблюдая допуск неравенства плеч на станции, приводят его в рабочее положение (рис. 3.25).

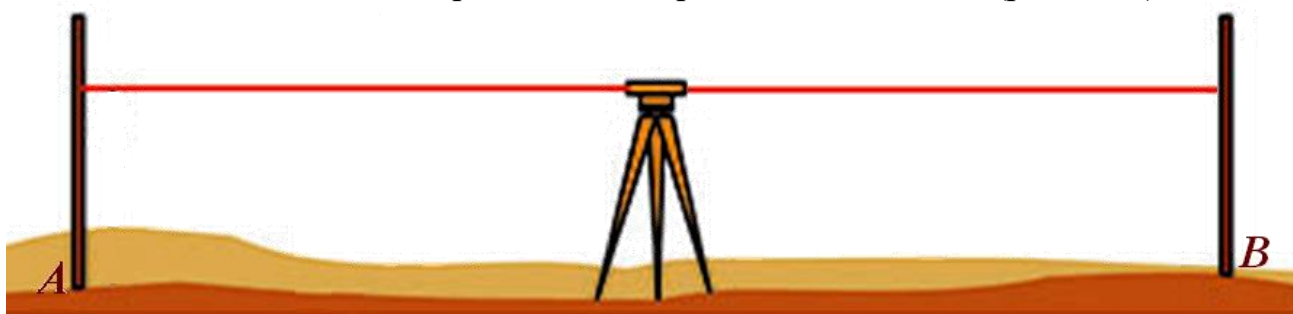


Рис. 3.25 Установка нивелира посередине нивелируемой линии

2 Зрительная труба нивелира наводится на заднюю рейку (точка  $A$ ) и берется отсчет по черной стороне  $a_1$  (рис. 3. 26, 3.27).

Результат записывают в нивелирный журнал (1) (табл. 3.1).

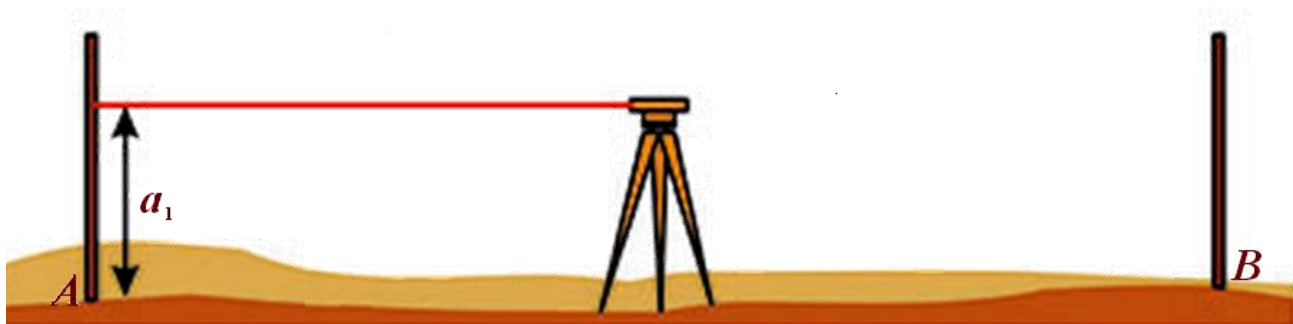


Рис. 3.26 Отсчет при наведении на заднюю рейку



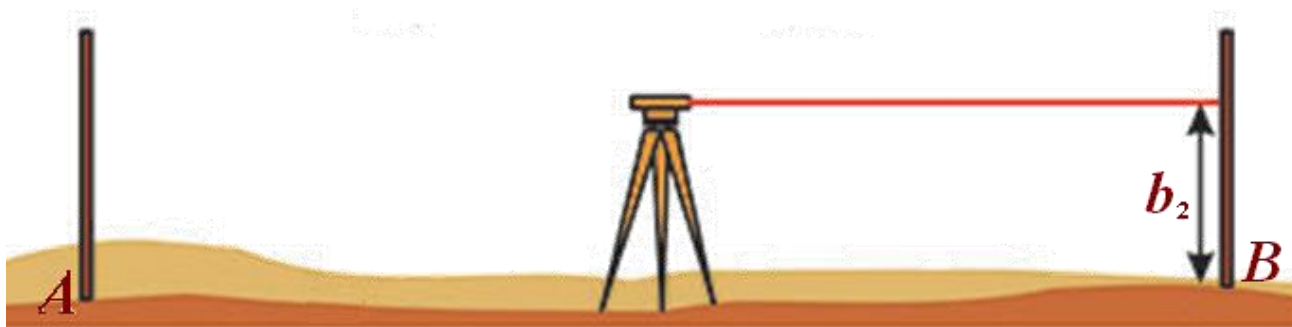


Рис. 3.30 Отсчет при наведении на переднюю рейку

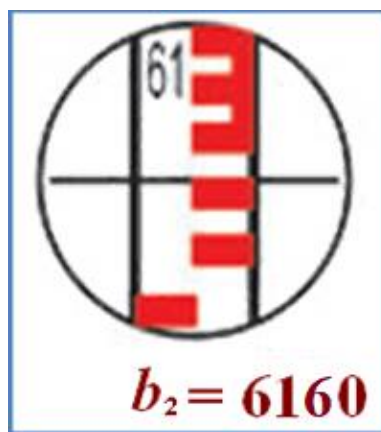


Рис. 3.31 Отсчет по красной стороне передней рейки

5 Зрительная труба нивелира наводится на заднюю рейку и берется отсчет по красной стороне  $a_2$  (рис. 3.32, 3.33). Результат записывается в нивелирный журнал (4).



Рис. 3.32 Отсчет при наведении на заднюю рейку



Рис. 3.33 Отсчет по красной стороне задней рейки



Все взятые отсчеты по задней и передней рейкам записываются в нивелирный журнал (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Журнал технического нивелирования

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейкам, мм		промежуточные	Превышения	
		З	П		вычисленные	средние
1	Рп. 6	1862 (1)				
		6660 (4)				
		4798 (5)			+502 (7)	
					+500 (8)	
					+2 (9)	
	1		1360 (2)			+501 (10)
			6160 (3)			
			4800 (6)			

Обработка журнала технического нивелирования:

1 Вычисляется **пяточная разность** задней и передней реек как разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки

$$(4) - (1) = (5) \text{ и } (3) - (2) = (6).$$

2 Вычисляют превышение по черной стороне реек как разность отсчетов по черным сторонам задней и передней реек  $(1) - (2) = (7)$  и превышение по красной стороне реек как разность отсчетов по красным сторонам задней и передней реек  $(4) - (3) = (8)$ .

**Контроль работы на станции:**

а) значения пяточных разностей не должны отличаться на  $\pm 5$  мм от их значений, определенных из исследования реек;

б) превышения, вычисленные по черным и красным сторонам реек должны сходиться в пределах 5 мм;

в) разность высот нулей пары реек должна равняться разности превышений на станции и не превышать 5 мм, т.е.

$$(6) - (5) = (7) - (8).$$

Вычисляют среднее значение превышения

$$[(7) + (8)] / 2 = (10).$$

Если контроль на станции не выполняется, то все записи отсчетов и вычислений на станции зачеркивают одной чертой, изменяют высоту инструмента и измерения повторяют заново.





4 Изучить устройство нивелирной рейки РН-10. Ознакомиться с системой окраски делений шашечной рейки, подписями дециметров. Определить длину наименьших делений и подпись начала рейки на черной и красной сторонах.

5 Выполнить отсчет по рейке по черной стороне, соблюдая следующий порядок:

1) открепить зрительную трубу нивелира и мушкой навести ее на рейку;

2) выполнить фокусировку сетки нитей по глазу диоптрийным кольцом и изображения рейки кремальерой;

3) наводящим винтом зрительной трубы совместить вертикальную нить сетки с осью рейки;

4) элевационным винтом совместить изображение концов пузырька цилиндрического уровня;

5) в момент приведения концов пузырька уровня в контакт взять по средней нити отсчет по рейке с точностью до 1 мм;

6) в тетради для лабораторных работ зарисовать поле зрения нивелира НЗ с изображением концов пузырька цилиндрического уровня и рейки. Записать полученный отсчет (рис. 4.3).

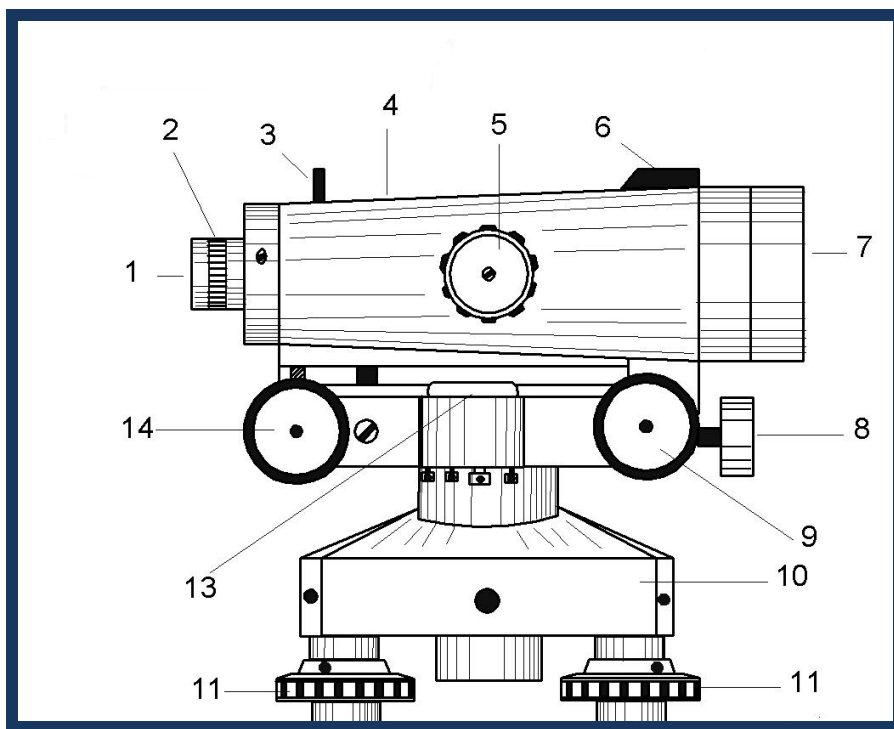


Рис. 4.2 Устройство нивелира НЗ:

1 – окуляр зрительной трубы, 2 – диоптрийное кольцо, 3 – прорезь мушки, 4 – зрительная труба, 5 – кремальера, 6 – мушка, 7 – объектив, 8 – закрепительный винт зрительной трубы, 9 – наводящий винт зрительной трубы, 10 – подставка, 11 – подъемные винты, 13 – опорная площадка, 14 – элевационный винт.

### Правило взятия отсчета по рейке в миллиметрах:

а) первые две цифры – это число дециметров;

б) третья цифра – это число целых сантиметров;

в) четвертая цифра – это последний сантиметровый интервал, отсчитанный «на глаз».

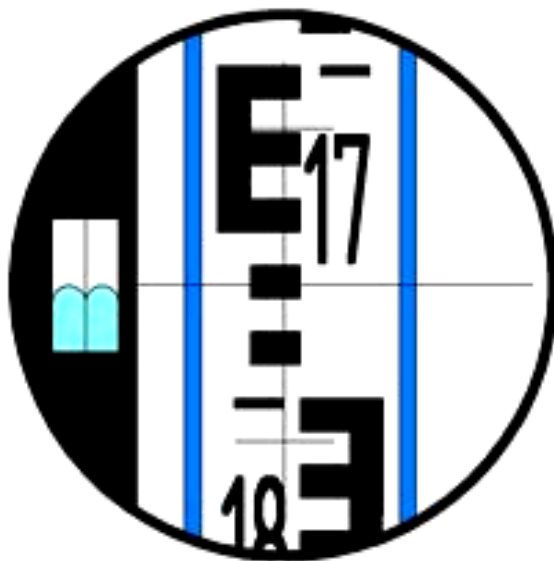


Рис. 4.3 Поле зрения окуляра зрительной трубы нивелира

Отсчет по черной стороне рейки равен **1756** мм.

#### **4.2 Лабораторная работа № 5** **Поверки и юстировки нивелира с компенсатором**

**Необходимые приборы и принадлежности:** нивелиры с компенсатором, штативы, прямые нивелирные рейки, отвес.

Поверки и юстировки нивелира с компенсатором выполняются в последовательности, изложенной в п.п. 3.8.

При выполнении лабораторной работы по проведению поверок нивелира необходимо все записи вести в тетради для лабораторных работ.

В лабораторных условиях **поверку главного условия нивелира** можно выполнить по следующей методике:

1 Отмечается положение реек. Посредине между ними устанавливается нивелир, приводится в рабочее положение.

2 Берутся отсчеты по обеим рейкам  $a_1$  и  $a_2$ , уравниваются так, чтобы  $a_1 = a_2$ . Для этого под пятку одной из реек подкладываются маячки.

3 Нивелир переносится к рейке без маячков, измеряется его высота –  $i$ .

4 Зрительная труба нивелира наводится на противоположную удаленную рейку и берется отсчет  $b$ .

4 Вычисляется ошибка негоризонтальности визирной оси зрительной трубы как  $x = i - b$ , которая не должна превышать **4** мм.

5

### 4.3 Лабораторная работа № 6

#### Работа на станции технического нивелирования

Предварительно необходимо в тетради для лабораторных работ вычертить журнал технического нивелирования (табл. 3.1).

Работа на станции технического нивелирования выполняется в порядке, указанном в п.п. 3.9. Измерения записать в журнал в порядке, указанным в нем (см. табл. 3.1).

Контроль работы на станции проводится согласно п.п. 3.9.

### 4.4 Лабораторная работа № 7

#### Исследование разности высот нулей пары реек

**Целью исследования** является:

- подбор реек, т.к. в техническом нивелировании рейки используются одинаковые, т.е. с одинаковыми пяточными разностями;
- полевой контроль на станции.

Исследование выполняют **четырьмя приемами**. Устанавливают нивелир, приводят его в рабочее положение.

На расстоянии 20 м от него прочно забивают в землю четыре кола различной длины.

Последовательно на каждый кол ставят **рейку № 1** и **рейку № 2**, берут отсчеты по черной и красной сторонам (рис. 4.4) и записывают в табл. 4.1.

Из отсчетов по красной стороне вычитают соответствующие отсчеты по черной стороне и получают значения разностей высот нулей реек.



Рис. 4.4 Исследование разности высот нулей пары реек

Таблица 4.1

Определение разности высот нулей пары реек

	Кол 1	Кол 2	Кол 3	Кол 4	Среднее значение
<b>Рейка № 1</b>	<b>952</b> <b>5738</b>	<b>741</b> <b>5529</b>	<b>542</b> <b>5330</b>	<b>894</b> <b>5681</b>	
<b>(к) – (ч)</b>	<b>4786</b>	<b>4788</b>	<b>4788</b>	<b>4787</b>	<b>4787</b>
<b>Рейка № 2</b>	<b>950</b> <b>5737</b>	<b>740</b> <b>5528</b>	<b>544</b> <b>5333</b>	<b>892</b> <b>5680</b>	
<b>(к) – (ч)</b>	<b>4787</b>	<b>4788</b>	<b>4789</b>	<b>4788</b>	<b>4788</b>

**Вывод:** Разность высот нулей пары реек составляет 1 мм.

## 5 РАБОТА С ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ

### 5.1 Устройство электронного тахеометра FOCUS 6

**Электронный тахеометр** – это прибор, объединяющий в себе электронный теодолит, светодальномер и микроЭВМ, позволяющий выполнять угловые и линейные измерения, а также совместную обработку этих результатов, т.е. осуществляется максимально возможная автоматизация процесса выполнения геодезических работ.

