

РОСЖЕЛДОР  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ  
СООБЩЕНИЯ»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)  
ТЕХНИКУМ  
(ТЕХНИКУМ ФГБОУ ВО РГУПС)

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПОВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОП. 07. ГЕОДЕЗИЯ**

**ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 08.02.10**

**СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО**

*Базовая подготовка среднего профессионального образования*

Ростов-на-Дону

2016

















Рассмотрена  
Предметной (цикловой)  
комиссией специальности  
«Строительство железных  
дорог, путь и путевое  
хозяйство»

*Ар №1 от 30.08.2016*

Председатель:



Методическое пособие учебной  
дисциплины разработана на основе  
Федерального государственного  
образовательного стандарта (далее —  
ФГОС) по специальности среднего  
профессионального образования  
(далее — СПО) 08.02.10  
Строительство железных дорог, путь  
и путевое хозяйство

Заместитель  
директора по УР



Разработчик: Ипполитова И. А., преподаватель техникума ФГБОУ ВО  
РГУПС, заведующий строительным отделением

Рекомендована объединенной методической комиссией техникума  
ФГБОУ ВО РГУПС.

Заключение ОМК № 1 от «26» сентябре 2016-г.

## Содержание

1. Пояснительная записка	5
2. Методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий	7
Практическое занятие № 1	7
Практическое занятие № 2	9
Практическое занятие № 3	12
Лабораторное занятие № 1	15
Лабораторное занятие № 2	22
Практическое занятие № 4	29
Лабораторное занятие № 3	33
Лабораторное занятие № 4	37
3. Приложения	40
4. Основные источники	42

## 1. Пояснительная записка

Методическое пособие является руководством по проведению практических и лабораторных занятий по учебной дисциплине «Геодезия» для специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство. В пособие входят методические указания по выполнению 4 практических и 4 лабораторных занятий.

При выполнении практических и лабораторных занятий студенты изучают устройство геодезических инструментов, приемы и последовательность выполнения геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений; разбивку и закрепление трассы железной дороги; разбивку и закрепление на местности искусственных сооружений.

Практические и лабораторные занятия содержат необходимые теоретические сведения и методические указания о порядке выполнения заданий и составлении отчета. В конце каждого занятия даются контрольные вопросы и задания, для проверки усвоения материала студентами.

Лабораторные занятия, в основном, носят характер исследований и составлены таким образом, чтобы указанные в них задания выполнялись студентами самостоятельно и помогали изучать устройство геодезических приборов и приемы работы с ними.

На практических и лабораторных занятиях студенты также приобретают навыки и умения самостоятельной работы с учебной, справочной и технической литературой, что в дальнейшем пригодится им в профессиональной деятельности.

Перед проведением каждого практического и лабораторного занятия преподавателем проводится инструктаж по охране труда.

В процессе проведения практических и лабораторных занятий преподавателем осуществляется **контроль** и **оценка** результатов освоения дисциплины

<b>Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)</b>	<b>Формы и методы контроля и оценки результатов обучения</b>
<p><b>Умения:</b></p> <p>производить:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– геодезические измерения при строительстве и эксплуатации железнодорожного пути, зданий и сооружений;</li> <li>– разбивку и закрепление трассы железной;</li> <li>– разбивку и закрепление на местности искусственных сооружений</li> </ul>	<p>Выполнение практических и лабораторных работ.</p>
<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основных геодезических определений, методов и принципов выполнения</li> </ul>	<p>выполнение практических и лабораторных работ.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– устройства геодезических приборов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение лабораторных работ.</li> </ul>

## 2. Методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий

### Практическое занятие № 1

#### Построение линейного и поперечного масштабов

*Цель:* научиться строить линейный и поперечный масштабы и пользоваться ими.

*Оборудование и принадлежности:* калькулятор, чертежные инструменты, образцы работ студентов старших курсов.

#### Порядок выполнения

1. Начертить линейный и поперечный масштабы по заданному численному масштабу (численный масштаб, а также размеры прямых, измеренных на местности и плане, задаются в табл. П.1, см. приложения).

Линейный и поперечный масштабы являются графическим изображением числового масштаба. Линейный масштаб представляет собой отрезок прямой, разделенной на равные части основаниями (отрезки по 2 см) с подписанными значениями соответствующих им расстояний на местности. Крайнее левое основание разделено на 10 равных частей, каждая из которых является наименьшим делением линейного масштаба. Наименьшее деление линейного масштаба равно  $1/10$  его основания.

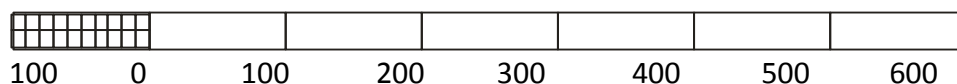


Рис. 1 Линейный масштаб

Поперечный масштаб строят как график на основании линейного масштаба. Оцифровка в горизонтальном направлении производится аналогично линейному масштабу, вертикальную производят по параллельным линиям (трансверсалям), начиная от первого снизу. Наименьшее деление поперечного масштаба равно  $1/100$  его основания.

