

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

«Механические и оптические геодезические приборы

технической точности»

(для студентов 1 курса специальности

21.05.01 – Прикладная геодезия)

Ростов-на-Дону

2018

УДК 528.48

Механические и оптические геодезические приборы технической точности (для студентов 1 курса специальности 21.05.01 – Прикладная геодезия). – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 42 с.

В методических указаниях изложены основные конструктивные решения механических и оптических геодезических приборов технической точности. Описаны основные приемы их использования студентами при подготовке к выполнению лабораторных работ.

УДК 528.48

Составители: к.т.н. Кирильчик Л.Ф.

к.т.н. Наumenко Г.А.

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Штатив. Штатив предназначен для установки и закрепления инструмента на станции.

Основными частями штатива являются головка 1 и три ножки 2. Верхние концы ножек 2 закрепляются в металлических обоймах 3, которые соединяются с головкой 1 штатива шарнирно, без жесткого закрепления (рис. 1).

Ножки штатива делаются цельными или составными (выдвижными). Штативы с выдвижными ножками удобнее в работе. Концы ножек снабжаются металлическими башмаками 4 с выступами, при помощи которых башмаки осаживаются в почву для устойчивости штатива.

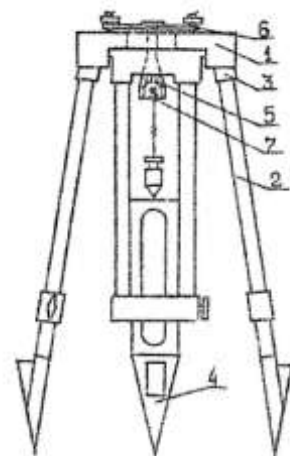


Рис.1.

Для закрепления инструмента на штативе служит становой винт 5. Эластичность крепления инструмента достигается обычно при помощи плоской пружины 6, которая опирается на нижние концы подъемных винтов и поджимается к головке 1 станowym винтом.

В головке 1 штатива делается отверстие, диаметр которого в несколько раз больше диаметра станowego винта 5. Это сделано для того, чтобы была возможность некоторого перемещения инструмента на головке 1 штатива.

Становой винт 5 имеет крючок для отвеса 7. Для предохранения крючка от искривления его помещают обычно в полости станowego винта 5.

Трегер. Трегер предназначен для крепления инструмента на штативе и приведения его в рабочее положение. Трегер состоит из трехлопастника со втулкой для оси инструмента и, обычно, трех подъемных винтов. Возможны два варианта выполнения трегера: неразъемно соединенного с инструментом или же его от инструмента можно отделять.

В большинстве инструментов используют трегера с тремя подъемными винтами, удовлетворяющие требованиям кинематического принципа, так как

при ввинчивании или вывинчивании подъемных винтов деформации не возникает. Замыкающей силой служит вес инструмента или сила пружины станowego винта.

На рис. 2 показан подъемный винт, ввинченный в разрезной патрон 3, конусно сочлененный с патронами 1 и 4. Патрон 1 наглухо ввинчен в лопасть 2 трегера, а патрон 4 навинчен на патрон 1 и заклинивает патрон 3. Вращением патрона 4 можно регулировать плавность хода подъемного винта.

Шаг и диаметр головки подъемного винта подбираются с таким расчетом, чтобы наименьшему, ощутимому рукой повороту винта, равному $1/360 - 1/720$ его оборота, соответствовал наклон вертикальной оси, равный точности установки уровня.

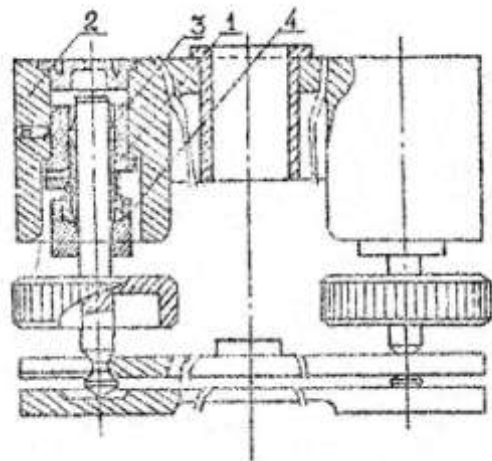


Рис.2

Установочные и исправительные винты. Винты по их назначению разделяют на глухие, соединяющие детали инструмента, и ходовые, которыми приводят в рабочее положение инструмент и его части. К ходовым винтам относятся становые, подъемные, исправительные, зажимные, наводящие и микрометрические.

а) Исправительные винты предназначены для приведения геометрических элементов инструмента в правильное положение в соответствии с идеей устройства данного инструмента.

Варианты выполнения исправительных винтов могут быть представлены, например, системой в сочетании винта 1 и противодействующей ему спиральной пружины 2 (рис. 3, а), или двух противодействующих винтов 3 (рис. 3, б, в, г), или контргаяк.

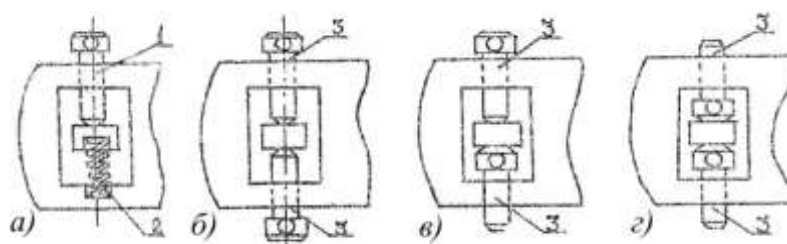


Рис. 3

б). Наводящие и микрометрические винты являются установочными винтами. К ним относятся: элевационный винт, винт при алидаде вертикального круга, тангенциальный винт, винт микрометра и винты микрометрично-зажимного приспособления.

Элевационный винт выполняется в виде дифференциального винта, установленного в патроне, контактирующего стержнем с подвижным клином, который с обратной стороны относительно дифференциального винта контактирует со спиральной пружиной (рис.4, а). Пружина необходима для обеспечения "обратного" перемещения клина, сила пружины должна обеспечивать преодоление силы трения.

С боковой поверхностью клина контактирует стержень,

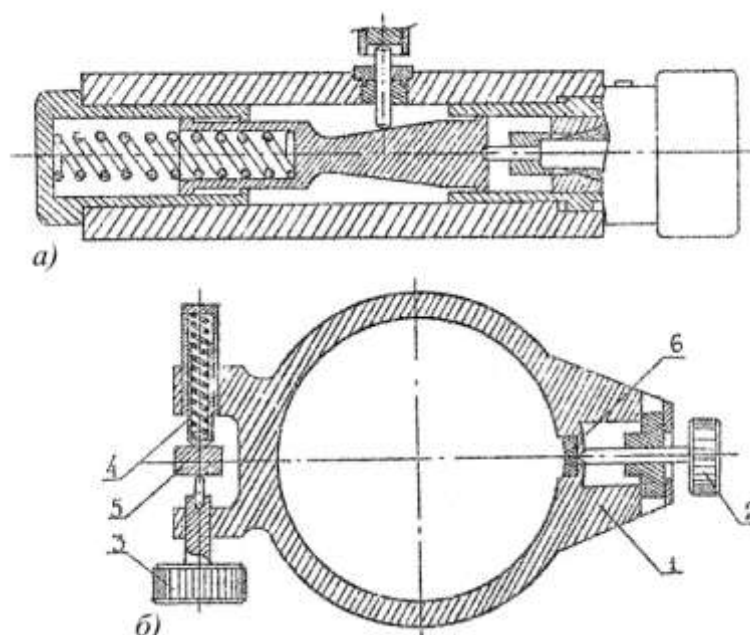


Рис. 4

перемещающийся перпендикулярно оси дифференциального винта.

В качестве примера выполнения микрометрично-зажимного приспособления может быть приведено устройство центрального кольцевого микрометрично-зажимного приспособления (рис.4, б), состоящего из хомутика 1, надетого на баксу подставки, зажимающегося винтом 2, упирающегося в сухарник 6. Палец 5 ведомой или неподвижной части инструмента помещается между наводящим винтом 3 и патроном 4 с пружиной.

Системы осей. Механические оси определяют взаимное положение геометрических элементов инструмента в строгом соответствии с его геометрической конструкцией. По форме оси могут быть конические и цилиндрические, а по расположению - вертикальные и горизонтальные.

а). **Вертикальные оси.** В простых геодезических инструментах, например нивелирах, направляющей осью вращения служит втулка трегера (рис.5, а). Сложные осевые системы применяются в угломерных приборах. Так, например, система осей I типа (рис.5, б) выполнена с полным разобщением между алидадой и лимбом и исключает возможность смещения лимба при вращении алидады.

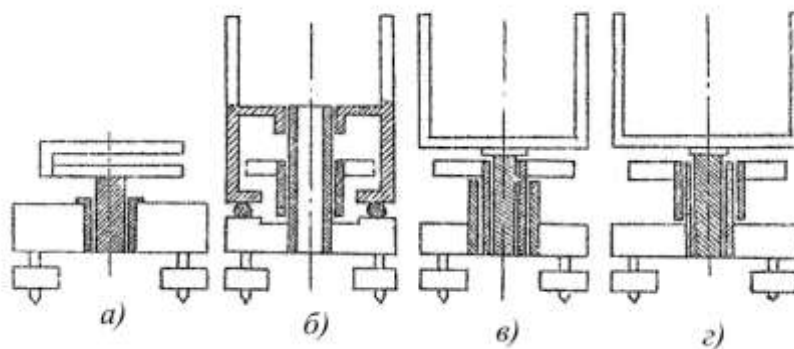


Рис. 5

В системе осей II типа обе оси расположены ниже лимба (рис.5, в). Ось лимба вращается во втулке трегера, а ось алидады в полой оси лимба. Система распространена в инструментах технической точности повторительного типа, например теодолитах Т30, 2Т30, 2Т30П. Недостатком ее является возможность смещения лимба при вращении алидады. Система осей III типа выполнена таким

образом, что поверхности осей вращения лимба и алидады разобщены втулкой подъемного аппарата (рис.5, г). Эта система распространена в оптических точных теодолитах и тахеометрах.