Принцип работы электронного тахеометра основывается либо **на фазовом методе**, либо, в более современных моделях, на **импульсном методе**.

Первый метод заключается в разности фаз между проецируемым и возвращенным лучами, второй – на времени, за которое лазерный луч проходит от тахеометра к отражателю и возвращается назад.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили электронные тахеометры зарубежных фирм *Sokkia, Topcon, Nikon, Pentax, Leica, Trimble*. Они имеют встроенное программное обеспечение для производства съемочных и разбивочных работ, решения задач координатной геометрии.

Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от условий окружающей среды (температуры воздуха, давления, влажности) и негативных факторов (запыленности, загазованности, вибрации и т.п.).

Электронные тахеометры **по точности** подразделяются на:

- высокоточные;
- точные;
- технические.

Диапазон измерения расстояний зависит от уровня отраженного сигнала, принимаемого светодальномером тахеометра. Данный параметр зависит от многих факторов, одним из которых является тип отражательного элемента в виде пленки, трипельпризмы или любой отражающей поверхности.

В связи с этим в электронных тахеометрах имеются несколько **режимов измерения** расстояния.

**Отражательный режим** измерения (на пленку или трипельпризму) более точный, чем **безотражательный**, т.к. на последний оказывают влияние множество факторов, таких как цвет, шероховатость, освещенность, зеркальность отражающей поверхности.

В настоящее время современные электронные тахеометры являются наиболее востребованными, распространенными и используемыми геодезическими приборами, поскольку они относительно доступны и позволяют выполнять практически весь спектр геодезических работ.

Функциональные блоки тахеометра Focus 6 представлены на рис. 5.1.



зрительной  
трубы



блока измерения  
расстояний



блока измерения  
углов



вычислительного устройства для решения в  
поле типовых геодезических задач

Рис. 5.1 Функциональные блоки тахеометра Focus 6

Вычислительное устройство (*процессор*) позволяет прямо во время проведения полевых работ отображать необходимую информацию на дисплее, также записывает результаты измерений в память тахеометра.

Для передачи информации от электронного тахеометра и обратно имеется *Bluetooth* – беспроводное подключение.

Тахеометр Focus 6 снабжен электронным уровнем, который представляет собой *двухосевой датчик наклона*, автоматически отслеживающий наклон оси инструмента и вносящий поправки в отсчеты (рис. 5.1).

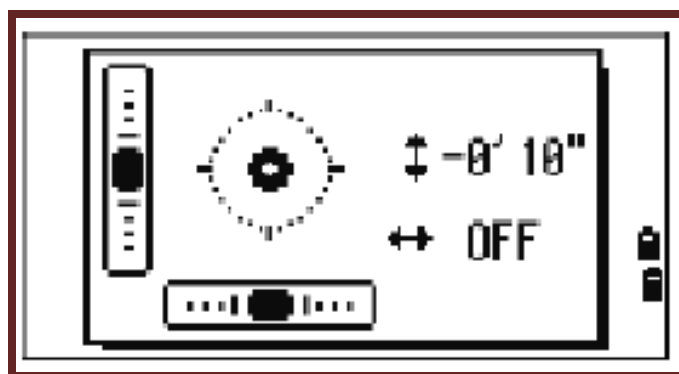


Рис. 5.1 Электронный уровень тахеометра

*Круглых уровней* в тахеометре два: один находится на поставке (трегере), второй – на самом инструменте *1* (рис. 5.2).

В данной конструкции прибора закрепительные винты лимба, алидады и зрительной трубы не предусмотрены.



Имеются *наводящие винты алидады 2* и *зрительной трубы 3* (винты горизонтальной и вертикальной наводок).

Сетка нитей фокусируется с помощью диоптрийного кольца *4*, а фокусировка по предмету – фокусирующим кольцом зрительной трубы (*кремальерой*) *5* (рис. 5.2).

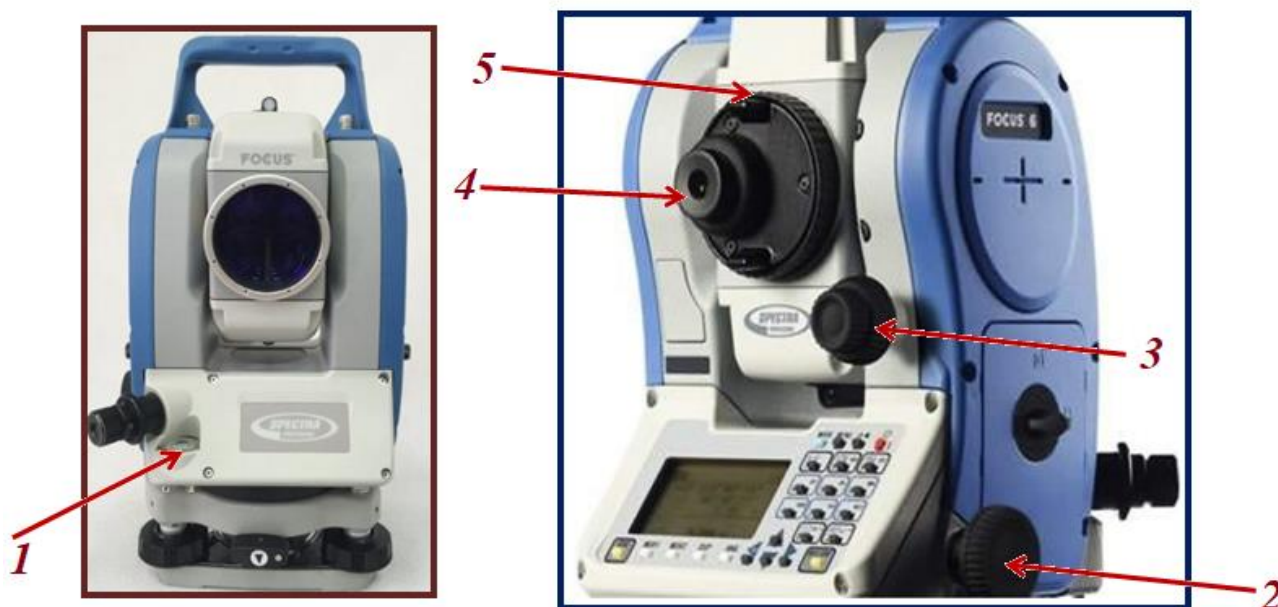


Рис. 5.2 Уровни и основные винты электронного тахеометра Focus 6

В *оптическом визире 6* (видоискателе) находится световой треугольник для первичного приближенного наведения на цель (рис. 5.3).

В обеих колонках прибора имеются *батарейные отсеки 7*. Чуть выше их находятся крестовые насечки, определяющие высоту инструмента.

На панели клавиатуры расположен жидкокристаллический экран *8* и 25 функциональных клавиш *9*.

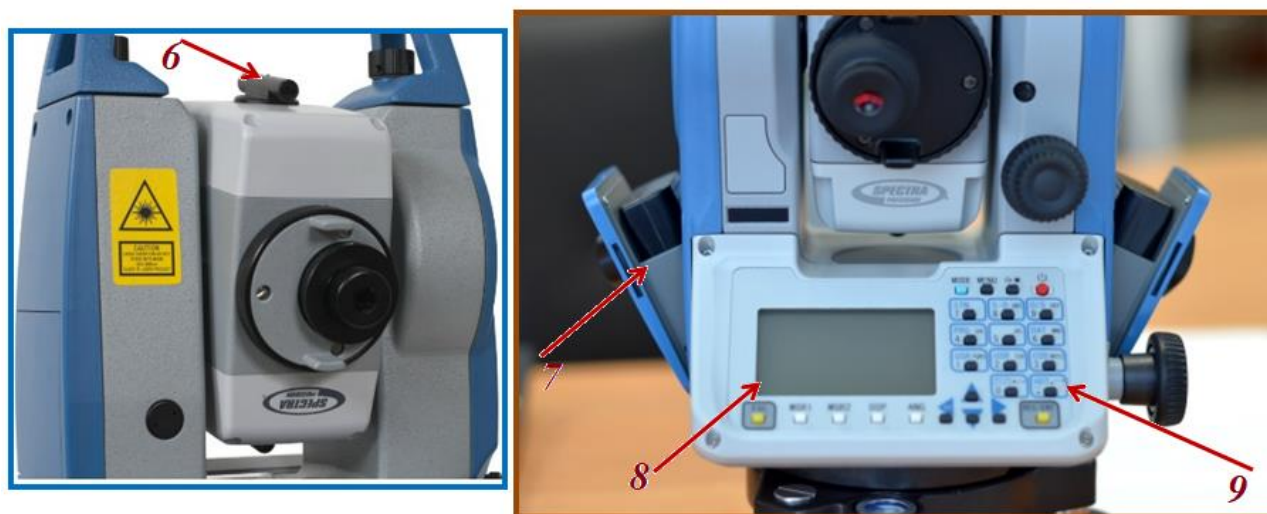


Рис. 5.3 Визир и дисплей с клавиатурой тахеометра Focus 6

Основные винты и детали тахеометра Focus 6 представлены на рис. 5.4.





Рис. 5.4 Основные винты и детали тахеометра Focus 6

Клавиатура тахеометра Focus 6 дана на рис. 5.5.

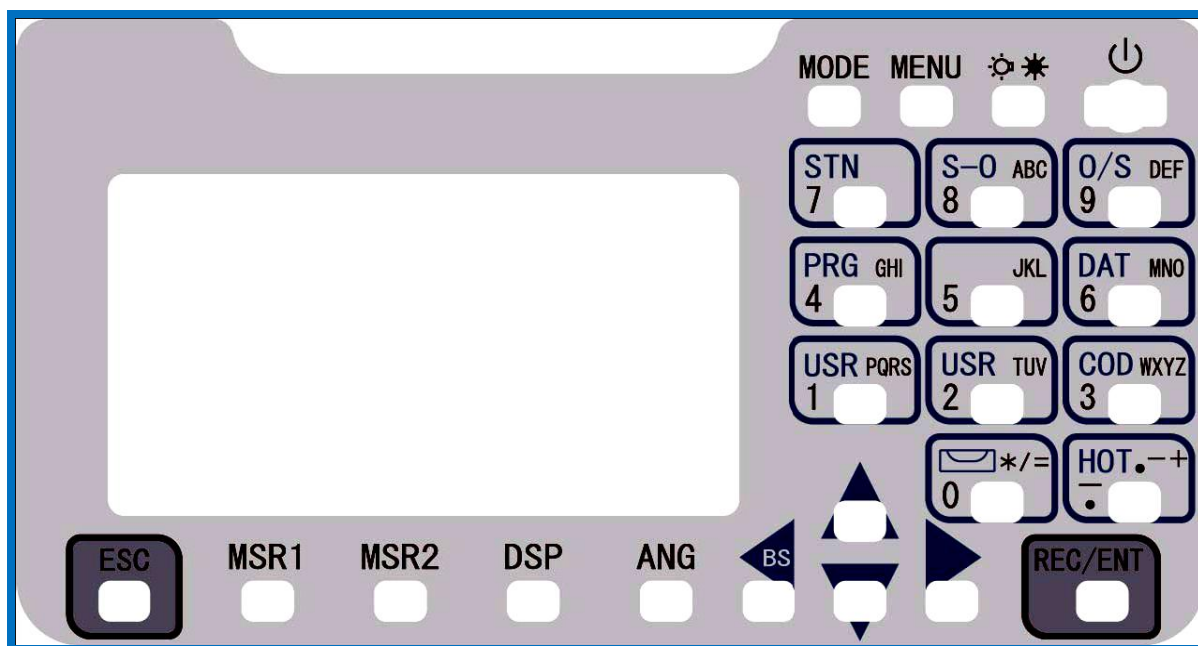








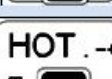



Рис. 5.5 Клавиатура тахеометра Focus 6

Тахеометр Focus 6 имеет следующие функции клавиш:

	Включение или выключение инструмента.
	Кнопка подсветки экрана, включения и выключения лазерного указателя.
MENU 	Отображает экран «МЕНЮ».
MODE 	Переключение между алфавитно-цифровым и цифровым режимами ввода.
REC/ENT 	Запись измеряемых данных или переход к следующему экрану.
ESC 	Возврат к предыдущему экрану или отмена действия.
MSR1 	Измерение в безотражательном режиме.
MSR2 	Измерение в отражательном режиме.
DSP 	Переключение между экранами.
ANG 	Отображает меню «Угол».



	Меню «Настройки станции».
	Меню «Разбивка».
	Меню «Измерения со смещением».
	Меню «Программы».
	Просмотр и редактирование данных.
	Пользовательские клавиши.
	
	Кодирование информации.
	Дополнительные функции.
	Вывод на экран электронного цилиндрического уровня.

**Отражатели** для работы с тахеометром бывают **призменные** и **плёночные** (рис. 5.6).

Основным элементом **призменного отражателя** является стеклянная трипельпризма, отражающая световые лучи в обратном направлении. При измерении значительных расстояний используются многопризменные отражатели для увеличения уровня отраженного сигнала.

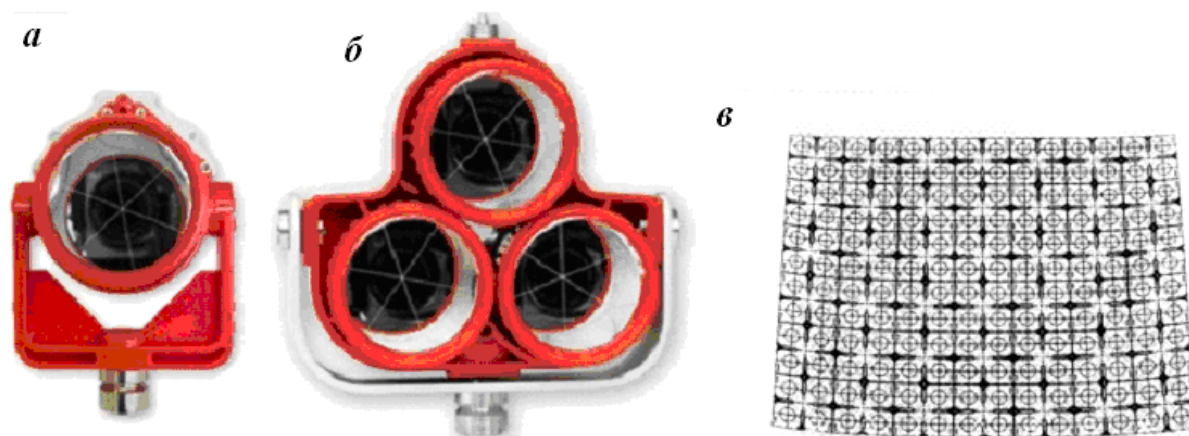


Рис. 5.6 Отражатели тахеометра:  
а) однопризменный; б) трехпризменный; в) плёночный

**Плёночный отражатель** представляет собой отражающую свет пластиковую плёнку, на которую нанесены штрихи. Дальность измерений с плёночным отражателем меньше, чем с призмённым. Но зато плёночный отражатель можно закрепить там, где установить призмённый отражатель невозможно, например – приклеить в нужном месте сооружения. Кроме того, плёночный отражатель проще установить над точкой наблюдения. При выполнении угловых измерений центр штрихов на плёночном отражателе служит визирной целью.