На миллиметровой бумаге построить сетки линейного и поперечного масштабов и отложить на них расстояния, исходя из исходных данных. Предварительно разложить расстояния на обязательные слагаемые.

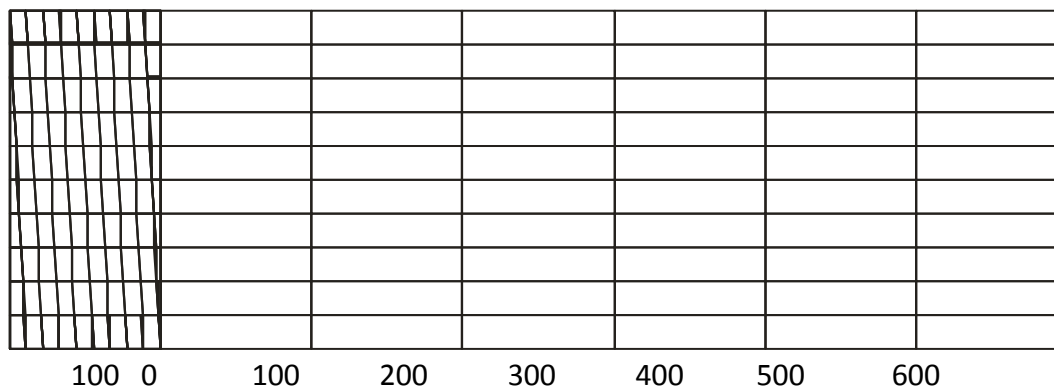


Рис. 2 Поперечный масштаб

2. Определить длину прямых на плане заданного масштаба по истинной длине прямых, измеренной на местности. Нанести цветным карандашом на поперечный масштаб отрезки прямых, соответствующие заданным длинам прямых на местности.

3. Определить истинную длину прямых на местности по размеру заданных на плане. Начертить линию указанной длины (в мм) и перевести длину линии плана в длину линии местности, пользуясь поперечным масштабом.

4. Сделать вывод.

### Содержание отчета

1. Чертеж линейного и поперечного масштабов по заданному численному.

2. Определение горизонтальных проложений линий на плане.

3. Определение горизонтальных проложений линий на местности.

4. Вывод.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется масштабом?

2. Назовите основные типы масштабов.

3. Какой масштаб крупнее: 1 :500, 1 :2000, 1 : 100, 1 : 10 000?

4. Определите, сколько метров на местности соответствует длине линии плана в 1 см для масштаба 1 :25 000.

5. В чем преимущество графических масштабов по сравнению с численными

## Практическое занятие № 2

**Решение задач по планам с горизонталями: определение координат точек земной поверхности, их высот; определение крутизны ската и уклона линии**

*Цель:* научиться решать задачи на плане с горизонталями.

*Оборудование и принадлежности:* микрокалькулятор, чертежные инструменты, образцы работ студентов старших курсов.

### Порядок выполнения

- 1 Определить координаты точек земной поверхности (задание к практическому занятию выдается преподавателем на топографической карте индивидуально для каждого студента).
- 2 Определить отметки точек местности:

$$H_A = \quad ;$$

$$H_B = \quad ;$$

$$H_C = \quad ;$$

$$H_D = \quad .$$

где  $H$  — абсолютная высота точек, соответственно А, В, С, D.

- 3 Определить уклоны линий местности.

Уклоном линии называется тангенс угла наклона этой линии к горизонту.

Уклон выражается в тысячных долях ( $\text{‰}$ ) или процентах (%). Уклон обозначают через  $i$  и вычисляют по формуле:

$$i = \frac{h}{d}, \quad (1)$$

где  $h$  — превышение конца линии над ее началом;

$d$  — горизонтальное проложение линии.

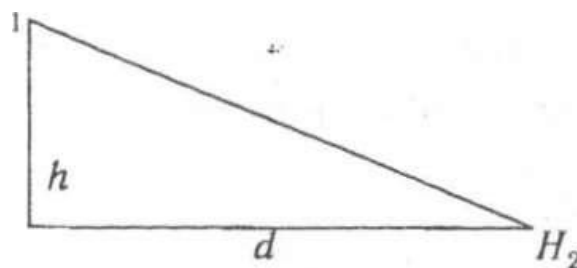


Рис. 1. Горизонтальное проложение

На плане с горизонталями можно определить уклон любой линии, для этого надо найти отметки концов линии по отметкам горизонталей, а следовательно, и превышение (рис. 3). Горизонтальное проложение линий можно определить с плана по масштабу.

Уклон линии А—В:

$$i_{A-B} = \frac{H_B - H_A}{d_{A-B}}, \quad (2)$$

По знаку уклоны могут быть положительными и отрицательными.