б). **Горизонтальные оси.** С горизонтальной осью угломерного прибора соединяется зрительная труба или зрительная труба и вертикальный круг с алидадой (рис. 6). Наиболее часто горизонтальные оси изготавливают цилиндрической формы. Иногда горизонтальные оси делают полыми с целью подсветки визирной сетки при помощи зеркала, которое помещают в трубе против полости в оси. Горизонтальные оси угломерных инструментов вращательно соединяются с подставкой прибора.

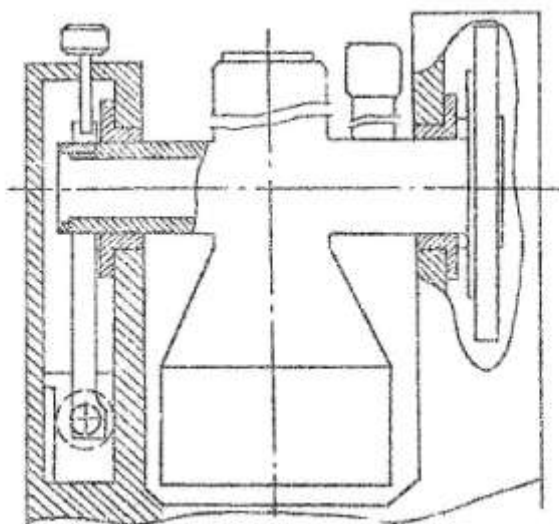


Рис. 6

2. УРОВНИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Уровни в геодезических инструментах используют для измерения малых углов наклона и для приведения линий и плоскостей в горизонтальное или вертикальное положение. Основными частями уровня являются стеклянный сосуд-ампула с жидкостью и оправа. По форме ампулы уровни подразделяются на цилиндрические и круглые. Ампула цилиндрического уровня представляет собой стеклянную трубку (рис.7, а),

внутренняя поверхность которой имеет бочкообразную форму, отшлифованную по дуге круга. Внутренняя поверхность ампулы круглого

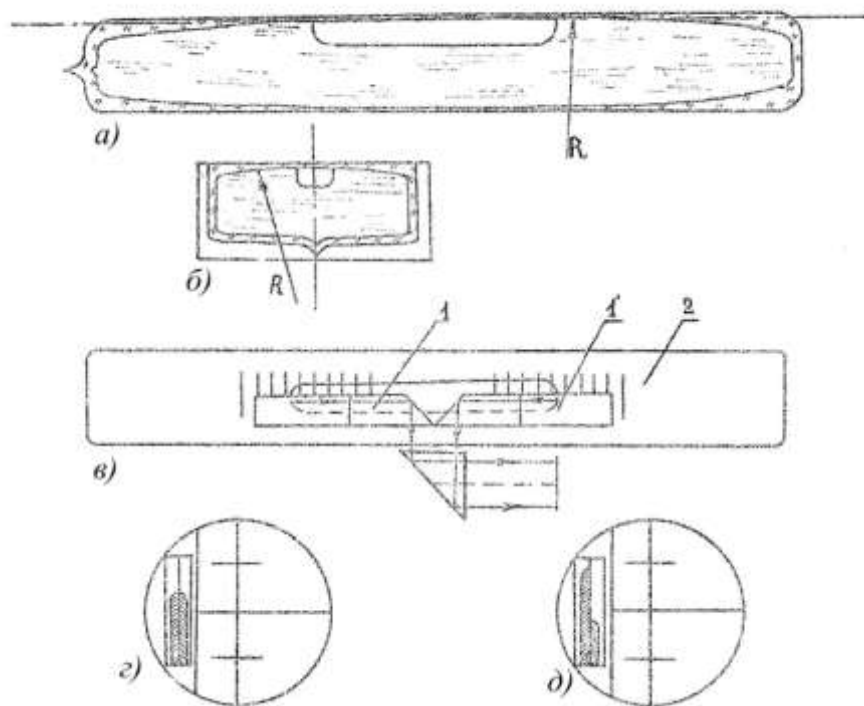


Рис. 7

уровня имеет сферическую поверхность (рис.7, б).

Ампулы уровней изготавливают из химически, термически и механически стойкого стекла (пирекса) и наполняют маловязкой жидкостью с низкой температурой замерзания (этиловым серным эфиром). Концы ампулы после заполнения жидкостью запаиваются. Жидкостью заполняют не весь внутренний объем ампулы, а оставляют пузырек воздуха, нормальная длина которого делается равной 0,3-0,4 длины ампулы при температуре + 20°C.

На ампулах цилиндрических уровней наносят штрихи через 2 мм. На ампулах круглых уровней наносят concentric окружности.

Ноль-пунктом уровня называется точка О, расположенная на середине ампулы, относительно которой симметрично нанесены деления. Касательная к дуге продольного сечения в ноль-пункте называется осью цилиндрического

уровня. Для круглого уровня осью является нормаль к рабочей поверхности в точке нуль-пункт.

Ценой деления уровня называется угол наклона оси уровня при смещении пузырька на одно деление. Цена деления уровня определяется по формуле

$$\tau = \frac{t}{R} \cdot \rho'', \quad (1)$$

где τ - цена деления уровня;

t – длина одного деления шкалы ампулы, мм;

R - радиус дуги ампулы, мм;

$\rho'' = 206265''$.

Часто в геодезических инструментах используют уровни с призмёнными системами. Призмённые системы увеличивают точность установки пузырька уровня в положение нуль-пункта. Обычно используют контактную оптическую систему. Система состоит из двух призм 1 и 1', закрепленных под средней частью ампулы к прямоугольной призмы 2 (рис. 7, в). Призмы дают раздвоенное в направлении оси уровня изображение концов пузырька (рис.7, г). Приведение пузырька контактного уровня на середину производится совмещением изображений раздвоенных концов его.

3. ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Зрительная труба предназначена для рассматривания удаленных предметов и визирования на них. Наиболее распространенными зрительными трубами являются телескопические системы с телеобъективом. Основными конструктивными компонентами зрительной трубы являются объектив и окуляр, при этом конструкция телеобъектива такова, что она включает положительную линзу 1 и отрицательную 2. Расстояние между линзами 1 и 2 меньше фокусного расстояния положительной линзы, поэтому оптическая система телеобъектива эквивалентна одной положительной линзе (рис.8, а) с фокусным

расстоянием f' , величина которого больше длины зрительной трубы. Фокусное расстояние телеобъектива определяется по формуле

$$f' = -\frac{f_1' \cdot f_2'}{d - f_1' + f_2'}, \quad (2)$$

где f_1' - фокусное расстояние положительной линзы телеобъектива;

f_2' - фокусное расстояние отрицательной линзы телеобъектива;

d - расстояние между положительной и отрицательной линзой телеобъектива.

Объектив дает действительное, обратное и уменьшенное изображение удаленного предмета, которое рассматривается в окуляр. Окуляр устанавливается для нормального глаза на расстоянии f_2' от изображения предмета. Окуляр дает мнимое и увеличенное изображение предмета. Важным компонентом зрительной трубы является сетка нитей. Сетка нитей представляет собой стеклянную пластинку с нанесенными на одну из ее поверхностей штрихами (рис. 8, б). Как правило, стеклянная пластинка сетки нитей помещена в металлическую оправу, которая крепится в кожухе зрительной трубы при помощи двух пар (вертикальной и горизонтальной) исправительных винтов.

Зрительная труба имеет три оси: визирную, оптическую и

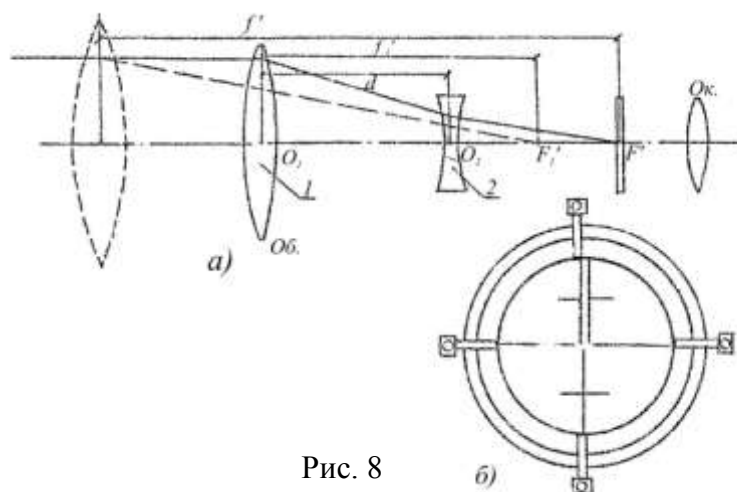


Рис. 8

геометрическую. Визирная ось — это мнимая ось, соединяющая оптический

центр объектива с перекрестием штрихов (центром) сетки нитей. Оптическая ось – это мнимая ось, соединяющая оптический центр объектива к оптический центр окуляра. Геометрическая ось – это продольная ось цилиндра зрительной трубы.

Основными техническими характеристиками зрительной трубы являются увеличение V трубы и угол поля зрения α трубы.