### **Включение инструмента**

Для включения инструмента необходимо нажать кнопку [PWR]. Появится стартовый экран. На нем отобразятся название модели, текущая температура, давление, дата и время (рис. 5.7).

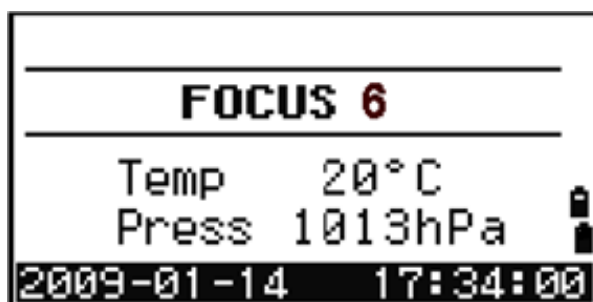


Рис. 5.7 Стартовый экран тахеометра

Через две секунды автоматически появится экран электронного уровня (рис. 5.8).

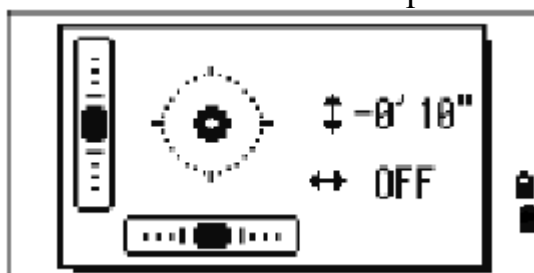


Рис. 5.8 Экран электронного уровня

Для **выключения инструмента** нажать клавиши [PWR] и [ENT] (рис. 5.9).



Рис. 5.9 Окно выключения тахеометра

### **Возможности встроенного программного обеспечения прибора.**

Тахеометр Focus 6 имеет следующие основные возможности:

- запись до 10000 точек;
- создание 32 проектов;
- сбор данных с кодированием;
- составление списка кодов (последние коды, быстрые коды);
- разбивка;
- специальные программы;
- домеры;
- обратная засечка;
- COGO (задачи координатной геометрии).

**Измерение расстояний** выполняется с использованием клавиш [MSR1] и [MSR2] (рис. 5.10). Каждая клавиша может быть настроена на определенный режим работы.



Рис. 5.10 Клавиши измерения расстояний

Нажатием и удержанием клавиши в течение 1 секунды можно осуществить доступ к параметрам (рис. 5.11).



Рис. 5.11 Настройка параметров измерения расстояний

Доступ к **дисплею** осуществляется клавишей [DSP]. При этом возможен просмотр всех доступных экранов, можно использовать кнопки «вверх» и «вниз» и нажатием и удержанием клавиши [DSP] в течение 1 секунды выполнить настройку параметров (рис. 5.12).





Рис. 5.12 Кнопка доступа к дисплею и экран настройки его параметров

Доступ к функции «Углы» осуществляется клавишей [ANG]. При этом имеются возможности установки горизонтального круга на ноль или любое другое значение, доступа к повторным измерениям и кругу право (КП), функции удержания угла (рис. 5.13).



Рис. 5.13 Кнопка доступа к функции «Углы» и экран настройки его возможностей

**Установка станции** выполняется с помощью клавиши [STN]. Она используется также для измерения координат (рис. 5.14).



Рис. 5.14 Кнопка установки станции

Возможны следующие варианты **установки станции** (рис. 5.15):  
1 Известная станция.

- 2 Засечка.
- 3 Быстрая станция.
- 4 Определение высоты станции.
- 5 Контроль задней точки.
- 6 Ввод координат станции XYZ.
- 7 Установка с известной линии.



Рис. 5.15 Варианты установки станции

**Вынос в натуру** выполняется с использованием клавиши [S-O] (рис. 5.16). При этом осуществляется доступ к функции «Разбивка».



Рис. 5.16 Кнопка выноса в натуру

Возможны следующие варианты **выноса в натуру** (рис. 5.17): по углу и радиусу, по координатам, вынос створа, вынос линии.

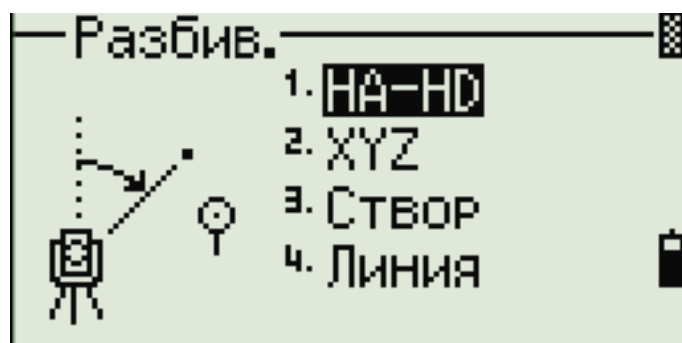


Рис. 5.17 Варианты выноса в натуру



**Измерение смещений** выполняется с помощью клавиши [O/S] (рис. 5.18). Она осуществляет доступ к функции «Домеры» и позволяет точно измерить точки в тех местах, где трудно установить призму (например, углы зданий).



Рис. 5.18 Клавиша доступа к измерению смещения

При этом возможны следующие варианты (рис. 5.19):

- 1 Измерение линейных смещений (право/лево; выше/ниже; ближе/дальше).
- 2 Измерение с угловым смещением.
- 3 Веха с двумя призмами.
- 4 Продолжение линии по смещению горизонтального угла.
- 5 Ввод горизонтального расстояния после измерения угла.
- 6 Вычисление угловой точки (угол).
- 7 Измерение центра окружности.
- 8 Продление наклонного расстояния.

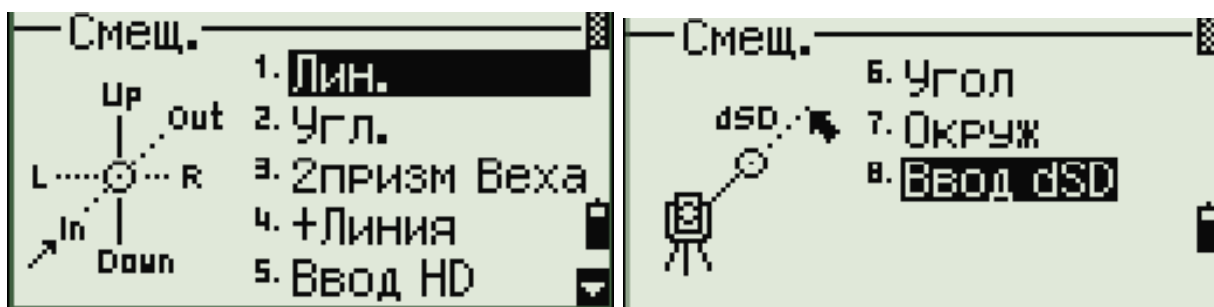


Рис. 5.19 Табло измерения смещений

Доступ к специальным функциям «Программы» выполняется с помощью клавиши [PRG] (рис. 5.20).

При этом можно определить следующее:

- 1 Смещение вдоль заданной линии.
- 2 Смещение относительно кривой.
- 3 Удаленное измерение расстояний (радиус).
- 4 Удаленное измерение расстояний (последовательно).
- 5 Определение высоты недоступного объекта.

6 Измерение в вертикальной плоскости.

7 Измерение в наклонной плоскости.

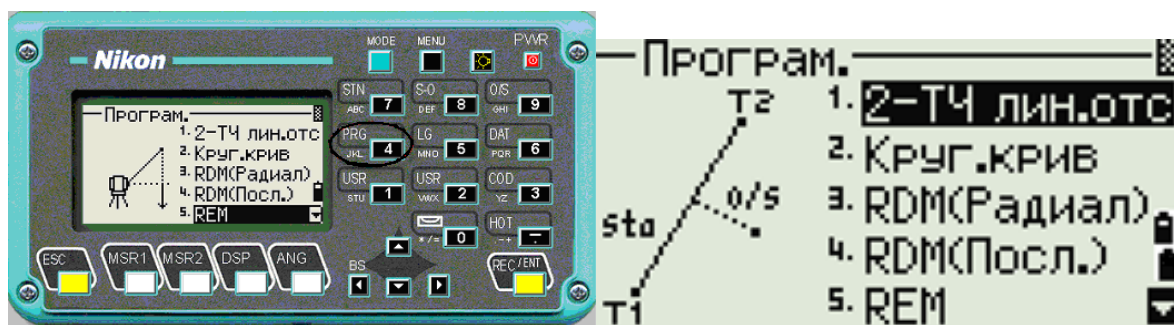


Рис. 5.20 Клавиша [PRG] и доступ к специальным функциям «Программы»

**Просмотр и редактирование данных** выполняется с использованием клавиши [DAT] (рис. 5.21). При этом осуществляется просмотр собранных данных, выбор просмотра сырых данных или координат.



Рис. 5.21 Клавиша просмотра и редактирования данных

**Пользовательские клавиши** [USR] находятся над цифрами 1 и 2 (рис. 5.22).

Эти две пользовательские клавиши обеспечивают быстрый доступ к предпочтительным функциям.



Рис. 5.22 Пользовательские клавиши

**Кодирование объектов** выполняется с помощью клавиши [COD] (рис. 5.23). Она используется для:

- ввода кода;
- доступа к быстрым кодам;
- установки кодов по умолчанию.



Рис. 5.23 Клавиша кодирования объектов

**Электронный уровень** осуществляет доступ к электронному уровню, для управления которым используются кнопки – стрелки (рис. 5.24).



Рис. 5.24 Кнопки электронного уровня

Символ # указывает на то, что компенсатор выключен (рис. 5.25 – слева), а символ : показывает, что компенсатор включен (рис. 5.25 – справа).

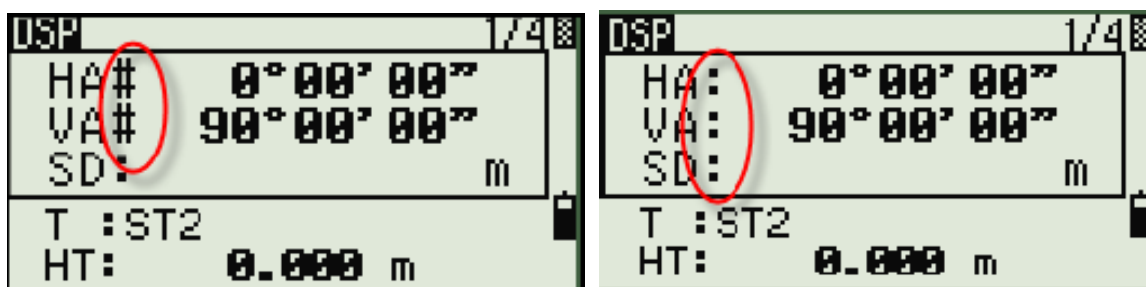


Рис. 5.25 Табло включенного и выключенного компенсатора

Клавиша [HOT] (рис. 5.26) осуществляет доступ к функциям:

- 1 Высота цели.
- 2 Температура и Давление.
- 3 Типы отражателей.
- 4 Примечания.
- 5 Точка по умолчанию.



Рис. 5.26 Кнопка доступа к функциям

**Задачи (COGO)** (рис. 5.27) осуществляют решение следующих задач координатной геометрии:

- 1 Обратная задача.
- 2 Ввод XYZ.
- 3 Расчет площади и периметра.
- 4 Вычисление координат точки по линии и смещению.
- 5 Расчет координат с использованием функций пересечения:
  - а) расчет пересечения типа азимут-азимут;
  - б) расчет пересечения типа азимут-расстояние;
  - с) расчет пересечения типа расстояние-расстояние;
  - д) расчет пересечения типа точка-линия.

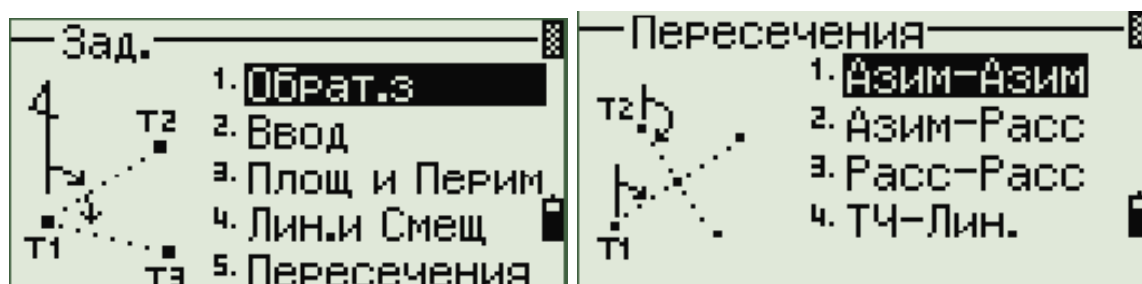


Рис. 5.27 Табло решения задач координатной геометрии



## 5.2 Техника безопасности при работе с электронным тахеометром

В электронном тахеометре FOCUS 6 используются аккумуляторные литий-ионные батареи (рис. 5.28).

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** – Не допускайте повреждения аккумуляторной литий-ионной батареи. Повреждение батареи может вызвать взрыв или возгорание, а также привести к причинению вреда здоровью людей и материального ущерба.



Рис. 5.28 Литий-ионные батареи тахеометра FOCUS 6

**Меры по предотвращению причинения вреда здоровью людей и материального ущерба:**

- не используйте и не заряжайте батарею с признаками повреждения. Признаками повреждения, помимо всех прочих, могут быть обесцвечивание, деформация и утечка электролита батареи;

- не подвергайте батарею воздействию огня, высоких температур и прямых солнечных лучей;

- не погружайте батарею в воду;

- не используйте и не храните батарею в автомобиле в жаркую погоду;

- не роняйте и не пробивайте батарею;

- не вскрывайте батарею и не замыкайте ее контакты.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** – Не дотрагивайтесь до поврежденной аккумуляторной литий-ионной батареи.

Внутри батареи находится едкий электролит, контакт с которым может причинить вред здоровью и материальный ущерб.

**Меры по предотвращению причинения вреда здоровью людей и материального ущерба:**

- если электролит из батареи попал в глаза, немедленно промойте их чистой водой и обратитесь за медицинской помощью.

### Не трите глаза!

– если электролит из батареи попал на кожу или одежду, немедленно смойте его чистой водой;

– заряжайте и эксплуатируйте аккумуляторную литий-ионную батарею в строгом соответствии с инструкциями. Зарядка и использование батареи с неразрешенным оборудованием может вызвать взрыв или возгорание, а также привести к причинению вреда здоровью людей и материального ущерба;

– при перегреве или появлении запаха дыма следует прекратить зарядку батареи;

– используйте батарею только в предназначенных для нее приборах;

– используйте батарею только по прямому назначению.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ** – Во время зарядки батареи не накрывайте зарядное устройство (рис. 5.29) и сетевой блок питания материалом или тканью, это может привести к перегреву.