4. Определить направление и крутизну ската.

За направление ската в данном случае принимают линию наибольшей крутизны, по которой свободно стекает вода. Крутизну ската определяет угол наклона  $\alpha$ .

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d}, \quad (3)$$

отсюда следует, что линия наибольшей крутизны имеет кратчайшее расстояние между смежными горизонталями. Провести из заданной точки на горизонтали кратчайшую линию до следующей горизонтали.

5. Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Определение координат точек земной поверхности.
2. Определение отметок точек местности.
3. Определение уклонов линий местности.
4. Определение направления и крутизны ската.
5. Вывод.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется рельефом местности и каковы его основные формы?
2. По каким признакам можно отличить возвышенность от впадины на топографических картах и планах?
3. Определите отметку точки К (рис. 4).



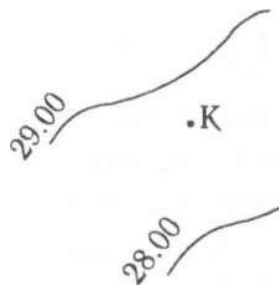


Рис. 4 Определение отметки точки по плану с горизонталями

4. Что называют линией ската?
5. Дайте определение уклона линии местности.
6. Назовите единицы измерения уклонов линии местности.

### **Практическое занятие №3**

**Построение на плане линий заданного уклона; построение профиля по заданному направлению; определение на плане границ водосборной площади.**

*Цель:* научиться строить на плане линии заданного уклона, профиль по заданному направлению; определять на плане границы водосборной площади бассейна.

*Оборудование и принадлежности:* микрокалькулятор, чертежные инструменты, топографические карты или планы, образцы работ студентов старших курсов.

#### **Порядок выполнения**

1. Построить профиль местности по заданному направлению (задание к практическому занятию выдается преподавателем на топографической карте индивидуально для каждого студента) на миллиметровой бумаге. На профиль нанести все точки по трассе: точки 1, 2, 3, т.е. точки начала, конца трассы, точку поворота трассы и все точки пересечения трассы с горизонталями.

Построение профиля начать с нанесения сетки (граф) на миллиметровую бумагу (рис. 5). В графе «Горизонтальные расстояния» показать расстояния между точками по трассе, указывая величину горизонтальных проложений. В графе «Отметки земли» проставить отметки точек 1, 2, 3 и точек пересечения трассы с горизонталями. Затем начертить продольный профиль, т.е. вертикальный разрез земной поверхности по трассе.

Вычислить уклон линии 1—2:

$$i_{1-2} = \frac{H_2 - H_1}{d_{1-2}}, \quad (4)$$

уклон линии 2—3:

$$i_{2-3} = \frac{H_3 - H_2}{d_{2-3}}. \quad (5)$$

На профиле, в графе «Средние уклоны», показать вычисленные уклоны отрезками — диагоналями. Если уклон положительный, диагональ чертят с правым приподнятым концом, если отрицательный — с левым. Отрезки с нулевым уклоном нанести посередине графы горизонтально. Сверху диагоналей пишется уклон в тысячных, снизу — горизонтальное проложение в метрах.

В графе «План трассы» начертить прямую горизонтальную линию посередине графы. При угле поворота вправо в точках поворота проставить углы, направленные вверх, при угле поворота влево — углы, направленные вниз. При этом углом поворота называют угол, составленный продолжением предыдущей и направлением последующей линий.

Средние уклоны	
Отметки земли	
Горизонтальные расстояния	
План трассы	-

Рис. 5 Сетка профиля

2. Построить на плане линию заданного уклона.

Задается  $i =$

$$i = \frac{h}{d} \Rightarrow d = \frac{h}{i}, \quad (6)$$

где  $i$  – заданный уклон;

$h$  – превышение;

$d$  – горизонтальное проложение линии.

Установить в раствор циркуля вычисленное расстояние (заложение) в масштабе плана, и от заданной точки последовательно сделать засечки на смежных горизонталях.

3. Определить границы водосборной площади бассейна.

Водосборной площадью, или бассейном водотока, называется территория, с которой вода атмосферных осадков стекает к данному сооружению.

4. Сделать выводы.

### **Содержание отчета**

1. Профиль местности по заданному направлению
2. Построение на плане линии заданного уклона.
3. Определение границы водосборной площади бассейна.
4. Вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение продольного профиля.
2. Дайте определение угла поворота трассы.
3. Что называется водосборной площадью бассейна?

## Лабораторное занятие № 1

### Исследование конструкции теодолитов.

#### Установка теодолита в рабочее положение, измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом

*Цель:* изучить устройство теодолитов ТТ-5, 2Т30 и научиться производить отсчеты по верньерам и отсчетным микроскопам. Приобрести навыки по приведению теодолита в рабочее положение, а также в измерении углов, научиться измерять расстояния с помощью дальномера теодолита.