Увеличение зрительной трубы равно отношению фокусных расстояний объектива $f_{об}$ и окуляра $f_{ок}$:

$$V = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \quad (3)$$

или

$$V = \frac{\Phi_{вх}}{\Phi_{вых}}, \quad (4)$$

где $\Phi_{вх}$ – диаметр входного отверстия трубы (диаметр объектива);

$\Phi_{вых}$ – диаметр выходного отверстия трубы (диаметр окуляра).

Величина V показывает кратность увеличения изображения предмета местности при рассматривании его через трубу, которая может изменяться от 15^{\times} до 65^{\times} . Угол поля зрения α определяется как угол между главными лучами, проходящими через края полевой диафрагмы зрительной трубы при телескопической установке ее:

$$\alpha = \frac{\alpha_{ок}}{V}, \quad (5)$$

где $\alpha_{ок}$ – угол поля зрения окуляра.

В геодезических инструментах величина α изменяется в пределах от $0,5^{\circ}$ до 2° .

4. ТЕОДОЛИТ

Принципиальная схема измерения углов местности

Точки местности А, В, С, имеющие разные высотные отметки, образуют пространственный угол АВС. Лучи ВА и ВС, составляющие этот

угол, лежат в вертикальных плоскостях V_A и V_C , которые называются коллимационными (рис . 9).

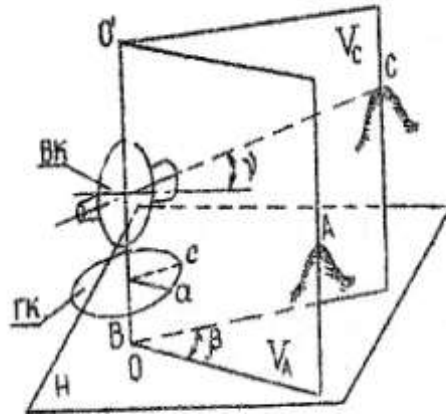


Рис.9.

Плоскости V_A и V_C проектируют угол ABC на горизонтальную плоскость H . Образующая OO' является отвесной линией. В геодезии используют принцип угловых измерений, согласно которому измеряют не пространственный угол $\angle ABC$, а его проекции: горизонтальный угол и вертикальные углы наклона лучей BA и BC к горизонту ν . Три проекции β , ν_{BC} и ν_{BA} однозначно определяют пространственный угол $\angle ABC$. Для измерения углов β , ν_{BC} и ν_{BA} используют два градуированных круга: горизонтальный лимб ГК и вертикальный лимб ВК, а также оптическую систему - зрительную трубу ЗТ.

Отвесная линия OO' проходит через центр круга ГК. Следы вертикальных плоскостей V_A и V_C зафиксированы на лимбе ГК отсчетами a и c . Деления на лимбе возрастают по ходу часовой стрелки. Поэтому горизонтальный угол равен $\beta = a - c$. Аналогично, как разность отсчетов по вертикальному кругу ВК, определяют угол ν . Один из отсчетов по лимбу ВК соответствует горизонтальному положению зрительной трубы ЗТ, а другой отсчет фиксирует направление BA .

Лимбы ГК и ВК и зрительная труба ЗТ соединены воедино в угломерном инструменте, который называется теодолитом.

Устройство теодолита в общем виде

В общем виде схема теодолита показана на рис.10. Теодолит имеет следующие узлы: ГК - горизонтальный круг; ВК - вертикальный круг; ЗТ - зрительная труба; ТИ - трегер; ПТ - подставка трубы; ЦУ - цилиндрический уровень; СВ - становой винт; Ш - штатив; О - отвес. ГК представляет собой соединение по центру вращения двух кругов: лимба (нижний круг) и алидады (верхний круг). Лимб, металлический или стеклянный, имеет скошенный край с делениями от 0° до 360°, счет которых ведется по ходу часовой стрелки. Характеристикой лимба является цена его деления равная

$$\tau = \frac{360^\circ}{n}, \quad (6)$$

где n – число делений на лимбе.

Верхний круг над лимбом - алидада - вращается вместе со зрительной трубой и служит для совмещения коллимационной плоскости с направлением стороны, образующей угол, а также для фиксирования этого направления на

лимбе посредством отсчета по шкале лимба. Отсчет берется против индекса, который нанесен на алидаде. Чтобы повысить точность отсчета, индекс может быть оформлен в виде отсчетного приспособления.

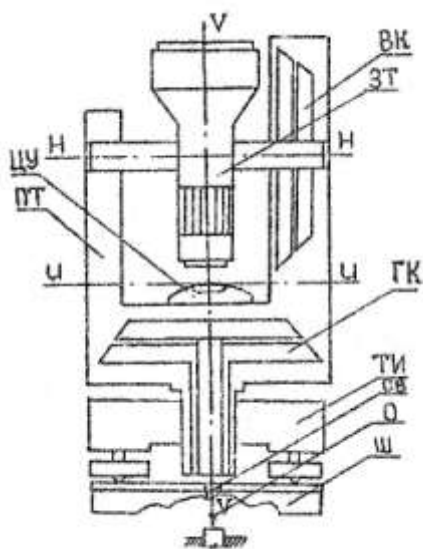


Рис. 10

Согласно рис.10 лимб и алидада ГК вращаются соосно вокруг оси VV, которая называется осью вращения инструмента. Эта ось при измерении углов должна занимать вертикальное положение. Значит лимб и алидада ГК должны находиться в

горизонтальном положении. Установка оси вращения VV в вертикальное положение производится по уровню ЦУ, который расположен на алидаде ГК. Ось уровня должна быть перпендикулярна оси VV . Поэтому, если ось UU привести в горизонтальное положение, то ось VV будет вертикальной. Узел ГК снизу размещается в трегере инструмента ТИ, который укрепляется на штативе Ш посредством станового винта СВ. Трегер ТИ имеет три подъемных винта, вращая которые, можно изменить положение плоскости ГК, а следовательно, и осей UU и VV . Подъемные винты имеют мелкую нарезку, чем обеспечивают плавность перемещения оси VV в пространстве. Эффективность действий подъемными винтами повышается посредством одновременного вращения двух винтов в разные стороны, как показано на рис. 11. Ось UU уровня направляют вдоль двух (любых) подъемных винтов, выводят ее в горизонтальное положение, вращая винты 2 и 1. Затем поворачивают инструмент на 90° и вращают третий (3) подъемный винт. В итоге в двух взаимно перпендикулярных направлениях ось уровня

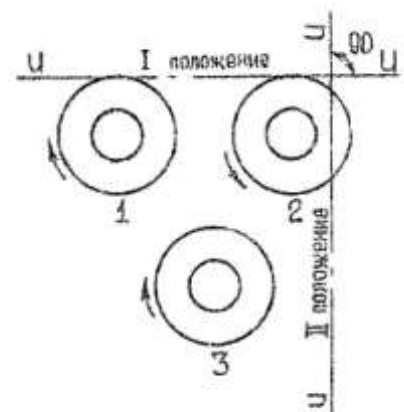


Рис. 11

будет горизонтальной. При условии, что $UU \perp VV$, плоскость ГК также будет горизонтальной. Трегер ТИ в нижней части имеет отверстие с нарезкой для закручивания станового винта. На конце станового винта крючок для отвеса О. Отвес нужен для центрирования теодолита в вершине измеряемого угла, т.е. для установки оси VV в положение, при котором она проектируется в точку В угла АВС (см. рис.9 и рис.10). Часть штатива, на которой закрепляется подставка, называется головкой штатива. Штатив имеет три раздвижные ноги для установки теодолита над точкой по высоте.

Сверху к ГК крепится подставка трубы ПТ, имеющая в верхней части две проточки, в которые помещена ось вращения зрительной трубы ЗТ. На оси NN , кроме ЗТ, укреплен вертикальный круг ВК, имеющий лимб и алидаду. Лимб ВК

скреплен с 3Т наглухо, а алидада может вращаться вокруг оси *НН*. Устройство и назначение ВК аналогичны ГК.

Подставка ПТ должна быть размещена на ГК так, чтобы соблюдалась перпендикулярность оси *НН* к оси *ВВ*. Вращением 3Т вокруг осей *НН* и *ВВ* можно установить ВК либо справа (КП), либо слева (КЛ) от наблюдателя. Первое положение называется "круг право", второе положение - "круг лево".

Технический теодолит 2Т30

Теодолит 2Т30 оптический и имеет стеклянные лимбы (рис.12).

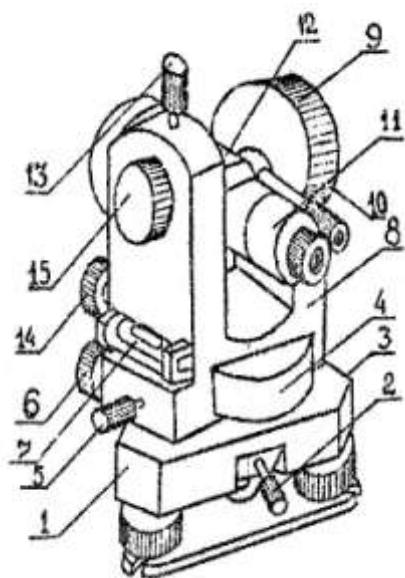


Рис. 12

Отсчетным приспособлением служит шкаловый микроскоп с точностью отсчитывания 30", показанный на рис. 13. Оптическая система шкалового микроскопа теодолита 2Т30 изображена на рис. 14. Луч света, отражаясь от зеркала 3, освещает деления лимба вертикального круга (ЛВК) и далее деления лимба горизонтального круга (ЛГК). Изображение шкал ЛВК и ЛГК передаются в поле зрения шкалового микроскопа ШМ. Окуляр шкалового микроскопа расположен рядом с окуляром зрительной трубы.