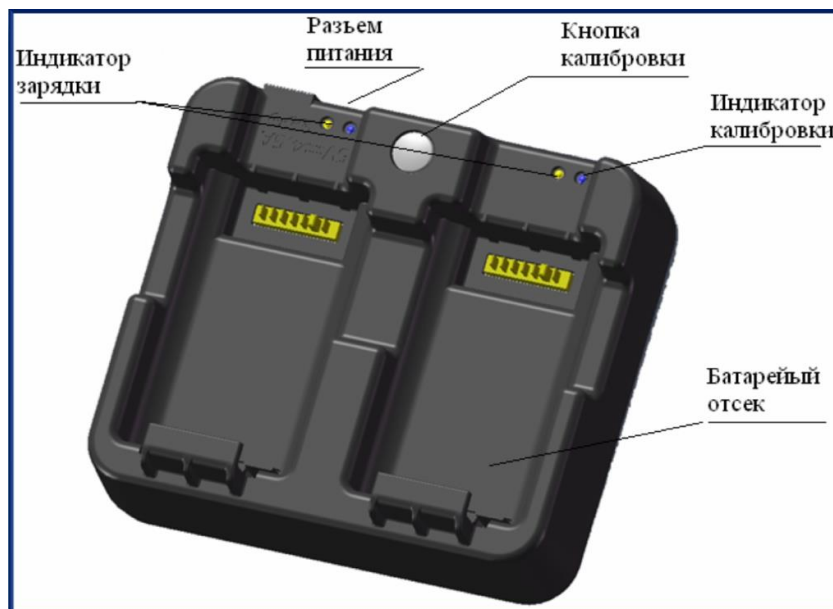


Рис. 5.29 Зарядное устройство тахеометра

Будьте внимательны, зарядное устройство достаточно сильно излучает тепло.

– не заряжайте батарею в сырых или пыльных местах, на прямом солнечном свете и близко от источников тепла. Не заряжайте батарею, если она сырая. Это может привести к удару током, перегреву или возгоранию батареи.

– батарея сама по себе не является водонепроницаемой. Защищайте батарею от влаги, когда вынимаете ее из инструмента. Попадание воды в батарею может быть причиной ее возгорания.

### Безопасность при работе с лазерным указателем

Тахеометр Focus 6 5" – это лазерный прибор **2 Класса опасности** в соответствии со стандартом IEC60825-1, Am2 (2001): «Безопасность лазерных приборов» (рис. 5.30).

### **Характеристики лазерного излучения:**

#### **Лазерный указатель**

Длина волны 630–680 нм

Выходная мощность CW:  $P_o = 1,0$  мВт

#### **Дальномер**

Длина волны 850–890 нм

Выходная мощность Импульсный режим:  $P_o = 6,4$  мВт

Длительность импульсов  $< 5$  нс

#### **Лазерный центрир (дополнительно)**

Длина волны 635 нм

Выходная мощность CW:  $P_o < 1,0$  мВт.

### **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:**

- при включении лазерного указателя зрительную трубу необходимо объективом повернуть вверх;
- при наведении на цель с использованием лазерного указателя не забывать зрительную трубу возвращать в вертикальное положение;
- необходимо принять меры предосторожности, чтобы лазерный луч не попал непосредственно на сетчатку глаза находящихся вокруг людей. Путь лазерного луча должен проходить значительно выше или ниже уровня глаз;
- запрещается направлять лазерный луч на зеркальные отражающие поверхности, такие как призма, металлические предметы, окна.



Рис. 5.30 Предупреждение о лазерной радиации

### **Условия окружающей среды:**

- 1 Не оставляйте инструмент надолго на солнце или в закрытом автомобиле.
- 2 Перегрев может нарушить его работоспособность.
- 3 Если тахеометр подвергся воздействию влаги, незамедлительно протрите его насухо и полностью высушите перед укладкой в транспортировочный ящик.



4 Тахеометр Focus 6 5" содержит чувствительные электронные схемы, защищенные от пыли и влаги. Однако при попадании в инструмент пыли или влаги возможны серьезные повреждения.

5 Резкое изменение температуры может привести к запотеванию линз и значительно сократить измеряемое расстояние или вызвать сбой электронной системы.

6 При резком изменении температуры оставьте инструмент в закрытом ящике в теплом месте до тех пор, пока температура инструмента не сравняется с комнатной.

**Требования к хранению тахеометра:**

1 Не допускайте хранения тахеометра в жарких и влажных местах. Батарею необходимо хранить в сухом месте, при температуре ниже 30° C (86° F).

2 Высокая температура и чрезмерная влажность могут привести к появлению плесени на линзах. Они также могут вызвать разрушение электронных схем, что ведет к повреждению инструмента.

3 Батарею следует хранить полностью разряжено.

4 При хранении инструмента в районах с экстремально низкими температурами, оставляйте транспортировочный ящик открытым.

5 Если трегер не будет использоваться в течение длительного времени, заблокируйте закрепительный винт трегера и затяните становой винт трегера.

## 6 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С ТАХЕОМЕТРОМ

### 6.1 Лабораторная работа № 8

#### Изучение устройства тахеометра Focus 6, назначения его функциональных клавиш

*Цель работы:* Изучить устройство и меню тахеометра Focus 6, функциональные клавиши прибора.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1 Установить тахеометр на штатив при помощи станового винта.
- 2 Изучить основные части и детали тахеометра, их назначение (см. рис. 5.1-5.4).

### 6.2 Лабораторная работа № 9

#### Поверки и юстировки тахеометра FOCUS 6

**Поверить тахеометр** – это значит проверить правильность выполнения геометрических и оптико-электронных условий, которые должны выполняться в тахеометре.

**Юстировка** – это приведение в соответствие элементов прибора к требуемым оптико-электронным условиям.

Поверки и юстировки тахеометра Focus 6 выполняются в следующей последовательности:

#### 1 Поверка и юстировка оптического центра

Условие: *Оптическая ось центра должна совпадать с вертикальной осью инструмента.*

Для проверки и юстировки оптического центра необходимо выполнить следующие действия:

- 1) поставить инструмент на штатив, не приводя его в рабочее положение;
- 2) поместить лист толстой бумаги с нарисованной меткой X на землю под инструментом (рис. 6.1).



Рис. 6.1 Поверка оптического центра тахеометра

Посмотрев через оптический центрир, вращать подъемные винты до тех пор, пока рисунок X не будет в центре визирной марки;

3) повернуть алидаду на  $180^\circ$ . Если картинка по месту совпадает с центром визирной марки, никаких юстировок не требуется (рис. 6.2-а).

Если точка станции ушла из центра, выполняют следующие действия:

– если точка станции незначительно ушла из центра, ослабить становой винт и перемещать инструмент на головке штативе до совпадения изображения точки центра станции с центром сетки нитей оптического отвеса.

По окончании действий затянуть становой винт.

– если смещение точки станции велико, повторите процедуру с шага 3.

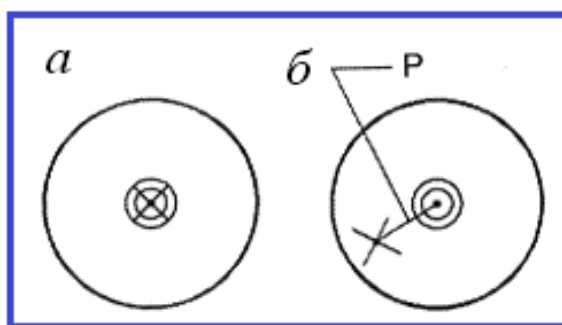


Рис. 6.2 Смещение точки станции при проверке оптического центрира

Если картинка по месту не совпадает с центром визирной марки (рис. 6.2-б), то необходимо выполнить **юстировку оптического центрира**:

а) используя шпильку, необходимо вращать юстировочные винты **1** до тех пор, пока изображение X не окажется в позиции Р (рис. 6.3). Позиция Р является центром точки линии, соединяющей X с центром визирной марки;

б) повторить процедуру с шага 2.



Рис. 6.3 Юстировка оптического центрира тахеометра

## 2 Поверка и юстировка круглого уровня

Условие: *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения тахеометра* (рис. 6.4).

Для поверки и юстировки круглого уровня необходимо выполнить следующие действия:

Установить круглый уровень инструмента по направлению двух подъемных винтов. Вращая их в разные стороны установить пузырек уровня по направлению третьего подъемного винта.

Вращая его, довести пузырек уровня в нульпункт. Затем круглый уровень повернуть на  $180^\circ$ .

Условие выполнено, если пузырек уровня остался в нульпункте.

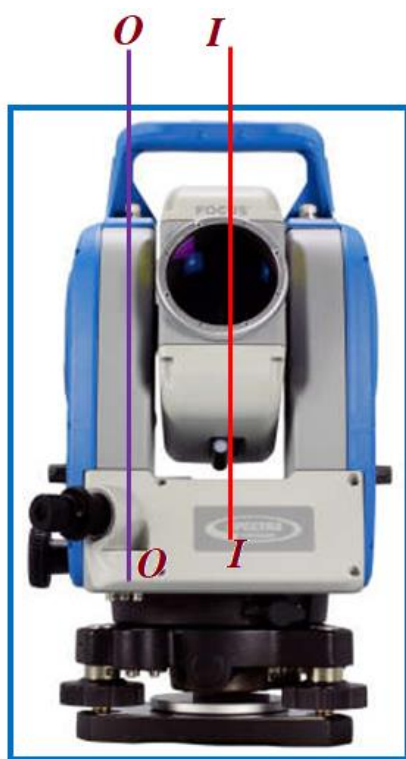


Рис. 6.4 Геометрическое условие поверки круглого уровня тахеометра

Если после поверки пузырек круглого уровня сместился с центра, следует выполнить его *юстировку* юстировочными винтами круглого уровня следующим образом:

а) вначале необходимо определить, в какую сторону от центра сместился пузырек. При помощи юстировочной шпильки ослабить юстировочный винт круглого уровня со стороны, противоположной направлению смещения пузырька, и таким образом переместить пузырек в центр.

б) поворачивать юстировочные винты так, чтобы они были одинаково затянуты, и пузырек оказался в нульпункте (рис. 6.5).

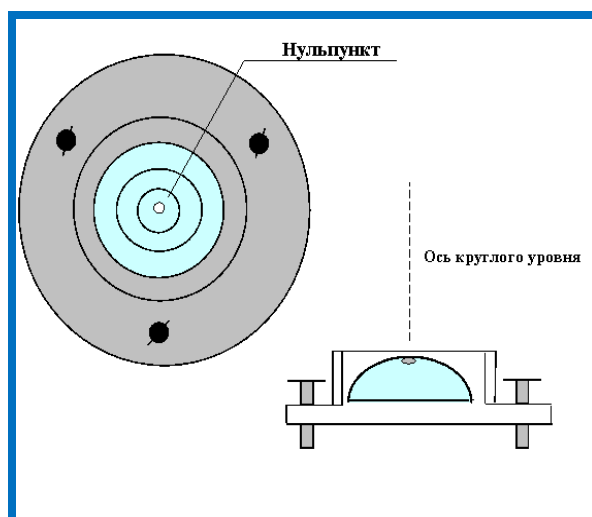


Рис. 6.5 Юстировка круглого уровня тахеометра

Первые две проверки выполняются при выключенном приборе.

### 3 Проверка и юстировка электронного цилиндрического уровня

**Условие:** *При нахождении пузырьков электронного уровня в нульпункте, ось вращения прибора должна быть отвесна, а плоскость алидады – горизонтальна.*

Для проверки цилиндрических уровней необходимо:

1) установить инструмент на штатив и привести его в рабочее положение:

а) вращением трех подъемных винтов пузырек круглого уровня привести в нульпункт и включить питание (нажать кнопку [PWR]);

б) повернуть алидаду так, чтобы нижний край панели клавиатуры (КЛ) установился по направлению двух подъемных винтов.

Появится экран электронного уровня (рис. 6.6).



Рис. 6.6 Экран электронного уровня тахеометра

в) вращая подъемные винты в разные стороны, привести пузырек горизонтально расположенного электронного уровня в нульпункт;

г) третьим подъемным винтом привести в нульпункт вертикально расположенный электронный уровень;

д) повернуть алидаду на 180°. Если пузырьки электронных уровней остались в нульпункте, то условие выполнено;

е) если поверка не выполняется, то необходимо провести юстировку электронного уровня, которая проводится по ошибкам места нуля вертикального круга и коллимационным ошибкам;

ж) повторить поверку заново.

#### 4 Поверка места нуля вертикального круга и коллимационной ошибки.

Условие: *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси ее вращения, а отсчет по вертикальному кругу должен быть близок к нулю при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы.*

Поверка выполняется в следующей последовательности:

а) установить инструмент на штатив, привести его в рабочее положение;

б) повернуть зрительную трубу в положение КЛ;

в) навести на точку, расположенную в пределах 45° от горизонтальной плоскости;

г) взять отсчеты по горизонтальному кругу ГК и вертикальному кругу ВК в поле главного экрана измерений;

д) повернуть инструмент на 180° и развернуть зрительную трубу в положение КП;

е) взять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам в поле главного экрана измерений;

ж) вычислить коллимационную ошибку по отсчетам горизонтального круга по формуле

$$C = (КЛ - КП \pm 180^\circ) / 2.$$

з) вычислить место нуля по отсчетам вертикального круга по формуле

$$M_0 = (КП + КЛ) / 2.$$

*Юстировка не требуется*, если:

– ноль вертикального круга установлен в «Зенит» и сумма отсчетов по ВК равна 360°;

– ноль вертикального круга установлен в «Горизонт» и сумма отсчетов по ВК равна 180°.

Если сумма отсчетов по вертикальному кругу не дает в сумме одного из значений, приведенных выше, то *необходима юстировка*.

Если коллимационная ошибка не в допуске, то она обозначается как  $AC_H$  = *горизонтальная ошибка*.

Разница между вертикальным углом и значимым углом (любой из следующих: 360° от зенита или 180° от горизонта) в ПО прибора обозначается как  $AC_V$  = *вертикальная ошибка*.

*Юстировка:*

Для входа в меню юстировки требуется нажать [MENU] и [7].

1) нужно произвести измерение на точку около горизонтальной плоскости при КЛ. Затем нажать [ENT]. Вертикальный угол показан в  $V_0 \text{ dir} = \text{Horiz setting}$ .



Пока проводятся измерения, на экране появляется надпись **Не трогать!**, затем **Пов. на КП**;

2) произвести измерение этой же точки при КП. Нажать [ENT].

Если значения **ACV**, **ACH**, **X** или **Y** выходят за допустимый диапазон, отображается надпись **ЗАВЕРШ**.

Необходимо нажать [ESC] для возврата в первый экран наблюдений и более тщательно **повторить измерения**.

## 5 Поверка постоянной инструмента

**Постоянная инструмента** – это числовое значение, используемое для автоматической коррекции смещения между механическим и электронным центрами инструмента при измерении расстояний.

Рекомендуется несколько раз в год проверять постоянную инструмента для обеспечения высокой точности измерений.

Поверка может быть выполнена путем сравнения измеренного значения базовой линии со значением этой линии, измеренной дальномером прибора, выполняя следующие действия.