*Оборудование и принадлежности:* теодолиты ТТ-5, 2Т30, штативы, нивелирные рейки, вехи, бланки угломерных журналов.

#### Порядок выполнения

- 1 Изучить теодолит и его основные части (рис.6)

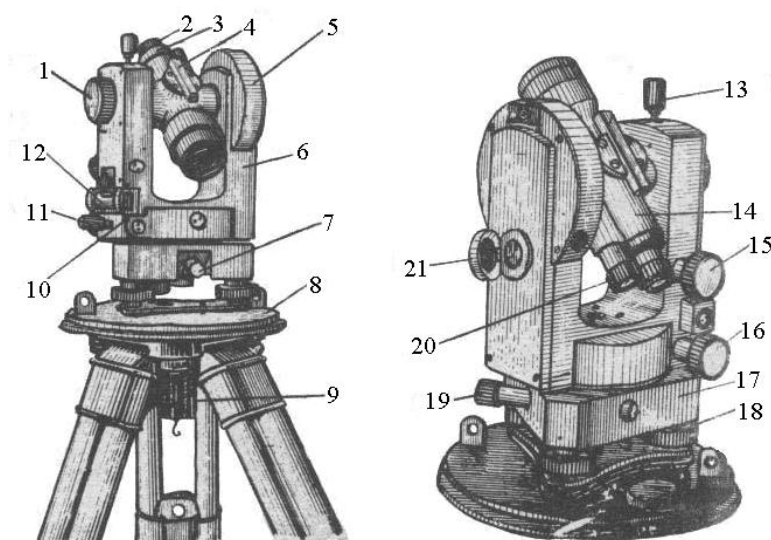


Рис. 6 Общий вид теодолита 2Т30

1. Кремальера. 2. Диоптрийное кольцо. 3. Колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей. 4. Оптический визир. 5. Вертикальный круг. 6. Подставка зрительной трубы. 7. Закрепительный винт лимба. 8. Основание футляра. 9. Становой винт. 10. Исправительный винт уровня. 11. Закрепительный винт алидады. 12. Цилиндрический уровень. 13. Закрепительный винт зрительной трубы. 14. Зрительная труба. 15. Наводящий винт

зрительной трубы. 16. Наводящий винт алидады. 17. Подставка. 18. Подъемный винт. 19. Наводящий винт лимба. 20. Окуляр шкалового микроскопа. 21. Зеркало.

**Определение цены деления лимба и точности отсчитывания. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам**

У теодолита 2Т30 отсчетный микроскоп шкаловой. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В (рис. 7), видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части поля зрения, обозначенной буквой Г, видны штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.

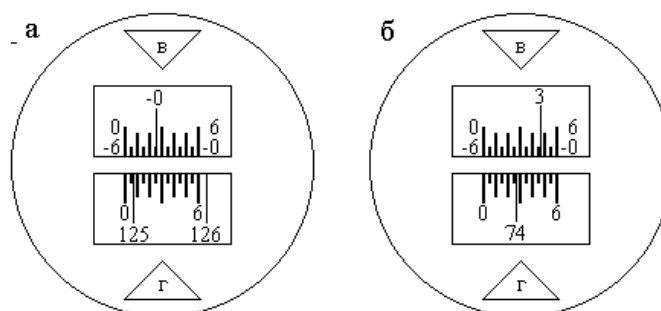


Рис. 7 Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30

- а) Отсчет по вертикальному кругу –  $0^{\circ} 35'$ ;  
Отсчет по горизонтальному кругу  $125^{\circ} 06'$ .
- б) Отсчет по вертикальному кругу  $+3^{\circ} 45,5'$ ;  
Отсчет по горизонтальному кругу  $74^{\circ} 27,5'$ .

На обоих кругах нанесены только градусные штрихи. Каждый градусный штрих подписан. Следовательно, цена деления лимбов составляет  $1^{\circ}$ . На алидады кругов нанесены отсчетные шкалы с ценой деления  $5'$ . Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа. Начальное деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0, а конечное – цифрой 6, что означает  $60'$ . Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр. В верхнем ряду начальный штрих, обозначенный цифрой 0, расположен слева, а конечный, обозначенный цифрой 6, расположен справа. В нижнем ряду оцифров-

ка выполнена наоборот и цифры имеют знак минус. Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке. Сначала считывается с лимба число градусов (по штриху лимба, попадающему на отчетную шкалу), затем по отчетной шкале берется отсчет с точностью 0.1 деления, что соответствует 0.5'. Индексом для отсчитывания минут служит штрих градусного деления лимба, находящийся на отчетной шкале. На рис. 7.3 а отсчет по горизонтальному кругу равен  $125^{\circ}06'$ .