Основные части теодолита 2Т30: 1 - подставка теодолита; 2 - закрепительный винт лимба ГК; 3 - наводящий винт лимба ГК; 4 - горизонтальный круг; 5 - закрепительный винт алидады ГК; 6 - наводящий винт алидады ГК; 7 - цилиндрический уровень; 8 - подставка трубы; 9 - вертикальный круг; 10 - зеркало; 11 - зрительная труба; 12 - оптический визир; 13 - закрепительный винт трубы; 14 - наводящий винт трубы; 15 - кремальера.

Шкаловый микроскоп

В шкаловом микроскопе 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. Размеры шкалы и увеличение микроскопа выбирается с таким расчетом, чтобы в поле зрения последнего длина отсчетной шкалы точно равнялась одному делению лимба и видимая величина наименьшего деления отсчетной шкалы была равна 0,75 - 1,00 мм.

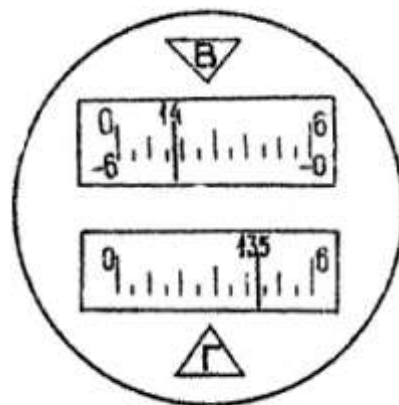


Рис. 13

В теодолите 2Т30 в поле зрения шкалового микроскопа видны одновременно штрихи горизонтального и вертикального кругов (рис.13).

Полный отсчет по шкаловому микроскопу определяется по формуле

$$S = N\lambda + k\nu + y\nu, \quad (7)$$

где $N\lambda$ - отсчет младшего градусного штриха, являющегося индексом для отсчета по шкале микроскопа;

k - число целых делений шкалы;

ν - цена деления шкалы;

$$\nu = \frac{\lambda}{n};$$

n - общее количество делений в шкале;

y - число десятых долей шкалы, оцениваемое на глаз.

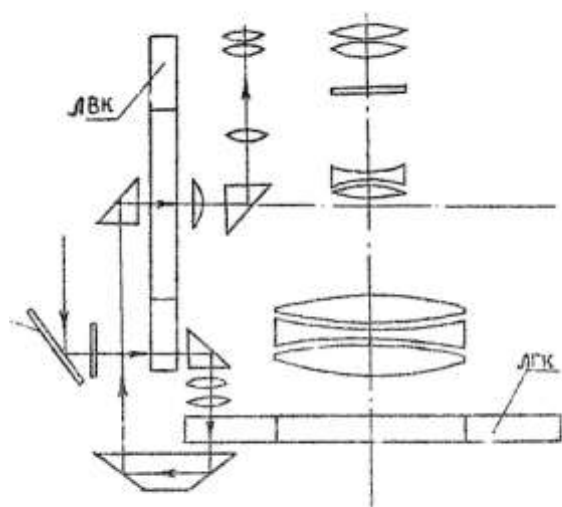


Рис. 14

В соответствии с формулой (7)

отсчет по горизонтальному кругу (рис. 13) складывается:

$$S = 135 \cdot 1^\circ + 8 \cdot 5' + 0.6 \cdot 5' = 135^\circ 43'.$$

Поверки теодолита

Основные геометрические соотношения между осями теодолита, показанные на рис. 10 и на рис. 15, должны быть обязательно соблюдены, иначе будут нарушены принципиальные условия измерения угла. Для измерения горизонтального угла необходимо, чтобы вертикальная ось VV была отвесной; плоскость лимба $ГК$ - горизонтальной, а визирная плоскость - вертикальной.

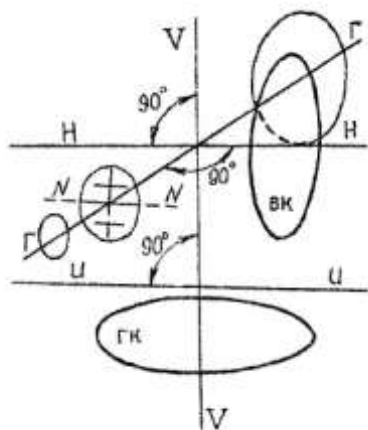


Рис. 15

Это будет достигнуто, когда ось; уровня UU будет горизонтальной, а также при наличии соотношений $UU \perp VV$; $ГГ \perp НН$; $НН \perp VV$.

Наличие перечисленных соотношений устанавливают посредством выполнения поверок теодолита.

Первая поверка теодолита: ось цилиндрического уровня при алидаде $ГК$ должна быть перпендикулярна к оси вращения инструмента. Пусть $\nu = 90^\circ$ (рис.16), т.е. оси UU и VV неперпендикулярны. Повернем алидаду на 180° , получим положение оси $U'U'$, при котором пузырек уровня из точки O перемещается в точку O' на m делений.

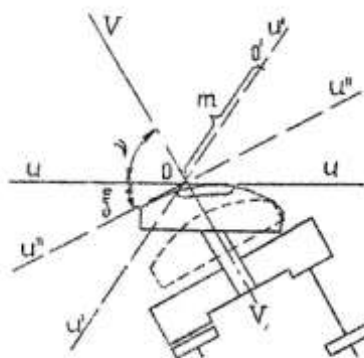


Рис. 16

Согласно рис. 16 правильное положение оси уровня $U'U' \perp VV$. Для приведения уровня в это положение необходимо наклон оси $U'U'$ уменьшить на угол ξ , которому соответствует $m/2$ делений, ибо $2\xi = m \cdot \tau'$.

Получив положение $U'U' \perp VV$, остается привести ось VV к вертикали.

Программа практических действий:

- 1) ставят уровень параллельно направлению двух подъемных винтов, и их вращением выводят пузырек в нуль-пункт;
- 2) вращают алидаду на 180° ;
- 3) при сходе пузырька с нульпункта исправительными винтами уровня перемещают пузырек на половину делений ($m/2$) к центру 0;
- 4) вторую половину отклонения пузырька устраняют подъемными винтами, по направлению которых уровень установлен.

Указанные действия приходится повторять до тех пор, пока пузырек не будет оставаться в нульпункте при двух взаимно-противоположных положениях алидады.

Чтобы привести ось VV в отвесное положение, после выполнения поверки уровня алидаду поворачивают на 90° и осуществляют приведение пузырька в нульпункт третьим подъемным винтом. Сход пузырька с середины допускается не более чем на одно деление.

Вторая поверка теодолита

Штрих сетки нитей должен быть горизонтальным, а другой штрих вертикальным.

При выполнении первой поверки вертикальный штрих сетки должен совпадать с линией отвеса, вывешенного на некотором расстоянии от теодолита. Если такого совпадения нет, то производят ослабление винтов под отвертку окуляра зрительной трубы и поворот его до совпадения нити отвеса и вертикального штриха сетки нитей.

Третья поверка теодолита

Визирная ось должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Отклонение оси $ГГ$ от перпендикуляра к оси $НН$ вызывает появление коллимационной погрешности $С$ (рис.17). При визировании на удаленную точку A ее влияние будет отражаться на величине отсчета по лимбу $ГК$.

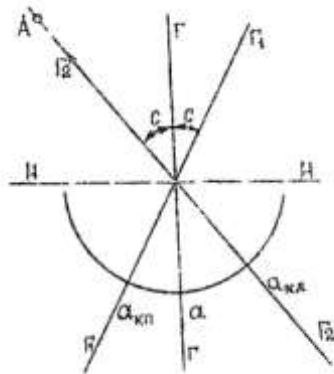


Рис. 17

При КП: $a = a_{КП} - c$.

При КЛ: $a = a_{КЛ} + c \pm 180^\circ$.

Таким образом,

$$c = \frac{a_{КП} - a_{КЛ} \pm 180^\circ}{2}. \quad (8)$$

Если величина $c > 2t$, где t - точность отсчитывания по теодолиту, то влияние коллимационной погрешности устраняют следующим образом. На лимбе устанавливают

средний отсчет

$$a = \frac{a_{КП} + a_{КЛ} \pm 180^\circ}{2}$$

Это вызовет смещение центра сетей нитей с точки A . Исправительными винтами сетки ее центр возвращают в первоначальное положение.

Поверку выполняют не менее двух раз и убеждаются, что $c \leq 2t$.

Четвертая проверка теодолита

Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения инструмента. Соблюдение этого условия в современных теодолитах гарантируется заводом-изготовителем.

Некоторые теодолиты имеют разрезные подставки трубы, что вызывает возможность изменения положения оси $НН$ относительно оси VV . Для таких теодолитов необходимо установить наличие условия $НН \perp VV$. В 10-30 метрах от стены здания (рис. 18) устанавливают теодолит и визируют на точку M . Сносят точку M на горизонтальную линию AB , прочерченную на высоте инструмента при КП и КЛ. При отсутствии

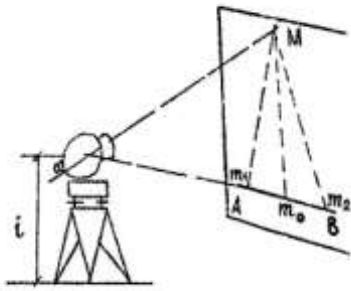


Рис. 18

условия $HH \perp VV$ будут две точки m_1 и m_2 . Чтобы центр сетки нитей попал на среднюю точку m_0 , необходимо выровнять высоту подставок трубы.