1 На максимально возможно ровном участке установить инструмент над точкой **P** (рис. 6.7).

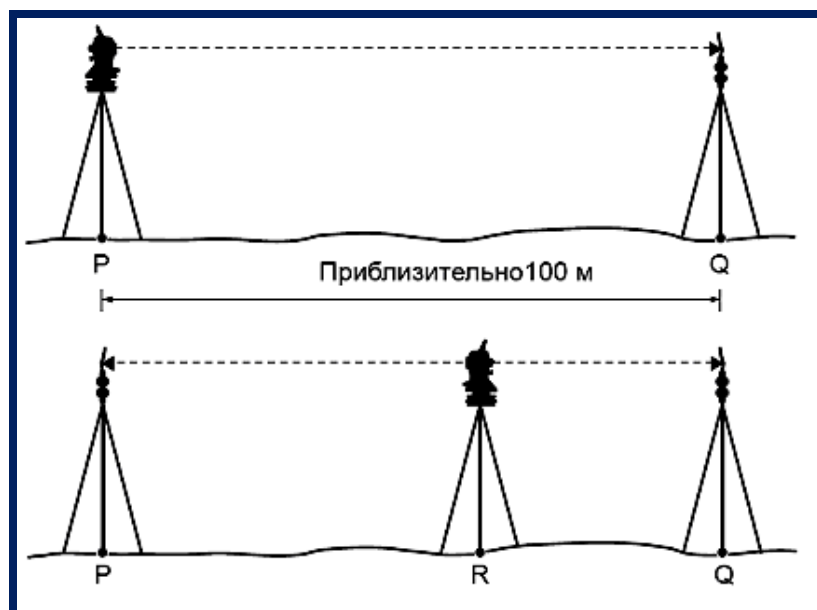


Рис. 6.7 Поверка постоянной инструмента

2 Отражающую призму установить над точку **Q** в 100 м от точки **P**. Убедиться, что учтена постоянная призмы.

3 Измерить расстояние между точкой **P** и точкой **Q** (**PQ**).

4 Установить призму на штатив над точкой **P**.

5 Установить другой штатив в створе между точками **P** и **Q** на точку **R**.

6 Поставить прибор на штатив в точке **R**.

7 Измерить расстояние от точки **R** до точки **P** (**RP**) и расстояние от точки **R** до точки **Q** (**RQ**).

- 8 Вычислить разность между значением  $PQ$  и величиной  $RP + RQ$ .
- 9 Переместить прибор на другие точки в створе между точками  $P$  и  $Q$ .
- 10 Повторить процедуры от шага 5 до шага 9 несколько раз.
- 11 Вычислить среднее значение всех разностей.

*Допустимый диапазон ошибки составляет 3 мм.*

## 6 Поверка лазерного указателя

Условие: *Центр лазерного пятна должен совпадать с центром сетки нитей.*

В тахеометре используется красный лазерный луч в качестве лазерного указателя. Лазерный указатель расположен соосно с линией визирования зрительной трубы.

Для выполнения поверки зрительную трубу навести на марку. Центр сетки нитей с помощью наводящих винтов алидады и зрительной трубы точно совместить с центром марки. Включить лазерный указатель. При надлежащей юстировке инструмента красный лазерный луч указателя должен совпасть с линией визирования.

Внешние воздействия, такие как удары или значительные перепады температуры, могут привести к смещению оси красного лазерного луча указателя относительно линии визирования. В этом случае *юстировку* необходимо выполнить *в мастерской*.

*Контрольные вопросы:*

- 1 Что значит поверить тахеометр?
- 2 Что такое юстировка?
- 3 Назвать все поверки, выполняемые для тахеометра.
- 4 Каков порядок проведения поверки и юстировки электронного уровня тахеометра?
- 5 Каков порядок проведения поверки и юстировки круглого уровня тахеометра?
- 6 Каков порядок проведения поверки места нуля и коллимационной ошибки с юстировкой?
- 7 Каков порядок проведения поверки и юстировки оптического центра тахеометра?
- 8 Как выполнить поверку постоянной инструмента?

## 7 ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### 7.1 Практическая работа №1 Масштабы топографических карт и планов

*Цель практической работы:* научиться строить и применять поперечный масштаб для решения задач, связанных с масштабом.

Для выполнения практической работы необходимо построить на листе плотной бумаги размером 15×10 см нормальный сотенный поперечный масштаб (рис. 7.1).

Порядок построения масштаба следующий:

- а) провести горизонтальную прямую, на ней отложить не менее пяти отрезков – оснований по 2 см каждый;
- б) из конечных точек отложенных отрезков восстановить к проведенной прямой перпендикуляры длиной 2,5 см;
- в) на крайних перпендикулярах отложить по 10 равных частей (по 2,5 мм), и концы полученных отрезков соединить прямыми, параллельными основанию масштаба;
- г) крайнее левое основание снизу и сверху разбить на десять равных частей (по 2 мм);
- д) провести наклонные линии (трансверсали) в следующем порядке: точку 0 (ноль) внизу соединить с точкой 1 вверху; точку 1 снизу – с точкой 2 вверху и т.д.

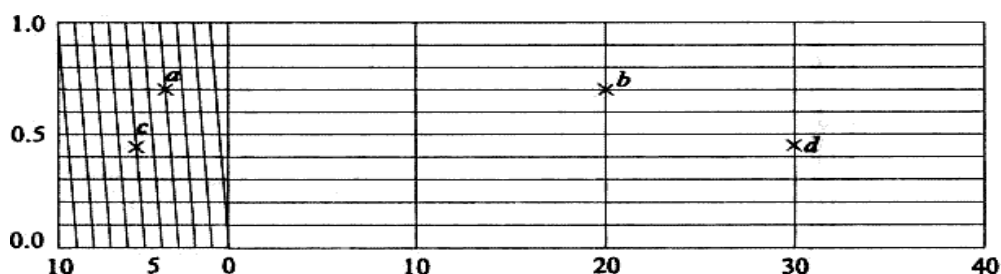


Рис. 7.1. Нормальный сотенный поперечный масштаб

Чтобы использовать поперечный масштаб для линейных измерений в заданном масштабе, необходимо его оцифровать.

Например, в масштабе 1:2000 в 1 см содержится 20 м. Основанию масштаба (2 см) соответствует 40 м. Цена наименьшего деления линейного масштаба:  $40 \text{ м} / 10 = 4 \text{ м}$ . Цена наименьшего деления поперечного масштаба:  $40 \text{ м} / 100 = 4 \text{ м} / 10 = 0,4 \text{ м}$ .

Для определения величины отрезка, измеряемого в масштабе 1:2000, правую ножку измерителя совмещают по нижней линии масштаба с вертикальной линией, при этом левая ножка измерителя должна находиться на крайнем левом основании. Перемещая обе ножки измерителя одновременно вверх, добиваются, чтобы правая

ножка иглой перемещалась по вертикальной линии, а левая – по трансверсали до тех пор, пока обе ножки не попадут в точки пересечения, лежащие на одной горизонтальной прямой (рис. 7.1). Искомое расстояние получают суммированием целых оснований масштаба, целых отрезков по линейному масштабу и числа интервалов по трансверсали.

На рис. 7.1 длина отрезка  $ab = 94,8$  м, состоящая из отрезков:  $(2 \times 40) + (3 \times 4) + (7 \times 0,4) = 80 + 12 + 2,8$ .

Длина отрезка  $cd = (3 \times 40) + (5 \times 4) + (4,5 \times 0,4) = 120 + 20 + 1,8 = 141,8$  м.

Из значения длины отрезка  $cd$  видно, что точность его измерения равна половине наименьшего деления (в данном случае 0,2 м).

Практическая работа состоит в решении следующих задач:

### 1 Определить численный масштаб плана.

Длина линии на местности $d_m$ , м	Длина линии на плане $d_{пл}$ , см	Численный масштаб
270	5,4	

Задачу решают, исходя из определения численного масштаба, выполняя перевод длин в одну размерность – сантиметры:

$$M = \frac{1}{27000} = \frac{5,4}{27000}$$

### 2 Определить длину линии на местности, если известна ее длина на плане и численный масштаб плана.

Численный масштаб	Длина линии на плане $d_{пл}$ , см	Длина линии на местности $d_m$ , м
1:25000	3,6	

Задача решается по определению пояснительного масштаба путем составления пропорции:

$$X = \frac{3,6 \cdot 250}{1} = 900 \text{ м.}$$

### 3 Определить длину линии на плане, если известна ее длина на местности и численный масштаб плана.

Численный масштаб	Длина линии на местности, $d_m$ , м	Длина линии на плане, $d_{пл}$ , см
----------------------	--	--

1:25000	900	
---------	-----	--

Задача решается по определению пояснительного масштаба путем составления пропорции:





$$\begin{array}{l} \text{В } 1 \text{ см} - 250 \text{ м} \\ \frac{3,6 \text{ см} - X \text{ м}}{3,6 \times 250} \\ X = \frac{\quad}{1} = 900 \text{ м.} \end{array}$$

#### 4 Определить точность поперечного масштаба.


Численный масштаб	Точность поперечного масштаба, м
1:10000	1

Точность поперечного масштаба равна 0,1 мм. Если масштаб 1:10000, то в 1 см содержится 100 м; в 1 мм – 10 м; в 0,1 мм – 1 м.

#### 4 С помощью поперечного масштаба измерить длины запроектированных отрезков в масштабах.

Численный масштаб	Отрезок	Длина отрезка, м
1:5000		144
1:2000		86,4
1:1000		42,2
1:500		12,8

#### 5 С помощью поперечного масштаба измерить длину линии на карте масштаба 1:10000.

1:10000  565 м

### 7.2 Практическая работа 2

#### Определение горизонтального проложения линии по численному масштабу карты

Горизонтальным проложением с наклонной линии местности называется ее проекция на горизонтальную плоскость.



Масштаб карты – это отношение отрезка на плане или карте к соответствующему горизонтальному проложению данной линии на местности.

Масштаб, представленный дробью, в числителе которой единица, называется численным, например, 1:500. Данный масштаб обозначает, что в 1 см карты содержится 500 см или 5 м местности (1 см = 5 м).

#### ***Порядок выполнения практической работы***

Для определения горизонтального проложения линии АВ на карте масштаба 1:10000, надо:

- 1) измерить линейкой с точностью до 0,1 мм длину отрезка АВ на карте, например  $SAB' = 98,5 \text{ мм}$ ;
- 2) 2) используя пропорцию:  $1 \text{ мм} = 10 \text{ м}$   
 $8,5 \text{ мм} = X \text{ м}$ ,

вычислить горизонтальное проложение линии на местности по формуле  $SAB = X = (98,5 \text{ мм} \cdot 10 \text{ м}) / 1 \text{ мм} = 985 \text{ м}$ .

### **7.3 Практическая работа 3**

#### **Определение по топографической карте геодезических координат заданных точек**

Система геодезических координат – общая система координат для всего Земного шара. Геодезические координаты – угловые величины (В – широта и L – долгота), определяющие положение точки на поверхности эллипсоида.

Широта – угол В между плоскостью экватора и нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке. Широты изменяются от 0 до 90 градусов, бывают северные и южные.

Долгота – двугранный угол L между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку. Долготы изменяются от 0 до 180 градусы, бывают восточные и западные.

На топографической карте широта изменяется по вертикали, долгота по горизонтали. Если широта увеличивается от южной рамки к северной, то это северная широта, если увеличение долготы идет от западной рамки к восточной, то это восточная долгота.

#### ***Порядок выполнения практической работы***

Пользуясь минутной рамкой карты, можно определить геодезические координаты точки (в данном примере – точки А). Для определения широты надо:

- 1) Опустить перпендикуляр из определяемой точки на минутную рамку карты по широте.
- 2) Записать оцифровку ближайшей к перпендикуляру целой минуты и десятка секунд по широте, в данном примере –  $540^\circ 42' 40'' \text{ с.ш.}$
- 3) Измерить линейкой с точностью до 0,1 мм длину десяти секунд по широте –  $B' = 31,0 \text{ мм}$ .
- 4) Измерить линейкой расстояние от выписанной оцифровки до проведенного перпендикуляра –  $\Delta B = 18,5 \text{ мм}$ .
- 5) Используя пропорцию:  $10B'' = 31,0 \text{ мм}$

$$\Delta B'' = 18,5 \text{ мм},$$

перевести измеренный линейкой отрезок в градусную меру –  $\Delta B'' = (18,5 \text{ мм} * 10 B'') / 31,0 \text{ мм} = 5,97''$ .

- б) Сложить или вычесть полученное значение с выписанной оцифровкой целой минуты и десятка секунд по широте –  $BA = 540 \ 42' \ 40'' // + 5,97'' // = 54042'45,97''$  с.ш.

По аналогии определяют долготу заданной точки А –  $LA = 18005'53''$  в.д.

## 7.4 Практическая работа 4

### Определение по топографической карте прямоугольных координат заданных точек.

Прямоугольные координаты – линейные величины (абсцисса Х и ордината Y), определяющие положение точки на плоскости (карте).

Все топографические карты в нашей стране составляются в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера. Для этого поверхность эллипсоида делят на 60 координатных зон. Координатные зоны – части земной поверхности, ограниченные меридианами с долготой, кратной  $6^\circ$ . Первая зона ограничена меридианами  $0^\circ$  и  $6^\circ$ , вторая –  $6^\circ$  и  $12^\circ$  и т.д. Счет зон идет от Гринвичского меридиана с запада на восток. Поверхность координатных зон изображают на плоскости с помощью конформной проекции Гаусса-Крюгера.

В каждой зоне образуется самостоятельная система координат. Начало координат в каждой зоне – пересечение среднего (осевого) меридиана зоны с экватором. Проекция осевого меридиана на плоскость соответствует оси абсцисс, а проекция экватора – оси ординат. В данной системе координат абсцисса Х – расстояние от экватора до точки, а ордината Y – расстояние от осевого меридиана до точки.

Для территории нашей страны все абсциссы положительные, а ординаты как положительные, так и отрицательные. Для того чтобы избежать отрицательных значений ординат в каждой зоне начало счета Y отнесено к западу от осевого меридиана на 500 км. Такая система координат называется преобразованной. Чтобы знать, в какой зоне лежит данная точка, впереди ее ординаты пишут номер зоны.

Например, для точки А, расположенной в 4 координатной зоне, непреобразованная ордината равна  $YA = -189$  км, а значит преобразованная –  $YA = 4 \ 311$  км.

Если в координатной зоне провести линии, параллельные осевому меридиану и экватору, то получится координатная сетка, или ее называют километровой сеткой.

#### **Порядок выполнения практической работы**

Пользуясь километровой сеткой карты, можно определить прямоугольные координаты точки (в данном примере – точки В). Для определения абсциссы Х надо:

- 1) Опустить перпендикуляр из определяемой точки на километровую сетку карты по оси Х.
- 2) Записать оцифровку нижней километровой сетки квадрата, в котором находится точка В, т.е. 6066 км.