При отсчитывании по вертикальному кругу число градусов считывается так же, как и по горизонтальному кругу. При этом градусные деления вертикального круга имеют знаки либо плюс, либо минус. Если в пределах шкалы находится штрих лимба без знака, то на шкале отсчет берется по верхнему ряду цифр (слева направо), и полный отсчет записывается со знаком плюс. По нижнему ряду цифр шкалы отсчет берется в том случае, когда в пределах шкалы находится штрих лимба со знаком “минус”. Отсчет записывается со знаком минус.

## 2 Привести теодолит в рабочее положение.

*Центрирование теодолита* ТТ-5 выполняют с помощью нитяного отвеса, укрепленного на крючке трегера теодолита. Острие отвеса совмещают с центром кола (вершиной угла) нажатием на упоры башмаков штатива ногой и небольшим перемещением трегера на головке штатива. Центрирование оптического теодолита 2Т30 производят при помощи визирования сетки нитей трубы над вершиной угла, опуская трубу вертикально объективом вниз. Отпустив становой винт, трегер теодолита перемещают на головке штатива, пока центр сетки нитей не совпадет с центром кола (вершиной угла).

*Горизонтирование теодолита* выполняют при помощи уровня горизонтального круга. Управляя подъемными винтами, пузырек уровня устанавливают в среднее положение.

*Установка трубы для наблюдения.* Грубое наведение трубы теодолита ТТ-5 на вежу производят по механическому визиру, а отчетливое изображение достигается вращением винта фокусировки (кремальеры). В теодолите 2Т30 грубое наведение на вежу производят по оптическому визиру, укрепленному

на зрительной трубе, в котором отчетливо проектируется белый крест на черном фоне. Наведение вертикальной сетки нитей производят на основании вехи, что уменьшает ошибку отклонения вехи от отвесного положения при ее установке. Четкого изображения сетки нитей достигают вращением винта окулярной трубы.

### 3 Измерить горизонтальный угол способом полных приемов.

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла, приводят его в рабочее положение, закрепляют лимб и, вращая алидаду, визируют трубу при положении вертикального круга КП сначала на правую или заднюю по ходу точку, а затем на левую или переднюю по ходу точку. Точного наведения вертикальной нити сетки на изображение вехи достигают вращением наводящего винта алидады. После визирования на каждую из точек производят отсчеты. Так выполняется полуприем.

Для измерения угла полным приемом зрительную трубу переводят через зенит (вертикальный круг при этом принимает положение круг лево – КЛ) и визируют сначала на заднюю точку, а затем на переднюю точку. производят отсчеты.

Данные измерений заносят в угломерный журнал.

Таблица 1 Угломерный журнал

Дата \_\_\_\_\_ Наблюдал \_\_\_\_\_

Теодолит \_\_\_\_\_ Записал \_\_\_\_\_

стан-	№ точек визирования	Положение вертикального круга	Отсчет по горизонтальному кругу	Угол из полуприема	Среднее из углов

Выполняют вычисление величины угла. Величина угла из каждого полуприема равна разности отсчетов: отсчет назад минус отсчет вперед. Разности между значениями углов из полуприемов не должна превышать  $\pm 2t'$ . Для теодолита 2Т30:  $\pm 2t' = \pm 2 \cdot 30'' = 1'$ .



Если ошибка измерений в допустимых пределах, то рассчитывают среднее значение угла, т. е. величину угла, измеренную полным приемом:

угол из 1-го полуприема  $\beta_{2П} =$  ;

угол из 2-го полуприема  $\beta_{2Л} =$  ;

разность между углами из полуприемов

$$\beta_{2П} - \beta_{2Л} = \quad ; \quad (7)$$

среднее значение измеренного угла

$$\beta = \frac{\beta_{2П} + \beta_{2Л}}{2} = \quad (8)$$

#### 4 Измерить вертикальный угол.

Деления на лимбе вертикального круга теодолита 2Т30 оцифрованы по ходу часовой стрелки с минусом и от  $0^\circ$  против хода часовой стрелки – без знака, что означает положительный отсчет.

Вертикальный круг лимба наглухо закреплен на зрительной трубе теодолита и поворачивается вместе с ней вокруг горизонтальной оси трубы относительно нуль-штрихов алидады.

Для измерения углов наклона теодолит приводят в рабочее положение, затем центр сетки нитей зрительной трубы визируют на наблюдаемую точку (рис.8). При этом положительными считаются углы, когда наблюдаемая точка выше горизонта прибора, отрицательными – когда наблюдаемая точка ниже горизонта.