Равенства подставок трубы добиваются при помощи исправительных винтов при подставке.

Измерение горизонтального угла

Измерение горизонтального угла начинают с установки теодолита в рабочее положение. Теодолит устанавливают в вершине угла, приводят по уровню ГК в горизонтальное положение и при помощи отвеса центрируют его над точкой. Отвес может быть нитяной или оптический. У теодолита 2Т30 для оптического центрирования используются полая ось алидады ГК и зрительная труба. Точность центрирования теодолита над вершиной угла при топографических съемках изменяется от 2-3 мм до 3 см.

Горизонтальный угол измеряют способом приемов или способом повторений. При топографических съемках применяют способ приемов. При КП и закрепленном лимбе ГК визируют на заднюю по ходу точку А (рис. 19) и берут отсчет a . Визируют на переднюю точку С и берут отсчет c .

Величина горизонтального угла

$$\beta_{КП} = a - c. \quad (10)$$

Получение угла (10) при КП

составляет первый полуприём.

При КЛ осуществляют второй полуприём и получают β_n . Между полуприемами переставляют лимб ГК на 2-3°.

Окончательное значение угла из полного приема

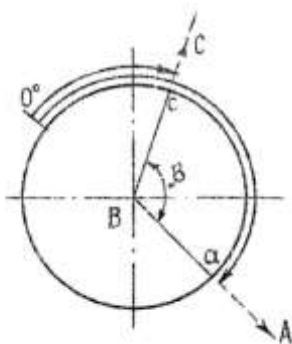


Рис. 19

$$\beta = \frac{\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}}}{2}, \quad (11)$$

когда $\beta_{\text{КП}} - \beta_{\text{КЛ}} \leq 2t$.

В противном случае угол перемеряют. При измерении горизонтальных углов записи отсчетов ведут в полевом журнале, форма которого приведена в табл. 1. В табл.1 приведен случай, когда отсчет a меньше отсчета c . В этом случае $\beta = 360^\circ + a - c$.

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов

Номер точки стояния	Номер точки визирования	Горизонтальный круг						
		КП КЛ	Отсчет по микроскопу		Угол		Средний угол	
			°	'	°	'	°	'
В	А	КЛ						
	С	КЛ						
	А	КП						
	С	КП						

Измерение вертикального угла

Измерение вертикального угла производят при помощи вертикального круга. Упрощенная схема показана на рис. 20. На схеме. различают следующие оси и исходные линии: ось UU уровня при алидаде вертикального круга; визирная ось $ГГ$ трубы; нулевой диаметр лимба 0° - 180° ; линия нулей верньеров $0'-0'$. При горизонтальном положении визирной оси и оси уровня линия нулей верньеров должна совпадать с линией 0° - 180° лимба, т.е. отсчет по ВК должен быть равен нулю. Этот отсчет называется местом нуля (МО) ВК.

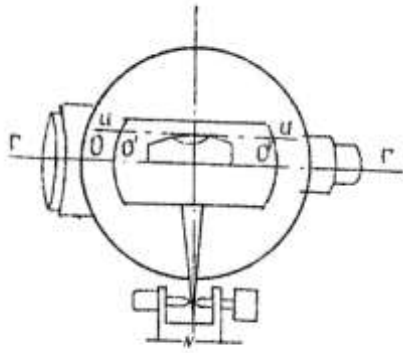


Рис. 20

На рис. 21 показан случай, когда место нуля не равно нулю. Вертикальный угол ν равен:

при КП

$$\nu = КП - МО ; \quad (12)$$

при КЛ

$$\nu = КЛ - МО. \quad (13)$$

Из (12) и (13) величина места нуля равна

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}, \quad (14)$$

а вертикальный угол равен

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (15)$$

Практически для измерения вертикального угла трубу наводят на точку М при двух положениях ВК, приводят пузырек уровня в нульпункт и берут отсчеты КП и КЛ по лимбу ВК. У оптических теодолитов типа 2Т30 нет уровня при алидаде вертикального круга. Поэтому пользуются уровнем

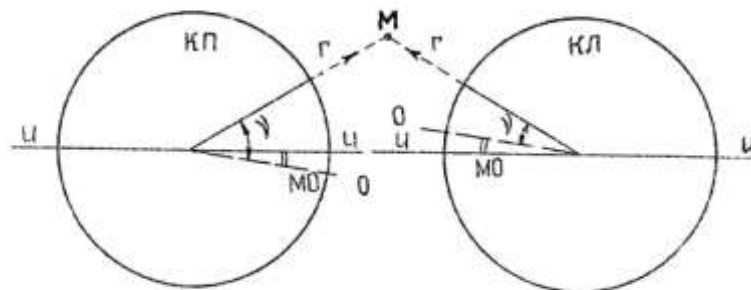


Рис. 21

ГК, пузырек которого должен приводиться в нульпункт перед наведением на точку М заранее.

Когда $МО > 2t$, величину места нуля уменьшают до величины $МО \leq 2t$.

Приведение МО к нулю у теодолита 2Т30 производят следующим образом. Визируют на точку М при КП и КЛ и берут отсчеты по ВК. По отсчетам вычисляют величины в соответствии с выражениями (14) и (15).

Устанавливают на ВК отсчет, равный ν . При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Вертикальными исправительными винтами сетки нитей, совмещают центр сетки с изображением точки М.

Правильность измерения вертикальных углов контролируют по постоянству МО.

Все отсчеты по ВК заносят в журнал (табл.2).

Таблица 2

Журнал измерения вертикальных углов

Номер станции	Точка визирования	Вертикальный круг			Угол наклона		Примечание
		КП КЛ	Отсчет по микроскопу				
В	А	КЛ					
		КП					
В	С	КЛ					
		КП					

5. ОПТИЧЕСКИЕ ДАЛЬНОМЕРЫ

Принцип дальномерного определения расстояния

Принцип дальномерного определения расстояний оптическими средствами поясняется на рис. 22. По известному параллактическому углу β и базе В дальномера расстояние определяется по формуле

$$d = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (16)$$

Параллактический угол не более 1° , длина базы 1-3 метра, а измеряемое расстояние d достигает сотен метров.

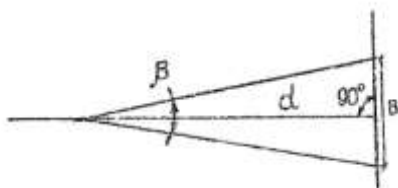


Рис. 22

Оптические дальномеры различаются между собой по тому, какой из элементов (β или B) измеряется. Известны дальномеры с постоянным углом β , с постоянной базой B , а также с переменными β и B .

Ниже рассмотрим дальномер с постоянным параллактическим углом - нитяной дальномер. Роль базы выполняет вертикальная рейка.

Нитяной дальномер

Нитяной дальномер соединяют со зрительной трубой теодолита. Оптическая система трубы и два дальномерных штриха на сетке нитей образуют постоянный параллактический угол, а вертикальная рейка – переменную базу. Схема нитяного дальномера показана на рис. 23.

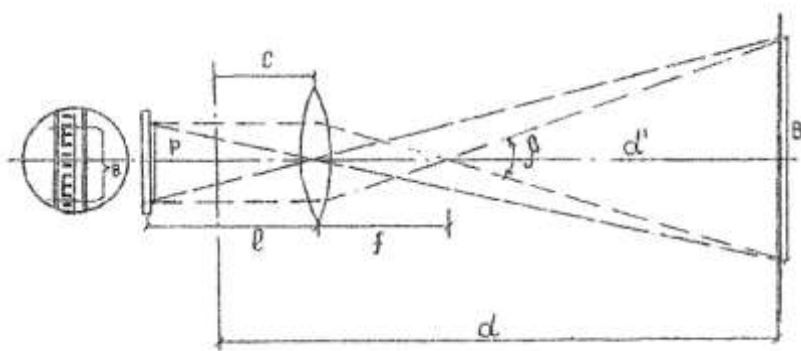


Рис. 23

Расстояние между дальномерными нитями $p = const$. Величина d в данном случае - это отсчет n в делениях рейки между дальномерными нитями. Из рис. 23 измеряемое горизонтальное расстояние

$$d = E + C = \frac{f}{P} B + C + f, \quad (17)$$

где c - расстояние от объектива до оси вращения инструмента.

У теодолита 2Т30 $f \cong 200$ мм; $p = 2$ мм.. Поэтому

$$d = k \cdot n + C = 100 \cdot n + C, \quad (18)$$

где k - коэффициент дальномера;

C - постоянная нитяного дальномера, принимаемая равной нулю;

n - число именованных делений дальномерной рейки.

Обычно деления на рейке наносят через 1 см. Поэтому при $k = 100$ одному метру на рейке соответствует 100 метров расстояния, одному дециметру - 10 метров, одному сантиметру – 1 метр.

Когда измеряемое расстояние имеет угол наклона ν к горизонту более $2,5^\circ$, тогда

$$d = k \cdot n \cdot \cos^2 \nu + C \cdot \cos \nu. \quad (19)$$

Точность измерения расстояний нитяным дальномером 1:100 – 1:300.

Определение коэффициента нитяного дальномера зрительной трубы выполняют следующим образом.

Устанавливают теодолит на штативе, закрепляют его станovým винтом и приводят вертикальную ось в отвесное положение. Подвешивают нитяной отвес на крючок станového винта. Устанавливают в вертикалькальное положение нивелирную рейку не ближе 10 м от теодолита, измеряют рулеткой расстояние L м от нити отвеса до рейки.