- 3) Измерить линейкой расстояние от выписанной оцифровки до проведенного перпендикуляра –  $\Delta X = 37,8$  мм.
- 4) Используя численный масштаб карты, определить величину этого отрезка на местности:  $1\text{ мм} = 10\text{ м}$ ,  $37,8\text{ мм} = \Delta X\text{ м}$ , следовательно,  $\Delta X = 10\text{ м} \cdot 37,8\text{ мм} / 1\text{ мм} = 378\text{ м} = 0,378$  км.
- 5) Сложить полученное значение с выписанной оцифровкой нижней километровой линии квадрата –  $XВ = 6066 + 0,378 = 6066,378$  км.
- 6) Ординату  $Y$  данной точки определяют аналогично –  $YВ = 4313,754$  км.

## 7.5 Практическая работа 5

### Определение углов ориентирования линии по топографической карте.

Истинный азимут ( $A_{и}$ ) – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного (геодезического) меридиана до определяемой линии. Изменяется от 00 до 3600.

Магнитный азимут ( $A_{м}$ ) – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до определяемой линии. Изменяется от 00 до 3600.

Дирекционный угол ( $\alpha$ ) – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, до определяемой линии. Изменяется от 00 до 3600.

Склонение магнитной стрелки ( $\delta$ ) – угол между северным направлением истинного и магнитного меридианов в данной точке. Если магнитная стрелка отклоняется от истинного меридиана к востоку, то склонение восточное (положительное), если к западу – западное (отрицательное).

Гауссово сближение меридианов ( $\gamma$ ) – угол между северными направлениями истинного и осевого меридианов в данной точке. Если осевой меридиан отклоняется от истинного к востоку, то сближение восточное (положительное), если к западу – западное (отрицательное).

Между углами ориентирования (азимутами истинным, магнитным и дирекционным углом) существует зависимость (рис. 6), которую можно выразить формулами:

$$A_{и} = \alpha + \gamma$$

$$A_{м} = A_{и} - \delta,$$

где  $\alpha$  – дирекционный угол;

$A_{и}$  – азимут истинный;

$A_{м}$  – азимут магнитный;

$\gamma$  – гауссово сближение меридианов;

$\delta$  – склонение магнитной стрелки.

На топографической карте истинный меридиан совпадает с внутренней рамкой, осевой меридиан – параллелен линии абсцисс километровой сетки, направление магнитного меридиана можно определить по склонению магнитной стрелки.

От дирекционного угла можно перейти к румбу. Румб ( $r$ ) – острый угол, измеряемый от ближайшего (северного или южного) направления осевого меридиана или линии ему параллельной до определяемой линии. Румбы изменяются от 00 до 900, к градусной величине румба добавляют наименование четверти – СВ (северо-восток), ЮВ (юго-восток) и т.д. Зависимость между дирекционными углами и румбами приведена в табл. 2.

*Таблица 2*

№ четверти	Название четверти	Знаки приращений координат		Формула для вычисления румбов и дирекционных углов
		$\Delta x$	$\Delta y$	
I	СВ	+	+	$r = \alpha$
II	ЮВ	-	+	$r = 180^0 - \alpha$
III	ЮЗ	-	-	$r = \alpha - 180^0$
IV	СЗ	+	-	$r = 360^0 - \alpha$

Порядок выполнения практической работы

Для решения этой задачи через начальную точку заданной линии следует провести линию, параллельную осевому меридиану (вертикальная линия километровой сетки), и от северного направления по ходу часовой стрелки транспортиром измерить дирекционный угол. Зная дирекционный угол, по формулам, можно вычислить истинный азимут, а затем и магнитный, так как для территории, изображенной на карте, известны величины сближения меридианов и склонения магнитной стрелки. Эти величины указаны в юго-западном углу карты, за внешней рамкой.

Используя формулы, приведенные в табл. 2 от измеренного дирекционного угла переходят к румбу.

## 7.6 Практическая работа 6

### Решение прямой и обратной геодезических задач.

Условие прямой геодезической задачи: по известным координатам точки начала линии, длине горизонтального проложения и дирекционному углу определить координаты конечной точки линии, используя формулы:

$$XB = XA + \Delta x_{AB},$$

$$YB = YA + \Delta y_{AB},$$

где

$$\Delta x_{AB} = SAB \cdot \cos \alpha_{AB},$$

$$\Delta y_{AB} = SAB \cdot \sin \alpha_{AB}.$$

Условие обратной геодезической задачи: по известным координатам начальной и конечной точек линии определить длину горизонтального проложения и дирекционный угол линии, используя формулу:

$$SAB = \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2},$$

где

$$\Delta x_{AB} = X_B - X_A,$$

$$\Delta y_{AB} = Y_B - Y_A.$$

Дирекционный угол линии определяется по формулам связи дирекционных углов и румбов, т.е. сначала необходимо определить румб линии по формуле

$$r_{AB} = \arctg|\Delta y_{AB}/\Delta x_{AB}|$$

По знакам приращений координат определяют четверть, в которой лежит линия, название румба и дирекционный угол линии (см. табл. 2).

Порядок выполнения практической работы

За исходные данные при решении прямой и обратной геодезических задач принять результаты решения предыдущих заданий:  $X_A, Y_A; X_B, Y_B; S_{AB}; \alpha_{AB}$ .

## 7.7 Практическая работа 7

### Определение высоты заданных точек по карте. Вычисление уклона линии

Совокупность всех естественных неровностей земной поверхности называется рельефом. Для отображения рельефа на топографических картах применяют горизонтали.

Горизонталь – это замкнутая кривая, все точки которой имеют одинаковые высоты над уровнем моря.

Высота точки – это расстояние по отвесной линии от уровенной поверхности до точки на земной поверхности. Численное значение высоты называется отметкой. Если отметки отсчитываются от основной уровенной поверхности, то они называются абсолютными, если от какого-то условного уровня – то относительными. В нашей стране основной уровенной поверхностью называют средний уровень Балтийского моря (ноль Кронштадтского футштока).

Горизонтالي получают при пересечении воображаемых секущих уровенных поверхностей с существующей местностью

Расстояние между двумя секущими уровенными поверхностями (по высоте) называется высотой сечения рельефа  $h_{сеч}$ .

Расстояние между горизонталями в плане называется заложением ската –  $d$ .

Свойства горизонталей:

- 1 Горизонтали принято проводить на отметках, кратных высоте сечения рельефа.
- 2 Горизонтали всегда замкнутые кривые линии.
- 3 Горизонтали не проводят через искусственные сооружения.
- 4 Горизонтали никогда не пересекаются.

Недостатки горизонталей:

1 Горизонтали не отражают рельеф между соседними горизонталями. Для устранения этого недостатка применяют полугоризонтالي, которые на картах изображают штрихами.

2 Горизонтали имеют одинаковый вид при изображении холма или котлована (см. рис. 7).

Для устранения этого недостатка применяют бергштрихи. Направление штриха – это направление стока воды.



Горизонтالي подписывают головой цифр к подъему. Каждую пятую или четвертую горизонталь утолщают.

### **Порядок выполнения практической работы**

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка будет равна отметке этой горизонтали. Если же точка расположена между горизонталями, то необходимо выполнить следующие действия:

1 Через заданную точку провести кратчайшее расстояние между горизонталями, это расстояние будет являться заложением, его измеряют при помощи линейки, пусть  $d = 24$  мм.

2 Измерить часть заложения от меньшей горизонтали до заданной точки –  $\Delta d = 11$  мм.

3 Превышение заданной точки над меньшей горизонталью определяют из подобия треугольников –  $\Delta h \Delta d = h_{\text{сеч}} d$ , т.е.

$\Delta h = h_{\text{сеч}} \Delta d$ ; если высота сечения рельефа равна 2,5 м, то

$$\Delta h = h_{\text{сеч}} \Delta d = 2,5 \text{ м} \cdot 11 \text{ мм} / 24 \text{ мм} = 1,1 \text{ м}.$$

4 Отметку заданной точки находят по формуле:

$$H_A = H_{\text{меньш}} + \Delta h = 107,5 \text{ м} + 1,1 \text{ м} = 108,6 \text{ м},$$

где  $H_A$  – отметка определяемой точки,

$H_{\text{меньш}}$  – отметка меньшей по высоте горизонтали,

$\Delta h$  – превышение определяемой точки над меньшей горизонталью.

Крутизна ската характеризуется углом наклона линии местности или ее уклоном.

Мера крутизны ската называется уклоном  $i$ .

Уклон определяется как тангенс угла наклона по формуле:

$$i_{AB} = \tan \nu_{AB} = h_{AB} / d_{AB},$$

где  $i_{AB}$  – уклон линии,

$\nu_{AB}$  – угол наклона линии,

$h_{AB}$  – превышение между точками,

$d_{AB}$  – горизонтальное проложение между точками.

Уклон, угол наклона и превышение линии имеют одинаковые знаки. Для того чтобы получить верный знак у превышения, необходимо его находить по формуле:

$$h_{AB} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = H_B - H_A$$

где  $h_{AB}$  – превышение между точками,

$H_{\text{кон}}$  – отметка конечной точки линии,

$H_{\text{нач}}$  – отметка начальной точки линии.

Уклон определяется в тысячных долях, процентах или промилях –  $i = 0,001 = 0,1\% = 1\text{‰}$

### **Порядок выполнения практической работы**

Для определения уклона находят превышение между точками, по формуле, используя отметки, полученные в предыдущей задаче. Горизонтальное проложение линии АВ выписывают из практической работы 2.

Уклон линии АВ вычисляют по формуле.

Пример:

Известны отметки точек:  $H_A = 108,6$  м,  $H_B = 79,5$  м, следовательно

$$h_{AB} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = H_B - H_A = 79,5 \text{ м} - 108,6 \text{ м} = -29,1 \text{ м}.$$

Горизонтальное проложение линии АВ по первой задаче равно  $d_{AB}=985$  м.

По формуле уклон равен

$$i_{AB} = h_{AB} / d_{AB} = -29,1 \text{ м} / 985 \text{ м} = -0,030 = -3,0\% = -30\text{‰}.$$

## 7.8 Практическая работа 8

### Построение профиля линии по топографической карте.

Профилем называется вертикальный разрез местности по заданному направлению. Он представляет собой график из двух взаимно перпендикулярных направлений. Профиль принято строить на миллиметровой бумаге, что облегчает построение. Для того чтобы профиль получился выразительным, при его построении применяют два масштаба: горизонтальный, который соответствует масштабу топографической карты, и вертикальный, который задается в 10 раз крупнее горизонтального. По горизонтали откладывают горизонтальные проложения, а по вертикали – отметки точек.

Пусть необходимо построить продольный профиль по направлению АВ. Линию АВ соединяют карандашом и последовательно измеряют расстояния между точками, полученными при пересечении данной линии АВ с горизонталями ( $d_1, d_2, d_3$ , и т.д.).

Как уже говорилось, при построении профиля задаются двумя масштабами: горизонтальным и вертикальным. Обычно горизонтальный масштаб принимают равным масштабу карты (в данном примере  $MГ=1:10\ 000$ ), а вертикальный должен быть в 10 раз крупнее ( $MВ=1:1\ 000$ ).

Построение профиля начинают с того, что на листе миллиметровой бумаги строят графы горизонтальных проложений и высот.

Заполнение граф начинают с графы «Горизонтальные проложения». В горизонтальном масштабе  $1:10\ 000$  от начальной точки А, последовательно откладывают все расстояния между горизонталями, которые измеряют по исходной карте –  $d_1, d_2, d_3$ , и т.д.; проводят вертикальные отрезки. Между этими отрезками выписывают горизонтальные проложения линий на местности, которые определяют по численному масштабу карты.

В графе «Высоты точек» выписывают отметки начальной и конечной точек заданной линии, а также отметки всех горизонталей, которые она пересекает.

Верхняя линия профильной сетки называется линией «условного горизонта». Отметка «условного горизонта» выбирается таким образом, чтобы минимальная отметка была выше него на 5–7 см (т.е. на 50–70 м). Выбранная отметка подписывается над стрелкой.

На рис. 11 наименьшая высота 141,3 округляется до 140 (т.к. вертикальный масштаб  $1:1000$ , т.е. в 1 см содержится 10 м, то вертикальная ось профиля должна быть оцифрована значениями, кратными 10). Следовательно, отметку «условного горизонта» принимают равной 90 м (т.к.  $140 - 50 = 90$  м).

От линии «условного горизонта» в вертикальном масштабе  $1:1000$  на перпендикулярах откладываются значения отметок всех горизонталей и точек А и В.

После соединения полученных смежных точек прямыми, получается продольный профиль поверхности земли по заданному направлению АВ.

## **7.9 Практическая работа 9**

### **Обработка материалов теодолитной съемки.**

Обработка материалов заключается в проверке полевых журналов, составлении схемы теодолитного хода, обработке линейных измерений, решении обратных геодезических задач на исходных пунктах, уравнивании теодолитного хода и вычислении координат его точек, составлении плана теодолитной съемки.

Проверка полевых журналов. В журналах угловых измерений теодолитного хода проверяют полевые вычисления углов, направлений, средних значений углов и направлений.

Составление схемы теодолитного хода. Схему составляют на отдельном листе бумаги в произвольном масштабе и примерном ориентировании ее по странам света.

Исходные пункты и направления показывают красным цветом. Ведут нумерацию точек теодолитного хода, выписывают из полевых журналов левые или правые по ходу горизонтальные углы, примычные углы и измеренные длины линий.

Обработка линейных измерений. Обработка линейных измерений заключается в проверке правильности вычислений результатов прямых и обратных измерений, выводов средних результатов длин линий и введения в эти результаты поправок за наклон линии, длину ленты и, если необходимо, за температуру.

Уравнивание теодолитного хода и вычисление координат его точек. Исходными данными в замкнутом теодолитном ходе служат координаты исходного пункта хода и дирекционный угол одной из сторон. Согласно схеме хода (см. рис. 2.13) исходным пунктом является пункт полигонометрии пп. 100, а исходным дирекционным углом – дирекционный угол направления из пп. 100 на теодолитную точку 1, который вычисляют по примычному углу, измеренному на пп. 100 между направлениями на точку 1 и на пункт пп. 102, и известному из решения обратной геодезической задачи дирекционному углу исходного направления пп. 100 - пп. 102

Все вычисления по уравниванию замкнутого теодолитного хода ведутся в специальной ведомости в следующем порядке:

1) в графе 1 согласно схеме хода записывают номера его точек: пп 102, пп 100, 1. 2, 3, 4, 5, пп 100, 1;

2) дважды записывают чернилами красного цвета дирекционный угол исходного направления пп 102 - пп 100 в графу 4 в начале ведомости и в конце дирекционный угол направления пп 100 - пп 102, а также прямоугольные координаты исходного пункта  $X_{пп100}$ ,  $У_{пп100}$  в графы 11 и 12 (например,  $X_{пп100} = 196,25$  м;  $У_{пп100} = 680,46$  м);

3) со схемы теодолитного хода выписывают в ведомость средние значения горизонтальных углов  $-i$  (в графу 2) и горизонтальные проложения  $d_i$ ,  $i+1$  в графу 6. Напротив значения пп 100 заносят в начале ведомости уравненный примычный угол, а в конце – измеренный угол.

Подсчитывают периметр хода:  $P = \sum d_i$  и записывают в графу 6.