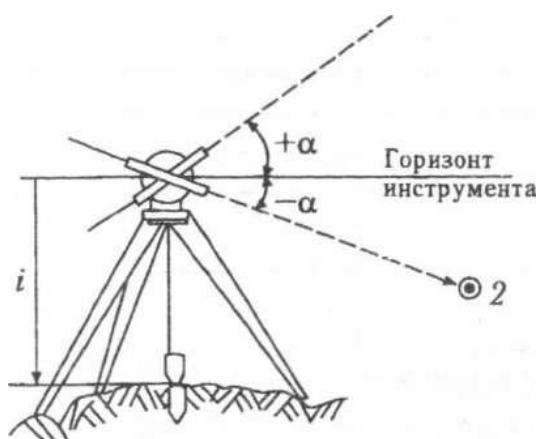


Рис. 8 Порядок измерения углов наклона

После наведения трубы на точку берется отсчет по вертикальному кругу (сначала при положении вертикального круга КП, а затем – КЛ). Величину вертикального угла определяют расчетом:

$$MO = \frac{KL + KP}{2}, \quad (9)$$

$$\alpha = KL - MO, \quad (10)$$

$$\alpha = MO - KP, \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{KL - KP}{2}, \quad (12)$$

где MO – место нуля,  $\alpha$  - вертикальный угол.

На одном конце измеряемой линии устанавливают теодолит, а на другом – дальномерную или нивелирную рейку. Приводят теодолит в рабочее положение, наводят зрительную трубу теодолита на рейку и берут отсчеты по верхней и нижней дальномерным нитям зрительной трубы. Разность отсчетов дает расстояние в сантиметрах по рейке. Для определения угла наклона измеряемого расстояния к горизонту производят отсчет по вертикальному кругу теодолита.

Расстояние, измеренное нитяным оптическим дальномером (наклонное), вычисляется по формуле:

$$S = K \cdot n + c, \quad (13)$$

где  $K$  – коэффициент дальномера (у современных теодолитов  $K = 100$ );

$c$  – постоянная дальномера (в теодолитах, имеющих зрительную трубу с внутренней фокусировкой,  $c = 0$ );

$n$  – разность отсчетов по рейке по дальномерным (крайним) нитям сетки зрительной трубы.

5 Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Изобразить устройство теодолита 2Т30.
2. Выписать технические характеристики теодолитов.
3. Измерить вертикальный угол и заполнить угломерный журнал.
4. Вывод.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Назначение теодолита и его основные части.
2. В чем заключается принцип измерения горизонтального угла?
3. Перечислите основные типы и марки теодолитов.
4. Что такое цена деления шкалы микроскопа оптического теодолита и как она определяется?
5. Как измеряется угол наклона линии местности к горизонту?

## *Лабораторное занятие № 2*

### **Выполнение поверок и юстировок теодолита**

*Цель:* научиться производить приемочные и полевые поверки теодолитов, их юстировки.

*Оборудование и принадлежности:* теодолиты ТТ-5, 2Т30, штативы к ним, отвесы, отвертки, ключи, шпильки.

#### **Порядок выполнения**

1. Выполнить приемочные поверки теодолита.

Поверка — это проверка технического состояния теодолитов перед началом полевых работ.

Юстировка — это исправление нарушенных геометрических и оптико-механических условий качественной работы прибора.

Поверки могут быть приемочными и полевыми.

Приемочные поверки производятся при получении теодолита со склада, при передаче его от материально ответственного лица, а также если теодолит подвергался механическим воздействиям, ударам.

При получении инструмента в первую очередь проверяется его комплектность и целостность. В комплект к теодолиту должны входить: чехол, штатив, отвес и ориентир — буссоль.

Закрепительные, наводящие и подъемные винты должны плавно вращаться. Это условие проверяется вращением закрепительных, наводящих и подъемных винтов.

Если резьба не сорвана, но винты работают не плавно или имеют тугой ход, нужно определить и устранить причины, вызывающие эти отклонения.

Изображение в поле зрения трубы должно быть четким. Чтобы проверить это условие, трубу наводят на белый лист бумаги, предварительно нарисован на нем прямые линии под разными углами друг к другу. Если изображение линий четкое, без искажений и радужных бликов, условие выполняется.

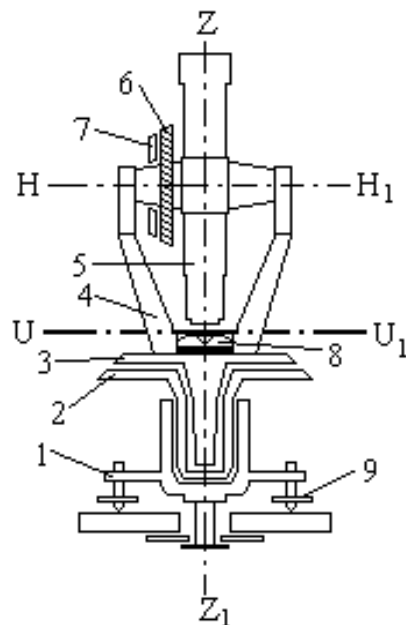


Рис. 9 Оси теодолита

**Теодолит имеет следующие основные оси и плоскости:**

*Основная ось (ось вращения) теодолита  $ZZ_1$*  – линия, перпендикулярная к горизонтальному кругу и проходящая через его центр.

Визирная ось – воображаемая прямая, соединяющая пересечение нитей сетки и оптический центр объектива.