При горизонтальном положении визирной оси наводят трубу на рейку, совмещают при помощи наводящего винта трубы одну из дальномерных нитей (например, верхнюю нить) с дециметровым штрихом и берут отсчет n по обеим дальномерным нитям (с оценкой до десятых долей сантиметровых делений рейки). Определяют дальномерный отсчет b по рейке (отрезок рейки, видимый между двумя нитями – базис) как разность отсчетов по дальномерным нитям. Коэффициент дальномера вычисляют по формуле

$$k = \frac{100 \cdot d}{b}.$$

Определение коэффициента нитяного дальномера выполняют не менее, чем на двух измеренных расстояниях L_1 , L_2 . Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 3.

Таблица 3

Определение коэффициента дальномера

№	d (м)	b (мм)	k

6. НИВЕЛИР

Принцип геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование является одним из способов измерения превышений, оно использует геометрическую схему соотношений между наклонной, горизонтальной и вертикальной линиями, образуемыми на местности при помощи специальных инструментов. На рис. 24 горизонтальный визирный луч отмечает на вертикальных рейках отрезки a и b , разность которых ($a - b$) является превышением точки В над точкой А.

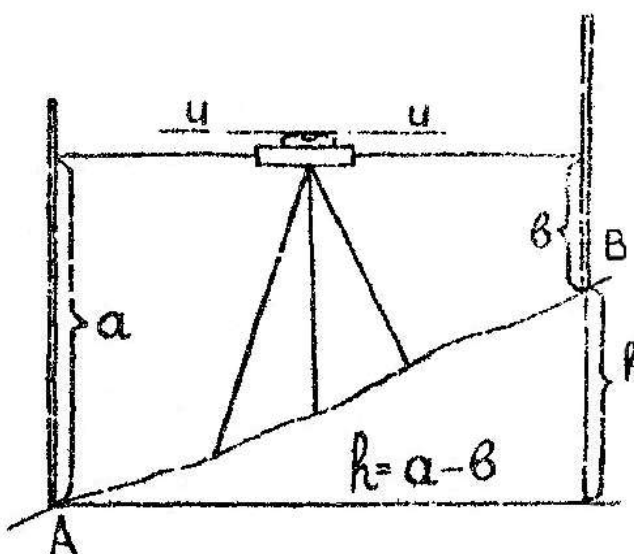


Рис. 24

Геодезический инструмент, обеспечивающий горизонтальный луч визирования, называется нивелиром. В

общем виде нивелир (рис.25) имеет подставку ПИ с подъемными винтами, зрительную трубу ЗТ, цилиндрический уровень ЦУ, закрепительный винт ЗВ и микрометричный МВ винты. Нивелир устанавливается на штативе ШТ и закрепляется станковым винтом СВ. Зрительная труба имеет в окулярной части сетку нитей СН, фокусирующую линзу ФЛ и фокусирующий винт ВФ.

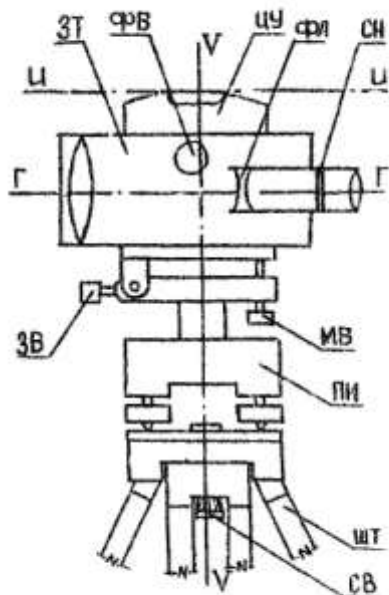


Рис. 25

Основным геометрическим условием нивелира как геодезического инструмента

является параллельность оси *ии* цилиндрического уровня и визирной оси *ГГ* трубы. Нивелир имеет вращение вокруг вертикальной оси *ВВ*.

Нивелирная рейка представляет собой деревянный брус шириной 10 см и толщиной 3 см со шкалой сантиметровых делений. Каждый дециметр оцифрован (рис. 26). Нивелирные рейки бывают 3-, 4- и 5-метровой длины, односторонние и двусторонние. Двусторонние рейки имеют на одной стороне черные деления, а на другой стороне – красные деления на белом фоне. Черные деления начинаются с нуля, а красные деления начинаются с произвольного числа. Разность начальных делений по красной и черной стороне называются **разностью пяток**.



Рис. 26

Рейки бывают складные и телескопические.

НИВЕЛИР НЗ

Нивелир НЗс уровнем при трубе изображен на рис.27. Корпус зрительной труба имеет прилив, в котором помещается цилиндрический уровень и система

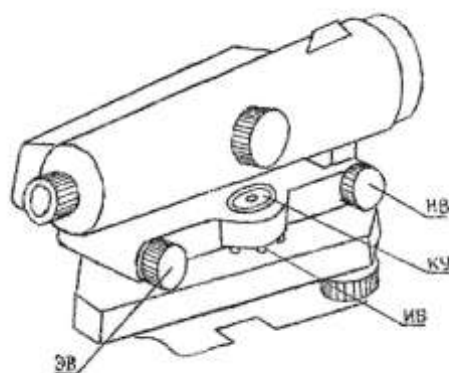


Рис. 27

призм, позволяющая свести изображение концов пузырька уровня в поле зрения (рис.28 а, б, в).

Уровень называется контактным, так как положению пузырька уровня в нульпункте отвечает оптический контакт концов половинок (рис.28).

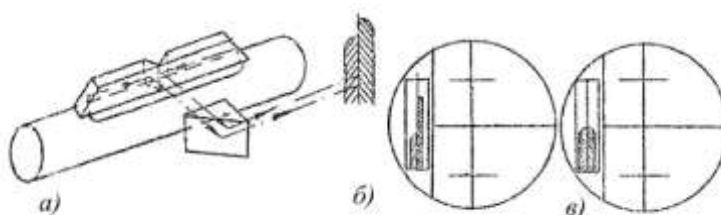


Рис. 28

Ампула уровня оборудована термостатом, обеспечивающим постоянную длину пузырька уровня при изменении температуры. Приведение концов пузырька уровня в оптический контакт осуществляется в два приема. Вначале подставка инструмента грубо приводится в горизонтальное положение по круглому уровню КУ. Круглый уровень установлен на платформе подставки трубы. Устройство круглого уровня показано на рис.29. Стеклоанная ампула имеет форму цилиндра, основание которого обработано под сферу радиуса R.

Внутри ампулы спирт или эфир. Ось уровня UU вертикальная. Нульпункт НП в верхней точке сферы. Область нульпункта обозначена кружком ЦК.

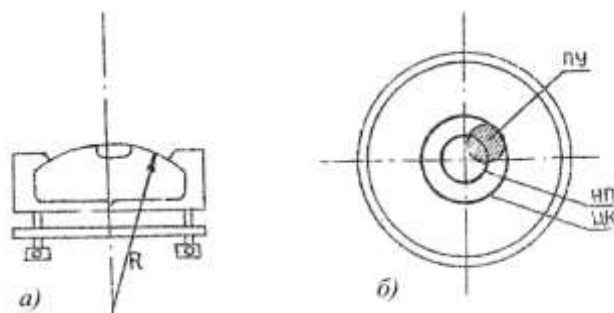


Рис. 29

Пузырек уровня ПУ должен находиться в пределах этого кружка. Цена деления круглого уровня составляет 15'.

Ось UU уровня должна быть параллельна оси вращения VV, что достигается подъемными винтами подставки и исправительными винтами ИВ, которых также три. При наличии параллельности осей UU и VV приведение пузырька круглого уровня в нульпункт осуществляется подъемными винтами, которые вращают в направлениях, обеспечивающих перемещение пузырька к центру в пределы окружности ЦК.

После этого приступают ко второму этапу. Действуя элевационным винтом ЭВ (рис.27), приводят в нульпункт пузырек цилиндрического уровня. При этом должен наблюдаться оптический контакт, показанный на рис. 28. Элевационный винт поднимает (опускает) окулярный конец трубы относительно платформы. Осью вращения служит микрометрический винт.

Отсчет по рейке берут в момент контакта концов пузырька по средней горизонтальной нити сетки. Сетка нитей закреплена у нивелира НЗ наглухо, так как он не имеет исправительных винтов.

Поверки нивелира НЗ

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента. Подъемными винтами выводят пузырек уровня в нульпункт. Поворачивают подставку трубы на 180°. При смещении пузырька из середины половину смещения устраняют исправительными винтами уровня, оставшуюся часть — подъемными винтами.

2. Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения инструмента. Отсчеты по рейке у правого и левого края поля зрения трубы должны быть одинаковые. Если отсчеты отличаются, то вращением кольца сетки нитей в тубусе трубы добиваются их совпадения.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.

Проверка производится на одной линии двойным нивелированием вперед. На линии длиной 50-70 м с закрепленными концами производят нивелирование вперед и обратно (рис.30). Измеряют высоту i_1 и i_2 инструмента и берут

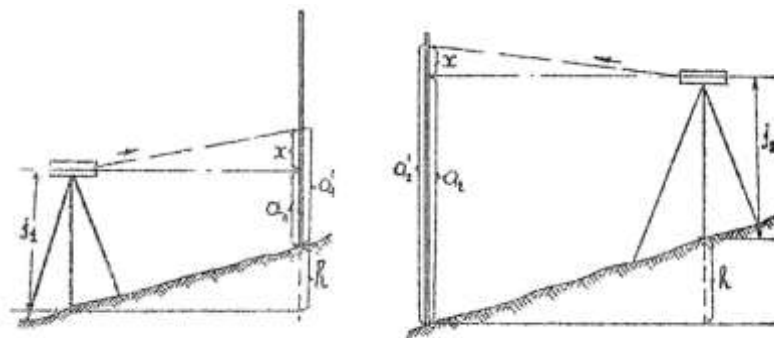


Рис. 30

отсчеты a'_1 и a'_2 . Величина $x = a'_1 - a_1 = a'_2 - a_2$ может возникнуть за счет непараллельности осей UU и $ГГ$. Отсчеты a_1 и a_2 свободны от влияния этой ошибки x и отвечают условию параллельности UU и $ГГ$.