В примере  $P = 576,58$  м;

4) вычисляют угловую невязку хода. Для этого подсчитывают практическую сумму  $\sum \beta$  пр всех измеренных по ходу углов:

$$\sum \beta_{пр} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n.$$

Результат записывают в графу 2;

5) подсчитывают теоретическую сумму  $\sum \beta_{теор}$  внутренних углов в полигоне с  $n$  вершинами:

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

Для шестиугольника (см. рис. 2.13)  $n = 6$ , тогда

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ(6 - 2) = 720^\circ 00'. \text{ Результат записывают в графу}$$

2 под суммой  $\sum \beta_{пр}$ ;

б) вычисляют угловую невязку:

$$f\beta = \sum \beta_{пр} - \sum \beta_{теор}$$

и записывают в графу 2 под  $\sum \beta_{теор}$ ;

7) вычисляют допустимую угловую невязку:

$$f\beta^{доп} = \pm 1,0' \times \sqrt{n},$$

где  $n$  – число углов.

При  $n = 6$  будем иметь  $f\beta^{доп} = \pm 1,0' \times \sqrt{6}$ ;

1) если  $|f\beta| \leq f\beta^{доп}$ , то невязку  $f\beta$  распределяют с обратным знаком поровну на все углы. Поправка в измеренный угол находится по формуле

$$v_{\beta i} = -f\beta / n.$$

Если невязка поровну не делится, то большая часть поправки идет в угол, образованный меньшими горизонтальными проложениями.

Поправки  $v_{\beta i}$  округляют с таким расчетом, чтобы исправленный угол

$$\beta_i^{исп} = \beta_i + v_{\beta i}$$

не имел сотых долей и был выражен только в десятых долях. В то же время должно соблюдаться следующее условие:  $\sum v_{\beta i} = -f\beta$ .

Например, угловая невязка  $f\beta = 1,9'$ , число измеренных углов  $n = 6$ , поправки в углы будут иметь значения  $0,3'$  или  $0,4'$ . Большее значение поправки вводится в угол, образованный наиболее короткими сторонами.

Исправленные значения углов записывают в графу 3.

Контроль:

$$\sum \beta^{исп} = \sum \beta_{теор};$$

2) вычисляют дирекционные углы  $\alpha_{i, i+1}$  линий хода для левых углов по формуле

$$\alpha_{i, i+1} = \alpha_{i-1, i} + \beta_i^{исп} - 180^\circ.$$

$$\text{Например, } \alpha_{1-2} = \alpha_{100-1} + \beta_1^{исп} - 180^\circ = 22^\circ 02,9' + 147^\circ 43,8' - 180^\circ = 349^\circ 46,7'.$$

Вычисленные значения записывают в графу 4 в строке между точками 1 и 2. Контролем вычисления дирекционных углов служит точное совпадение в конце хода дирекционного угла направления  $nn 100 - nn 102$ ;

3) по дирекционным углам  $\alpha_{i, i+1}$  вычисляют румбы  $r_{i, i+1}$ .

Румбом называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего конца осевого меридиана до данного направления. Румб можно найти по дирекционному углу в зависимости от номера четверти (см. табл. 2.3).

Значения румбов записывают в графу 5;

4) вычисляют приращения координат

$$\Delta X_{100-1} = d_{100-1} \times \cos \alpha_{100-1};$$

$$\Delta Y_{100-1} = d_{100-1} \times \sin \alpha_{100-1}$$

и т.д. По значению дирекционного угла линии определяют четверть, в которой расположена линия, а по номеру четверти определяют знаки приращений координат,

Значения приращений координат записывают в графы 7 и 8

ведомости, округляя их до сотых долей метра;

5) подсчитывают алгебраические суммы практических значений приращений координат:

$$\sum \Delta X_{\text{пр}} = \Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n;$$

$$\sum \Delta Y_{\text{пр}} = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \dots + \Delta Y_n.$$

Известно, что сумма приращений координат замкнутого полигона теоретически равна 0. Тогда невязки по осям координат составят:

$$f_x = \sum \Delta X_{i, i+1}; \quad f_y = \sum \Delta Y_{i, i+1}.$$

В примере  $f_x = -0,15$  м,  $f_y = -0,07$  м;

6) для определения допустимости невязок  $f_x$  и  $f_y$  вычисляют абсолютную невязку

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Для приведенного примера  $f_{\text{абс}} = \sqrt{(0,15)^2 + (0,07)^2} = 0,16$

м. Затем вычисляют относительную ошибку

Невязки  $f_x$  и  $f_y$  считаются допустимыми, если  $f_{\text{отн}} \leq 1/2000$ .

В примере  $f_{\text{отн}} = 1/3600 < 1/2000$ ;

7) если  $f_x$  и  $f_y$  допустимы, то их распределяют с обратным знаком прямо пропорционально горизонтальным проложениям. Поправки  $v_{x, i+1}$ ,

$v_{y, i+1}$  в приращения координат:

Из-за округления вычисляемых поправок контроль может не получиться (на 1...2 см). Тогда необходимо некоторые поправки изменить, чтобы данное условие строго выполнялось;

1) вычисляют исправленные приращения:

$$\Delta X_{\text{испр}} = \Delta X + v_x;$$

$$\Delta Y_{\text{испр}} = \Delta Y + v_y.$$

Результаты вычислений заносят в графы 9 и 10. Контроль:  $\sum \Delta X_{\text{испр}} = 0$ ;  $\sum \Delta Y_{\text{испр}} = 0$ ;

2) вычисляют координаты точек теодолитного хода:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i, i+1} \text{ испр};$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i, i+1} \text{ испр}.$$

Следовательно, абсциссы и ординаты точек получают последовательным суммированием приращений координат.



Контролем вычисления служит точное совпадение координат исходного пункта в конце замкнутого хода.

В случае разомкнутого теодолитного хода его вычислительная обработка такая же, как и замкнутого хода, кроме следующих вычислений:

– угловая невязка для правых по ходу измеренных углов находится по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - [\alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} + 180^{\circ} \times n],$$

где  $[\alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} + 180^{\circ} \times n]$  – теоретическое значение суммы измеренных углов;

$\alpha_{\text{н}}$  – дирекционный угол исходной (начальной) стороны хода;

$\alpha_{\text{к}}$  – дирекционный угол конечной стороны хода.

Для левых по ходу углов невязку находят по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - [\alpha_{\text{к}} - \alpha_{\text{н}} + 180^{\circ} \times n];$$

– невязка в приращении координат определяется:

$$f_x = \sum \Delta X_{i, i+1} - (X_{\text{к}} - X_{\text{н}});$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{i, i+1} - (Y_{\text{к}} - Y_{\text{н}}),$$

где  $X_{\text{к}}, Y_{\text{к}}$  – координаты конечного пункта теодолитного хода;

$X_{\text{н}}, Y_{\text{н}}$  – координаты начального пункта теодолитного хода.

Все остальные вычисления производятся так же, как и в замкнутом теодолитном ходе.

*Построение координатной сетки и накладка точек теодолитного хода на план.*

По полученным в результате уравнивания координатам точки теодолитного хода необходимо нанести на плановую основу. Для этого нужно на ней построить координатную сетку, оцифровать ее согласно заданному масштабу съемки и затем по координатам нанести точки обоснования.

Существует несколько способов построения координатной сетки на плановой основе. Наиболее распространенным способом является построение дециметровых квадратов с помощью специальной металлической линейки Ф.Д. Дробышева. Малая линейка представляет собой металлическую основу с шестью вырезами посередине. У первого выреза, помеченного нулем, край срезан по прямой линии, у всех остальных он скошенный. Правый скошенный конец линейки удален от начала счета на 70,711 см. Эта величина равна диагонали квадрата со стороной 50 см, поэтому при помощи такой линейки можно построить сетку квадратов с максимальным общим размером 50×50 см.

Для построения сетки квадратов линейку кладут параллельно нижнему краю листа бумаги и, отступив от него на 5...7 см (для надписей), проводят по скошенному краю линейки тонкую линию.

Затем линейку сдвигают и по скошенному краю каждого выреза пересекают прочерченную линию штрихами. Первый штрих будет являться точкой А, а последний

– точкой В. Далее укладывают линейку вдоль левого края листа, совмещают нулевой штрих с точкой А так, чтобы ось линейки была примерно перпендикулярна линии АВ. Проводят штрихи по каждому скошенному вырезу.

Затем кладут линейку по диагонали, совместив нулевой штрих с крайним правым штрихом в точке В. По концу линейки прочерчивают дугу, пересекающую последний верхний штрих в точке С. Таким образом будет построен прямоугольный треугольник ABC со сторонами 50 x 50 x 70,711 см.

Точно так же строят второй треугольник, для чего укладывают линейку сначала по линии BD, а затем по диагонали AD и получают второй треугольник ABD. Проверяют верхнюю сторону CD, допустимое отклонение которой должно быть не более 0,2 мм. На стороне CD по прорезам линейки отмечают десятисантиметровые отрезки. Полученные противоположные штрихи соединяют тонкими линиями. Для контроля построения координатной сетки циркулем-измерителем проверяют равенство диагоналей всех квадратов. Допустимое расхождение 0,1 мм.

Для небольших планов можно также построить координатную сетку, пользуясь свойствами диагоналей прямоугольника: они равны и делят друг друга пополам. Построение выполняют на отдельном листе плотной бумаги с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Через углы листа бумаги прочерчивают диагонали.

Раствором измерителя на диагоналях откладывают от точки О равные отрезки произвольной длины Оа, Ов, Ос, Од. Полученные точки а, в, с и d соединяют и получают правильный прямоугольник. С помощью масштабной линейки стороны прямоугольника делят на отрезки, равные 10 см, и прочерчивают линии координатной сетки. Контроль разбивки выполняют аналогично предыдущему способу.

Затем проводят оцифровку координатной сетки при составлении плана, например в масштабе 1:1000. Координатную сетку подписывают в соответствии с координатами точек планового съемочного обоснования с таким расчетом, чтобы составляемый план участка расположился в средней части листа бумаги.

## **7.10 Практическая работа 10**

### **Нивелирование трассы**

По материалам полевых измерений необходимо выполнить следующие работы:

- а) обработать журнал технического нивелирования трассы;
- б) выполнить расчет кривых, определить пикетажное положение главных точек кривых;
- в) построить продольный и поперечный профили;
- г) заполнить ведомость прямых и кривых.

*Исходные данные*

1 Пикетажный журнал.

Дирекционный угол первоначального направления трассы принять равным  $(100 + №)^\circ$ , (№ варианта) '.

Например, группа СУС–I–165, вариант 15:  $(100 + 165)^\circ 15' = 265^\circ 15'$ .

Величину *первого* правого угла поворота (ВУП –1 на ПК 3 + 10,00) принять равной  $8^\circ$ , (№ варианта)', радиус  $R = 1200$  м, длину переходной кривой  $l = 80$  м.

Величину *второго* левого угла поворота (ВУП–2 на ПК 10 + 07,80) принять равной  $11^\circ 55'$  плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента, радиус  $R = 800$  м, длину переходной кривой  $l = 100$  м.

Отметку нивелирного репера Rp104 принять условно. Количество целых метров в отметке должно быть трёхзначным числом, в котором количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние цифры группы студента плюс номер варианта. В дробной части отметки (дм, см, мм) ставят те же цифры, что и в целой части.

Например, группа СУС I 165, вариант 15: HRp104 = 165 + 15 = 180,180 м.

Отметка репера 24 (Rp24) задается преподавателем.

Обработка журнала технического нивелирования. Согласно приведённым отсчётам по двухсторонним рейкам необходимо вычислить пяточные разности и превышения связующих точек, записать их со своим знаком в графы 6, 7 журнала.

Пяточная разность задней и передней реек находится как разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки. Контролем является их сходимость в пределах  $\pm 5$  мм.

Превышение между связующими точками равно разности отсчетов задней и передней реек, т.е.

$$h = a - b,$$

где  $a$  – отсчёт по задней рейке,  $b$  – отсчёт по передней рейке.

Для вычисления превышения используют отсчёты как по чёрной ( $a'$  и  $b'$ ), так и по красной ( $a''$  и  $b''$ ) сторонам реек.

Таким образом, для каждой станции находят два значения:

$$h' = a' - b' \quad \text{и} \quad h'' = a'' - b'',$$

между которыми допускается расхождение не более  $\pm 5$  мм.

Полученное значение округляют до целого значения миллиметра, после чего записывают с соответствующим знаком в графу 7.

*Пример.* На станции 1 журнала нивелирования имеем:

$$h' = 0908 - 0515 = + 393 \text{ мм};$$

$$h'' = 5596 - 5202 = + 394 \text{ мм};$$

$$h_{cp} = (393 + 394)/2 = + 394 \text{ мм}.$$

Для контроля вычисленных превышений производят постраничный контроль на каждой странице журнала. Для этого необходимо найти:

$\sum a$  – сумму всех отсчетов по задней рейке (графа 3);

$\sum b$  – сумму всех отсчетов по передней рейке (графа 4);

$\sum (h' + h'')$  – алгебраическую сумму вычисленных превышений (графа 6);

$\sum h_{cp}$  – алгебраическую сумму средних превращений (графа 7).

Если имеет место равенство в пределах точности округления

Произведенные аналогичные вычисления на каждой странице суммируются, и общие результаты их записываются в конце журнала в соответствующие графы (контроль по всему ходу).

Для уравнения нивелирного хода, проложенного между двумя исходными точками (реперами Рр 104 и Рр 24), необходимо определить невязку нивелирного хода по формулам:

Невязка распределяется с обратным знаком во все средние превышения поровну с округлением до целых миллиметров. Если поровну невязка не делится, то большая часть поправки идет в средние превышения последних станций.

*Контроль.* Сумма всех поправок должна равняться невязке с обратным знаком. Поправки записывают в графу 8 журнала чернилами красного цвета. Исправленные превышения вычисляют по формуле

$$h_{исп} = h_{ср} + \Delta ,$$

где  $\Delta$  – поправка.

Алгебраическая сумма уравненных превышений должна быть равна разнице отметок реперов, т.е.

$$\sum h_{исп} = \sum h_{теор} = H_{Рр\ 24} - H_{Рр\ 104} .$$

Отметки связующих точек нивелирного хода вычисляют по формуле

$$H_n = H_{n-1} + h_{исп} ,$$

где  $H_n$  и  $H_{n-1}$  – отметки последующей и предыдущей связующих точек;

$h_{исп}$  – исправленное превышение между ними.

Контролем правильности вычислений отметок является полученная в конце хода известная отметка конечного репера  $H_{Рр\ 24}$ .

Отметки промежуточных точек нивелирного хода и точек поперечного профиля вычисляют через горизонт инструмента по формуле

$$H_C = H_{Гиср} - c ,$$

где

$$H_{Гиср} = H_A + a' = H_B + b' ,$$

$H_{Гиср}$  – отметка горизонта инструмента, т.е.  $H_{Гиср}$  равна отметке задней (передней) точки плюс отсчет по черной стороне рейки, стоящей на этой точке;

$H_A$ ,  $H_B$  – отметки связующих точек на данной станции (задней и передней);

$a'$ ,  $b'$  – отсчеты по рейкам на этих точках (по черной стороне);

$c$  – отсчет по рейке на промежуточной точке.