*Ось цилиндрического уровня  $UU_1$*  – касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в нульпункте (нульпункт уровня – наивысшая точка ампулы, середина делений на ампуле).

*Ось вращения трубы  $HH_1$*  – линия, вокруг которой вращается зрительная труба в вертикальной плоскости.

*Плоскость лимба* – плоскость, проходящая через внутренние концы делений лимба.

*Коллимационная (визирная) плоскость* – плоскость, образованная визирной осью при вращении зрительной трубы вокруг ее оси  $HH_1$ .

2. Выполнить полевые поверки теодолитов (рис. 10).

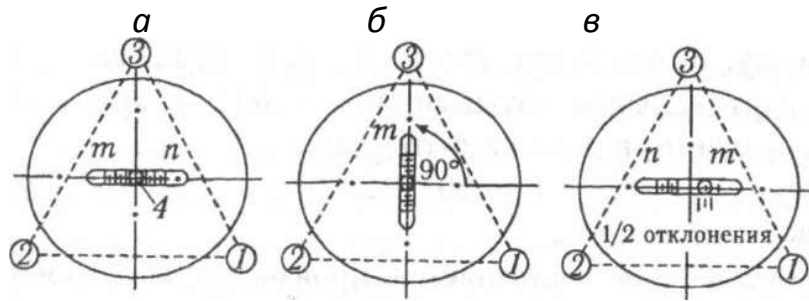


Рис. 10. Поверки цилиндрического уровня: *a* — установка по двум винтам; *б* — установка по третьему винту; *в* — проверка правильности установки уровня;

*n* — оцифрованный штрих лимба; *m* — число делений микроскопа; 1,2,3 — винты; 4 — пузырек ампулы

#### Поверка № 1. Поверка оси цилиндрического уровня.

Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси вращения инструмента.

Для проверки этого условия уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов *й*, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырек на середину ампулы (рис. 10, *a*). Затем уровень устанавливают по направлению на третий винт, поворачивая теодолит на  $90^\circ$  и, вращая его, приводят пузырек на середину ампулы (рис. 10, *б*). Теодолит возвращают в исходное положение, несколько корректируя положение уровня, так как при вращении винта возможно некоторое его смещение. Поворотом на  $90^\circ$  проверяют, нет ли отклонений пузырька, а затем поворачивают теодолит на  $180^\circ$  (рис.10, *в*). Если пузырек воздуха остался в нулевом пункте уровня или отклонился на одно деление — условие выполнено. В противном случае исправительным винтом пузырек смещают на половину величины отклонения к центру ампулы и повторяют поверку.

#### Поверка № 2. Поверка визирной оси зрительной трубы.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения.

Для проверки этого условия теодолит устанавливают в рабочее положение, закрепляют круг лимба и наводят на четко видимую удаленную точку. Точку выбирают так, чтобы труба находилась в положении, близком к го-

ризональному. После точного наведения центра сетки нитей на точку берут отсчет по горизонтальному кругу при положении вертикального круга слева от трубы — КЛ — круг лево. Далее теодолит разворачивают на 180 а трубу переводят через зенит и наводят на ту же точку. Затем берут отсчет по горизонтальному кругу при положении вертикального круга справа — КП — круг право. Разность между отсчетами должна быть равна

$$180^\circ \pm 2 t', \quad (14)$$

где  $t'$  — точность теодолита.

Если это условие не выполняется, производят исправление. Угол между визирной осью и перпендикуляром к оси ее вращения называется *коллимационной погрешностью*. Для устранения этой погрешности вычисляют ее величину и определяют правильный отсчет (рис. 11).

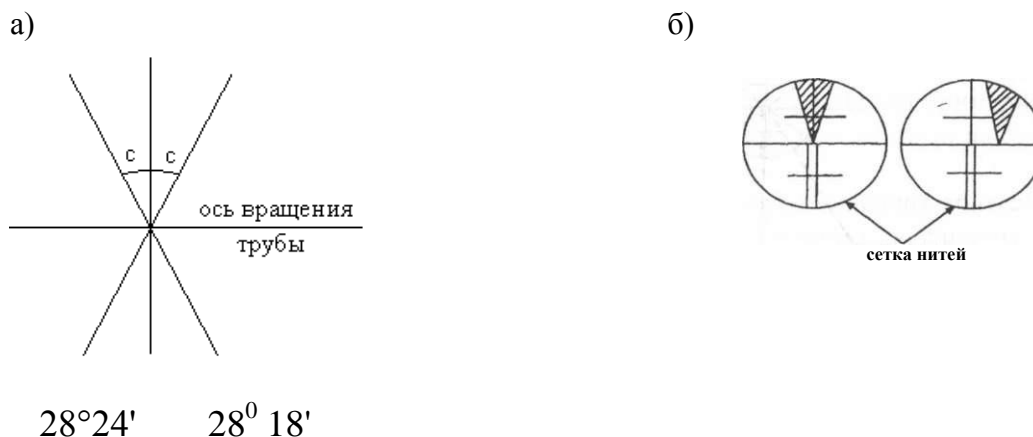


Рис. 11. Определение коллимационной погрешности

*a* — расчет коллимационной погрешности; *б* — исправление коллимационной ошибки с перемещением вертикальной нити

Отсчеты:

КЛ =     ; КП =     .