Из рис. 30 видно, что превышение равно

$$h = i_1 - a'_1 - x = i_2 - a'_2 - x. \quad (20)$$

Величина

$$x = \frac{a'_1 + a'_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (21)$$

Если окажется, что $x > \pm 4$ мм, среднюю нить сетки наводят на отсчет $a_2 = a'_2 - x$, действуя элевационным винтом. При этом контакт концов пузырька цилиндрического уровня нарушится (см. рис. 28, б). Исправительными винтами

цилиндрического уровня добиваются восстановления оптического контакта концов пузырька (рис. 28, в)

Нивелир с компенсатором угла наклона 2Н10КЛ

Нивелиры с цилиндрическими уровнями требуют тщательной установки по уровню и постоянного контроля положения пузырька уровня при взятии отсчетов. Этого недостатка лишены так называемые авторедукционные нивелиры, у которых линия визирования автоматически устанавливается в горизонтальное положение с помощью специальных оптико-механических или жидкостных устройств, называемых компенсаторами.

В качестве примера нивелиров с компенсаторами (их еще называют нивелирами с самоустанавливающейся линией визирования) рассмотрим нивелир 2Н10КЛ (рис. 31), предназначенный для нивелирования со средней квадратической погрешностью 10 мм на 1 км хода.

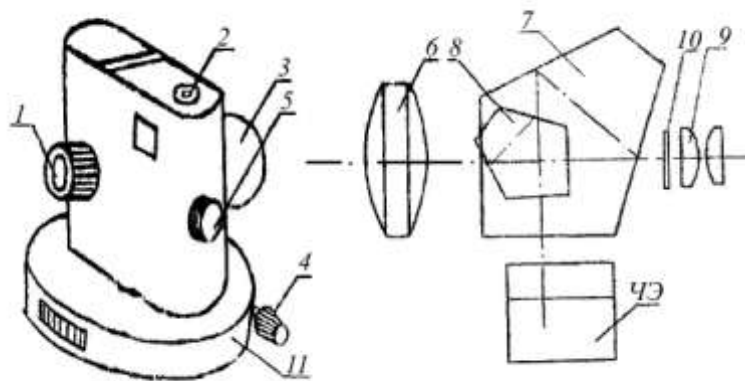


Рис. 31

Зрительная труба нивелира 1, 3 прямого изображения заключена и термоизоляционный кожух. Нивелир имеет бесконечный наводящий винт 4, зрительная труба наводится грубо на предмет вращением прибора рукой, а точное наведение выполняется наводящим винтом, фокусировка трубы осуществляется винтом 5.

Предварительная установка нивелира (горизонтирование) осуществляется по круглому уровню 2 с ценой деления 10'. Особенность оптической схемы нивелира заключается в следующем.

Луч света, пройдя объектив 6, попадает на отражающие грани большой пентапризмы 7, изменяет направление на 90° , после чего поступает на чувствительный элемент компенсатора ЧЗ (рис. 31, б). После двукратного отражения в призме луч попадает в малую пентапризму 8, которая, изменив его направление еще раз на 90° , направляет луч в систему окуляра 9. Пентапризмы укреплены неподвижно, прямоугольная призма, заключенная в подвижную рамку, подвешена на двух подшипниках. Место подвески прямоугольной призмы выбрано так, чтобы расстояние от главной задней плоскости до прямоугольной призмы было равно оптическому расстоянию от этой призмы до сетки нитей 10. В этом случае коэффициент углового увеличения компенсатора $\beta_v = \beta / \alpha = 2$. Здесь α - угол наклона зрительной трубы, β - угол отклонения визирного луча компенсатора.

Нивелир 2Н10КЛ снабжен горизонтальным кругом 11, использование которого позволяет применить нивелир для разбивочных работ.

Для нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования первые две поверки выполняются аналогично нивелиру НЗ. Третья поверка выполняется иначе.

Третья поверка: (соблюдение условия – линия визирования должна быть горизонтальной при наклонах оси вращения прибора в пределах допустимых углов работы компенсатора).

В двух точках А и В, расположенных на расстоянии $100 \pm 0,2$ м друг от друга, забивают колышки. Посередине в точке D устанавливают нивелир и, не меняя горизонт прибора, не менее трех раз определяют превышение между точками А и В. Вычисляют среднее значение превышения $h_1 = a - b$, которое вследствие равенства плеч нивелирования ($AD = DB$) будет лишено всех инструментальных ошибок. После этого прибор переносят в точку С,

расположенную ближе к одной из точек А или В (например, на расстояниях соответственно $90 \pm 0,1$ м и $10 \pm 0,1$ м от точек А и В). Из этой точки при неизменном горизонте прибора вторично определяют превышение h_2 как среднее арифметическое из трех определений и более. Если разность $f_h = h_1 - h_2 > 2$ мм, определяют поправки по формулам

$$x = \frac{d_1}{d_1 d_2} f; \quad y = \frac{d_2}{d_1 d_2} f, \quad (22)$$

где x и y – поправки соответственно в отсчеты на дальнюю (А) и ближнюю (В) точки; d_1 и d_2 – расстояния от нивелира соответственно до дальней (А) и ближней (В) точек.

Для выполнения юстировки нивелир наводят на дальнюю рейку и с помощью исправительных винтов сетки нитей основной горизонтальный штрих этой сетки наводят на отсчет, лишенный погрешности.

Кроме выполнения проверок нивелира, определяют также погрешность компенсации. Для этого измеряют превышения при расстояниях между точками соответственно 10, 50, 100 и 200 м. Нивелир каждый раз устанавливают посередине нивелирных расстояний (неравенство плеч нивелирования не должно превышать 1 м). Поочередно измеряют превышения между точками при отсутствии наклона оси нивелира (положение пузырька круглого уровня в нульпункте) и при ее наклоне в продольном и поперечном направлениях (смещенное положение пузырька круглого уровня относительно нульпункта) на угол, соответствующий номинальному значению диапазона работы компенсатора. Для каждого значения расстояния между точками измерения выполняют пятикратно при разных положениях (не менее четырех) несмещенного и смещенного пузырьков. Систематическую погрешность компенсации на одну минуту наклона оси нивелира вычисляют по формуле

$$\sigma_k = \frac{\bar{h}_v - h_0 \cdot \rho''}{2 \cdot S \cdot v}, \quad (23)$$

где h_v и h_0 – средние превышения, полученные соответственно при наклоне нивелира на номинальный угол работы компенсатора и при отсутствии наклона оси нивелира; $\rho'' = 206265$; S – длина луча визирования (т.е. 5000, 25000, 50000, и 100000), мм; ν – угол наклона нивелира.

При $\sigma_K > 0,5''$ необходимо устранение погрешности, которое производится в заводских условиях.

Измерение превышения нивелиром НЗ

Превышение между двумя точками, расположенными на разной высоте и на расстоянии не далее 200-300 м, можно получить путем геометрического нивелирования из середины (см. рис. 24) или вперед (см. рис. 30).

При нивелировании из середины рейки устанавливают нулевым делением вертикально на точках, а нивелир ставят посередине. Берут отсчеты по рейке, выражая их в миллиметрах. Отсчет на заднюю по ходу рейку называется задним и обозначается буквой a . Отсчет на переднюю рейку называется передним и обозначается буквой b . Превышение равно разности заднего и переднего отсчетов, т.е. $h = a - b$.

При нивелировании вперед нивелир устанавливают вблизи одной из точек, а рейку ставят в другой точке. Рулеткой с точностью до 1 мм измеряют высоту инструмента i , а затем берут отсчет по рейке a . Превышение равно $h = i - a$.

Отсчет по рейке при работе с нивелиром НЗ берется в следующем порядке:

1. Визируют на рейку, совмещая вертикальную нить сетки с осью рейки.
2. Элевационным винтом добиваются оптического контакта концов пузырька цилиндрического уровня.
3. В момент контакта концов пузырька берут отсчет по средней горизонтальной нити сетки. Отсчет берут до 1 мм.

Например, на рис. 32 отсчет о рейке равен 1373 мм. Вначале отсчитывают число целых дециметров (цифру 13), затем считывают число целых



Рис. 32

сантиметров в сторону возрастания делений. Число миллиметров берут на глаз. При взятии отсчета следует помнить, что в поле зрения нивелира НЗ деления рейки возрастают сверху вниз. Превышение для контроля определяют не менее двух раз. При двухсторонних рейках отсчеты берут по обеим сторонам рейки. В итоге при нивелировании из середины получают четыре отсчета: а) задние $a_ч$ – по черной стороне, $a_к$ – по красной стороне; б) передние

$b_ч$ – по черной стороне, $b_к$ – по красной стороне.

Вычисляют превышения:

$$h_ч = a_ч - b_ч, \quad h_к = a_к - b_к. \quad (24)$$

Допустима разность $h_ч$ и $h_к \leq 5$ мм.

Результатом измерения превышения считают среднее значение

$$h = \frac{h_к + h_ч}{2}. \quad (25)$$

Все отсчеты и вычисления сводят в журнал нивелирования, образец которого с числовым примером приведен в табл.4

Таблица 4

Журнал технического нивелирования

Точка	Отсчеты		Превышение, мм	Среднее превышение, мм	Примечание
	задний	передний			
1					
2					

Дополнительным контролем является разность пяток – разность отсчетов по красной и черной сторонам каждой рейки. Эта разность может изменяться в пределах ± 5 мм.