Построение продольного и поперечного профилей трассы

Пользуясь обработанным журналом технического нивелирования и пикетажным журналом (см. рис. 2.18), построить на миллиметровой бумаге продольный профиль в заданных масштабах: 1:5000 □ для горизонтальных расстояний; 1:500 □ для вертикальных расстояний (прил. 8); 1:200 □ для поперечного профиля на пк 4.

Сначала профиль составляют в карандаше, выполняя все необходимые построения тонкими линиями. Закончив составление, профиль следует оформить в цвете. Продольный профиль вычертить на миллиметровой бумаге формата 30□40 см.

Построения профиля нужно начинать с проведения линии условного горизонта и вычерчивания сетки профиля. Оставив сверху линии условного горизонта 15...20 см

для построения профиля и надписей, проводят линию условного горизонта. Ниже этой линии вычерчивают сетку профиля.

Отметку условного горизонта находят по правилу: из всех отметок земли выбирают минимальную, округляют ее в сторону уменьшения кратно 5, минус 20 м. Эту отметку (прил. 8, отметка 70 м) записывают слева от начальной точки линии условного горизонта.

Графы сетки заполняют в следующем порядке:

1 В графе «Горизонтальные расстояния», пользуясь пикетажным журналом (см. рис. 2.18) или журналом технического нивелирования, строят шкалу расстояний, откладывая на ней пикеты и плюсовые точки в горизонтальном масштабе 1:5000. Под шкалой в графе «Пикеты» подписывают номера пикетов, а на шкале около плюсовых точек – расстояния до ближайших пикетов или плюсовых точек (например, для плюсовой точки пк 1 + 56 соответственно расстояния 56 и 44 м).

2 В графу «Отметки земли» из журнала технического нивелирования выписывают уравненные отметки пикетов и плюсовых точек с точностью до сотых долей метра.

3 В графе «План прямых и кривых» по данным ведомости расчёта кривых, пользуясь пикетажными значениями главных точек кривых НК (начало кривой), КК (конец кривой), изображают прямыми отрезками прямые участки трассы, а дугами, обращёнными вверх или вниз,  $\square$  кривые. Если трасса поворачивает вправо, то дуга вычерчивается выпуклостью вверх, если же влево  $\square$  выпуклостью вниз.

Положение начала и конца дуги должно соответствовать пикетажному положению НК и КК, полученному путём расчёта кривых.

Например, для первой кривой пикетажное значение начала кривой равно пк 1 + 70,62 (прил.8), т.е. на расстоянии 70,62 м от пк 1, а конца кривой пк 4 + 48,88, т.е. на расстоянии 48,88 м от пк 4. В графе изображена первая кривая при повороте кривой вправо.

В точках НК и КК каждой кривой проводят ординаты до графы «Горизонтальные расстояния», вдоль которых подписывают расстояния до ближайших пикетов. Так, вдоль ординаты, проведённой от точки НК (пк 1 + 70,62) первой кривой до графы «Горизонтальные расстояния», пишут расстояния до пк 1, равное 70,62 и до пк 2  $\square$  29,38 м. Сумма этих расстояний должна равняться 100 м.

Над и под дугами, изображающими на профиле кривые, подписывают значения основных элементов кривых  $\square$ , R, l, TC, KC. Над прямыми отрезками подписывают длины прямых участков трассы, под прямыми  $\square$  дирекционные углы или румбы этих направлений.

Дирекционные углы вычисляются по формуле

$$\square_n = \square_{n-1} \square \square,$$

где  $\square_n$ ,  $\square_{n-1}$   $\square$  дирекционный угол соответственно последующей и предыдущей прямой вставок;

$\square$   $\square$  угол поворота трассы.

В приведённой формуле (2.1) со знаком плюс правые углы поворота, а со знаком минус – левые.

Пример. Дирекционный угол линии начального направления трассы

$\alpha_1 = 127^\circ 13'$ ,  $\varphi_1 = 9^\circ 28'$  – поворот вправо,  $\varphi_2 = 11^\circ 55'$  – поворот влево.

$\alpha_2 = 127^\circ 13' + 9^\circ 28' = 136^\circ 41'$ ;

$\alpha_3 = 136^\circ 41' - 11^\circ 55' = 114^\circ 46'$ .

Длину прямой вставки определяют путём вычитания пикетажного значения КК предыдущей кривой из пикетажного значения НК следующей кривой.

*Пример.* Пикетажное значение точки НК второй кривой равно пк 8 + 74,25, а пикетажное значение точки КК первой кривой – пк 4 + 48,88. Длина прямой вставки при длине пикетов 100 м равна:

пк 8 + 74,25

пк 4 + 48,88

пк 4 + 25,37, т.е. 425,37 м.

- 1 В графе «*План с ситуацией*» строят ситуацию полосы местности вдоль трассы, снятую при разбивке пикетажа, пользуясь пикетажным журналом.
- 2 Заполняют графу «*Грунты*».

3 Выбирают отметку условного горизонта  $H_{УГ}$ , от которой следует строить вертикальный разрез трассы; для удобства вычислений и построения профиля отметка условного горизонта выбирается кратной 10 м и, кроме того, она должна дать возможность построить линию профиля на высоте не более 20 см над линией условного горизонта.

В соответствии с выбранной отметкой  $H_{УГ}$  слева подписывают шкалу высот и по отметкам земли строят профиль трассы в определенной последовательности.

От линии условного горизонта вверх в вертикальном масштабе профиля 1:500 откладывают разность отметок черной (отметка земли) и условного горизонта, над каждым пикетом и плюсовой точкой профиля находят положение этих точек на профиле; далее от найденных точек до линии условного горизонта проводят «ординаты», а смежные точки соединяют между собой прямыми линиями, которые по совокупности образуют линию, изображающую линию земли на профиле.

*Пример.* Отметка пк 0 – 100,49 м. Отметка условного горизонта – 70,00 м.

$H_{пк0} - H_{УГ} = 30,49$  м.

Следовательно, отложенный от линии условного горизонта отрезок 30,49 м будет соответствовать отрезку 6,1 см согласно вертикальному масштабу.

4 Точки перегиба профиля обозначают в графе «*Ординаты*».

На продольный профиль наносят проектную линию – профиль бровки будущего земляного полотна. Она имеет вид ломаной, состоящей из наклонных и горизонтальных отрезков. Её наносят с таким расчётом, чтобы обеспечить при постройке дороги минимум земляных работ и выполнить требования технических условий, регламентирующих ограничения на уклоны, длины отрезков профиля, радиусы кривых и др.

- 1 Разные элементы профиля вычерчивают чернилами разного цвета. Чёрными вычерчивают существующие пикеты, расстояния, отметки земли, ситуацию, профиль. Красным цветом показывают проектируемые элементы: план трассы, километры, проектные уклоны, проектные отметки, ось трассы в графе «*План с ситуацией*», проектную линию, рабочие отметки и, кроме того, линии сетки, ограничивающие графы с проектными уклонами и проектными отметками.



Синим цветом показывают линии ГВВ (горизонт высоких вод) и ГМВ (горизонт меженных вод), их обозначения и отметки, расстояния  $x_o$  и  $d - x_o$ , отметки (высоты) точек нулевых работ, рабочие отметки 0,00, линию пикетажа (линию графы «Горизонтальные расстояния»), перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта (ординаты). Насыпи окрашивают красным цветом, выемки – жёлтым.

Для того чтобы получить профиль местности в направлении, перпендикулярном к направлению трассы, необходимо произвести нивелирование поперечника.

Поперечные профили составляют обычно в масштабе 1:200, одинаковом для горизонтальных расстояний и высот. При проектировании для поперечников подбирают типовые профили насыпей и выемок или разрабатывают индивидуальный для данных условий местности проект.

В графу «Отметки земли» выписывают отметки земли нивелируемых точек на поперечнике, взятые из журнала технического нивелирования.

Выбрав отметку условного горизонта, строят линию поперечного профиля.

Пользуясь проектной отметкой данного пикета (она берётся с продольного профиля из графы «Проектные отметки»), строят проектную линию. Если проектная отметка пикета больше отметки земли, то проектируется насыпь с шириной основной площадки земляного полотна 6 м и крутизной (уклоном) откоса  $1:m = 1:1,5$ . Если проектная отметка пикета меньше отметки земли (прил. 8), то проектируется выемка с кюветами глубиной 0,8 м и крутизной откоса кювета  $1:m = 1:1$ , а выемки  $\square 1:m = 1:1,5$ .

Над поперечным профилем подписывают его название, под профилем указывают масштабы его построения.

Результаты вычислений заносят в «Ведомость прямых и кривых», проводят контроль.

## **7.11 Практическая работа 11**

### **Задание по исполнительной съемке**

При возведении зданий и сооружений выполняют геодезические исполнительные съемки. Они заключаются в определении фактического положения (в плане, по высоте и по вертикали) пунктов геодезических сетей и построенных на их основе объектов (или их отдельных частей и конструкций) с целью установления точности выноса проекта в натуру и выявления всех отклонений, допущенных в процессе строительства. По результатам исполнительной съемки принимают решение о пригодности конструкций здания к эксплуатации. Исполнительной съемке подвергают наиболее ответственные конструкции зданий и сооружений.

Исполнительные съемки выполняются по каждому этапу строительно-монтажных работ (текущие исполнительные съемки) и по окончании всех видов строительных работ (окончательные исполнительные съемки).

При исполнительной съемке в зависимости от вида контролируемых отклонений различают плановую и высотную исполнительные съемки.

По результатам исполнительных съемок составляется необходимая исполнительная документация.

Цель работы

1. Изучить способы плановой и высотной исполнительных съемок конструкций зданий, порядок ведения полевой документации.

2. Выработать практические умения и приобрести навыки в обработке результатов исполнительной съемки и составлению исполнительного чертежа на примере колонн здания.

Исходные данные и содержание задания

Исходными данными для выполнения работы служат результаты плановой и высотной исполнительных съемок колонн здания.

Плановая исполнительная съемка колонн выполнена методом бокового нивелирования. От точек К и М закрепления оси А-А были отложены по перпендикуляру к оси равные отрезки  $KK' = MM' = a$ . Над точкой К', устанавливался теодолит и визировался на точку М'. Далее по горизонтально установленным рейкам брались отсчеты в верхнем  $b_v$  и нижнем  $b_n$  сечениях колонны по черной  $b_ч$  и красной  $b_{кр}$  сторонам рейки. Работа завершалась измерением ширины колонны  $l_1$  и  $l_2$  с двух сторон.

Высотная исполнительная съемка колонн выполнена методом геометрического нивелирования по двухсторонним рейкам. Для определения отметок опорных поверхностей использовался рабочий репер РпЗ на монтажном горизонте. На каждой нивелирной станции работу начинали и завершали отсчетами по рейке, установленной на репере. При этом отсчеты на репере брались по черной  $a_ч$  и красной  $a_{кр}$  сторонам рейки в начале  $a_n$  и конце  $a_k$  наблюдений. Так как опорные поверхности колонн были расположены выше горизонта инструмента, рейку со специальным кронштейном подвешивали на опорной поверхности колонн пятой вверх и брались отсчеты по черной  $b_ч$  и красной  $b_{кр}$  сторонам рейки.

Исходные данные выдаются каждому студенту индивидуально в соответствии с личным вариантом задания, обозначенного порядковым номером в журнале учебных занятий.

Требуется обработать результаты плановой и высотной исполнительных съемок колонн 3 этажа здания и составить исполнительный чертеж.

Перечень материалов, представляемых к сдаче

Результаты выполнения расчетно-графической работы представляются в виде отчета, включающего пояснительную записку на листах писчей бумаги формата А4 и исполнительного чертежа на листе ватмана формата А4 в карандаше.

Пояснительная записка должна содержать краткое текстовое описание порядка производства вычислений и графических построений, журнал исполнительной съемки колонн здания.

В ходе сдачи работы необходимо знать все термины, используемые при исполнительных съемках, и обозначаемые ими понятия, методику обработки результатов исполнительной съемки, уметь пользоваться формулами и строить исполнительный чертеж.

Ниже на примере одной колонны здания рассмотрен порядок обработки результатов ее исполнительной съемки и составления исполнительного чертежа.

## Обработка результатов плановой исполнительной съемки колонн

Результаты измерений плановой исполнительной съемки, представленные в журнале на рис. 3а, даны в миллиметрах. Отсчеты по черной и красной сто-

ронам рейки в верхнем сечении колонны записаны над чертой (  $bV^{\text{ч}} = 0195$ ,  $bV^{\text{кр}} = 4980$ ), а в нижнем сечении колонны – под чертой (  $bH^{\text{ч}} = 0201$ ,  $bH^{\text{кр}} = 4987$ ).

Обработку результатов плановой исполнительной съемки колонны начинают с составления схемы. Для этого на листе чертежной бумаги формата А4 в произвольном масштабе наносят оси здания и колонны (рис. 4). Колонны целесообразно увеличить в размерах, что позволит в последующем более свободно и наглядно нанести на чертеж графический и цифровой материал.

По результатам, приведенным в журнале плановой исполнительной съемки, вычисляют среднюю ширину колонны  $l_{\text{ср}}$ , отклонения оси колонны от оси здания в верхнем В и нижнем Н сечениях по черной ч и красной кр сторонам рейки по формулам. Для вычислений используют микрокалькулятор.

## Составление исполнительного чертежа

Обычно для плановой и высотной исполнительных съемок принято составлять один объединенный чертеж.

Исполнительный чертеж должен содержать схему с результатами съемки: смещения колонн в их нижнем сечении относительно продольных и поперечных разбивочных осей; отклонения колонн от вертикали (отклонение верхнего сечения колонны относительно ее нижнего сечения); отклонение отметок верха колонн (оголовков) и консолей от проектного положения.

Исполнительный чертеж составляется в строго установленной последовательности и в соответствии с предъявляемыми требованиями. Образец оформления разбивочного чертежа.

Составление схемы исполнительной съемки колонн здания.

Схема вычерчивается на ватмане по центру черным цветом. На схеме показывают оси здания и колонны. При этом продольные и поперечные оси проводят параллельно соответствующим срезам листа. Размер колонн принимать максимально увеличенным.

2. Нанесение на схему графического и цифрового материала.

3. Вычерчивание рамки со штампом установленного образца.

## **8 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА**

Темы для самостоятельного изучения:

- 1) Угловые измерения.
- 2) Высотные геодезические сети.
- 3) Плановые геодезические сети.
- 4) Топографические съемки.
- 5) Геодезические разбивочные работы.
- 6) Подготовка данных для выноса в натуру проекта, трассирование линейных сооружений. Исполнительская съемка

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 **Макаров, К. Н.** Геодезия в строительстве : учебник для среднего профессионального образования / К. Н. Макаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-19479-1. — Текст : электронный.— Текст : электронный

2 **Симонян, В. В.** Инженерная геодезия : учебник для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство, 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, 07.00.00 Архитектура / В. В. Симонян, А. В. Лабузнов, С. В. Шендяпина [и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра инженерных изысканий и геоэкологии. – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. - 187 с. – ISBN 978-5-7264-3219-9. - Текст : электронный.

3 **Кошкина, Т. А.** Инженерная геодезия. Основные термины и определения : учебное пособие / Т. А. Кошкина, О. Г. Щекова. - Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2024. - 98 с. - ISBN 978-5-8158-2408-9. - Текст : электронный.