7. МЕРНЫЕ РУЛЕТКИ И ЛЕНТЫ

Мерные рулетки и ленты относятся к длинномерным средствам механического типа.

Рулетки представляют собой узкую ленту со шкалой, намотанную на барабан, вращающийся при помощи ручки в корпусе в виде крестовины или вилки (рис. 33, *а*). Мерное полотно рулетки изготавливается из углеродистой или нержавеющей стали. Один конец полотна закреплен в прорези барабана, на другом конце имеется кольцо для вытягивания намотанного на барабан полотна в процессе измерения. Для исключения самопроизвольного разворачивания мерного полотна с барабана оно предварительно пропускается между двумя вращающимися валиками на конце крестовины. Штрихи и цифры шкалы нанесены способом высокого травления и покрыты темной оксидной пленкой. Рулетки могут быть укомплектованы лентодержателем ПН-2 со встроенным в его рукоятку динамометром.

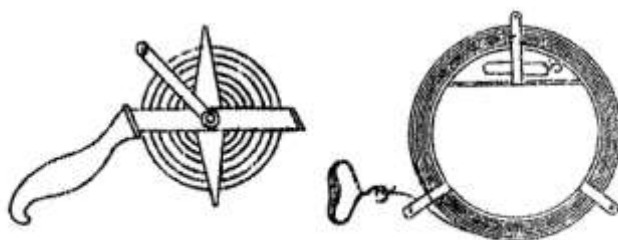


Рис. 33

Для измерения расстояний с невысокой точностью (например, при съемке подробностей) применяют тесьмяные рулетки РТ-10 длиной 10 м, изготовленные из ткани, армированной тонкой проволокой. Полотно рулеток имеет деления через 1 см и пропитано специальным составом, увеличивающим срок их службы.

Компарирование стальных рулеток

По своему назначению меры длины делятся на три основные группы: эталоны единицы измерения длины, образцовые меры и рабочие меры длины. Эталоны единицы измерения длины являются основной мерой всех линейных

измерений. Они предназначены для хранения и воспроизведения единиц длины с наивысшей точностью, достижимой при данном уровне развития науки и техники. Образцовые меры длины, имеющие установленную точность, служат для проверки рабочих мер длины и рабочих измерительных приборов. Сравнение длины рабочих измерительных приборов с длиной образцовой меры называется компарированием и производится на специальных установках – компараторах. Различают два вида компараторов: лабораторные – для проверки отдельных метровых делений или всей длины рулетки, и полевые – для поверки общей длины рулетки.

Лабораторный компаратор устанавливается вдоль стен зданий. Место для компаратора выбирается таким образом, чтобы по всей его длине температура окружающего воздуха была одинаковой. Компаратор представляет собой полку, закрепленную на кронштейнах. На верхней поверхности полки размещают ось компаратора и через каждый метр закрепляют шкалы с ценой деления 0,5 мм. Расстояние между нулевыми штрихами шкал, измеренное в высокой степени точности, представляет длину компаратора или отдельных его частей. При компарировании рулетка с одной стороны закрепляется, а в другой ее стороне, перекинутой через блок, подвешивается груз для натяжения. Совместив нулевое деление рулетки и шкалы, не менее двух раз определяют действительную длину метровых отрезков или всей рулетки при данной температуре. В результате компарирования составляют паспорт на поверенную рулетку.

Полевой компаратор оборудуется на ровном участке местности. На расстоянии 100-200 м закладываются два пункта с центрами. Если предполагается компарировать мерные ленты, то пункты закладываются вровень с поверхностью земли. Расстояние между центрами марок многократно измеряется инварными и стальными проволоками с погрешностью не ниже 1:50000. На полученном таким образом компараторе производится исследование рабочих мерных приборов путем многократного измерения

длины полевого компаратора. Поправки в длину рулетки за компарирование определяется по формуле

$$\Delta l_k = \frac{l_k - l_{изм}}{n}, \quad (26)$$

где l_k – длина компаратора; $l_{изм}$ – средний результат измерений мерным прибором; n – число измерений.

Например, длина полевого компаратора равна 199,822 м, при компарировании 50-метровой рулетки измерения проводились четырежды в прямом и обратном направлениях по центрам на заранее установленных штативах. Результаты измерений: 199,826; 199,820; 199,817; 199,813 м, среднее из результатов измерений 199,819 м.

В данном случае $\Delta l_k = -0,00075$ м, поправка имеет знак минус, так как измеренное значение меньше истинного. Таким образом, длина исследуемой рулетки составила 49,99925 м при данной температуре компарирования.

При отсутствии компаратора сравнить длину мерной ленты или рулетки можно с длиной компарированной рулетки, используемой только для этой цели. Расхождение конечных штрихов измеряют с помощью шкалы с полумиллиметровыми делениями. Натяжение исследуемой и образцовой рулеток должно быть одинаковым, температура – близкой к той, при которой в свое время компарировалась образцовая рулетка.

8. ЗАДАНИЯ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТАМ

Задание 1.

Выполнить поверку теодолита.

а) Проверить перпендикулярность оси цилиндрического уровня UU и VV оси инструмента.

Для проверки этого геометрического соотношения осей устанавливают уровень параллельно направлению двух подъемных винтов и выводят пузырек уровня в нульпункт. Поворачивают алидаду на 180° . Если пузырек остался в нульпункте или отклонился на $m < 1$ делений, то условие выполнено. Если $m > 1$

деления, то на $m / 2$ делений пузырек перемещают исправительными винтами уровня, а на другую половину подъемными винтами.

б) Проверить оп отвесу вертикальность вертикальной нити сетки нитей

Совпадения нитей сетки и отвеса добиваются поворотом диафрагмы сетки нитей. Фактическое положение сетки нитей показать на эскизе.

в) Проверить перпендикулярность оси визирования ГГ и оси вращения НН

Для определения коллимационной ошибки «С» дважды визируют на отдаленную точку (КЛ и КП) и берут отсчеты по лимбу горизонтального круга $a_{КЛ} = \text{_____}$, $a_{КП} = \text{_____}$.

Вычисляют величину коллимационной ошибки

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

Если $C < 2t$, то условие выполнено. Если $C > 2t$, ошибку устраняют. Для этого вычисляют средний отсчет

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

Устанавливают средний отсчет на лимбе и исправительными винтами сетки нитей совмещают центр сетки нитей с наблюдаемой точкой.

Задание 2.

Измерить два горизонтальных угла теодолитом. Результаты измерений записать в табл. 5 по образцу табл. 1

Задание 3.

Измерить два вертикальных угла теодолитом. Для измерения вертикальных углов визируют на каждую из трех выбранных точек при КЛ и КП и берут отсчеты по вертикальному кругу.

Задание 4.

Измерить три расстояния нитяным дальномером теодолита:

$D_1 = \text{_____}$; $D_2 = \text{_____}$; $D_3 = \text{_____}$.

Измерить эти же расстояния рулеткой:

$D'_1 = \text{_____}$; $D'_2 = \text{_____}$; $D'_3 = \text{_____}$.

Вычислить относительную ошибку измерения расстояний:

$$\Delta_1 = \frac{D_1 - D'_1}{D'_1}; \quad \Delta_2 = \frac{D_2 - D'_2}{D'_2}; \quad \Delta_3 = \frac{D_3 - D'_3}{D'_3}.$$

Таблица 5

Журнал измерения горизонтальных углов

Станция	Точки визирования	Круг	Горизонтальный круг					
			Отсчет по микроскопу		Угол		Средний угол	
			°	'	°	'	°	'

Здание 5.

Выполнить поверку нивелира:

а) Проверить расположение оси круглого уровня и оси вращения прибора. Установив трубу по направлению двух подъемных винтов, вначале этими винтами, а потом и третьим винтом приводят пузырек круглого уровня в нульпункт, поворачивают инструмент на 180° , и, если пузырек уровня ушел за пределы второй окружности на ампуле – значит условие не выполняется.

Ослабив центральный винт уровня, тремя исправительными винтами перемещают пузырек уровня на половину отклонения к центру. На остальную половину приводят пузырек подъемными винтами и снова повторяют поверку.

б) Проверить расположение средней нити сетки НН и оси вращения прибора. Наводят трубу на вертикально установленную рейку так, чтобы изображение рейки в трубе оказалось у правого края поля зрения. Берут отсчет по горизонтальной нити, наводящим винтом перемещают трубу так, чтобы рейка оказалась у левого края поля зрения, и снова берут отсчет. Если отсчеты не равны – значит, условие не выполняется.

При необходимости исправление производится в мастерской.

в) Проверить геометрическое соотношение оси цилиндрического уровня и визирной оси ГГ нивелира.

При нивелировании вперед с двух точек записывают отсчеты по рейкам $a'_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $a'_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ и высоты инструмента $i_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, $i_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Вычисляют величину

$$x = \frac{a'_1 + a'_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}.$$

При $x < \pm 4$ мм считают, что $UU \parallel GG$.

При $x > \pm 4$ мм наводят элевационным винтом среднюю нить сетки нитей на отсчет $a_2 = a'_2 - x$, а исправительными винтами цилиндрического уровня восстанавливают оптический контакт концов пузырька уровня.

Задание 6.

Измерить превышение между точками. Отсчеты записать в табл. 6 по образцу табл.4.

Таблица 6

Журнал технического нивелирования

Точка	Отсчет		Превышение, мм	Среднее превышение, мм	Примечание
	Задний	Передний			