Коллимационная погрешность:

$$C = \text{КЛ} - 180^\circ - \text{КП}, \quad (15)$$

$C =$

Погрешность больше двойной точности теодолита, поэтому вычисляют верные отсчеты:

$$\text{КЛ} - \frac{C}{2} = \quad (16)$$

$$КП + \frac{C}{2} = \quad (17)$$

Затем наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет

После перемещения алидады центр сетки нитей сместится с точки. Для исправления ошибки отвинчивают колпачок диафрагмы, ослабляют исправительные вертикальные винты, а вертикальную нить перемещают до совпадения с точкой при помощи исправительных горизонтальных винтов, закрепляют их и повторяют поверку.

Если коллимационная погрешность в пределах допуска, винты окончательно закрепляют и навинчивают колпачок на трубу.

Поверка №3. Поверка горизонтальной оси зрительной трубы (рис. 12)

Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна основной оси вращения теодолита.

Это условие проверяют в следующей последовательности. Теодолит устанавливают недалеко от какого-либо высокого предмета (стены здания). На нем выбирают точку так, чтобы при наведении на эту точку центра сетки нитей зрительной трубы визирная ось составляла с горизонтом угол порядка 15—20°. Наблюдаемую точку проецируют дважды (при положении вертикального круга КП и КЛ), опуская трубу вниз, близко к горизонтальному положению визирной оси. При этом оба раза отмечают положение вертикального штриха сетки в точках  $a_1$  и  $a_2$ . Теоретически эти точки должны совпадать. Несовпадение означает наличие ошибки.

Поскольку перпендикулярность осей гарантируется заводом, устранение этого дефекта возможно только в оптико-механических мастерских или в заводских условиях.



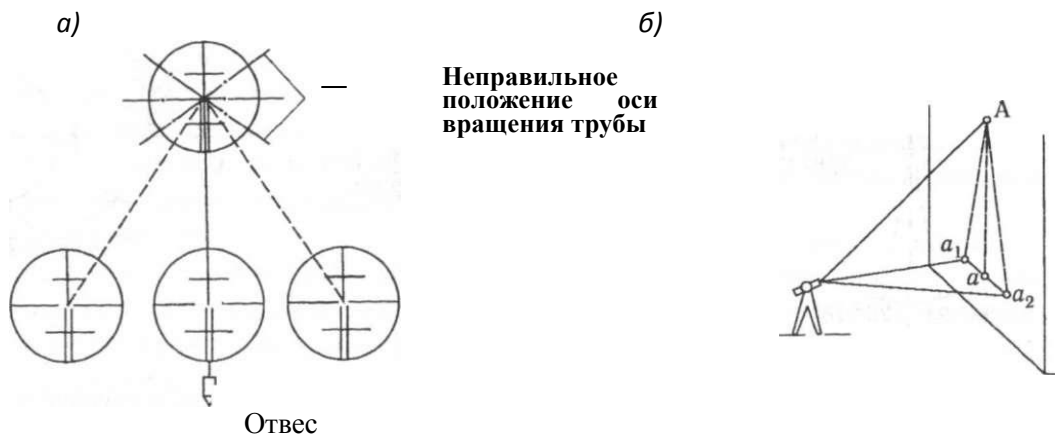


Рис. 12. Схема проверки горизонтальной оси вращения трубы:

а — неправильное положение оси вращения трубы; б — установка теодолита при выборе точки А и ее проецирование

Поверка № 4. Поверка положения сетки нитей зрительной трубы (рис. 13)

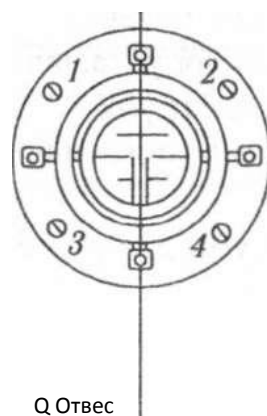


Рис. 13. Схема проверки положения сетки нитей зрительной трубы:

1, 2, 3, 4 — закрепительные винты диафрагмы

Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна быть отвесна, а горизонтальная — перпендикулярна вертикальной.

Для проверки этого условия на расстоянии  $10 \div 20$  м подвешивают отвес. На изображение шнура отвеса наводят вертикальную нить сетки нитей. Если вертикальная нить сетки на всем протяжении совпадает с линией отвеса — условие выполняется.

Поверку по горизонтальной нити производят следующим образом. Горизонтальную нить сетки зрительной трубы теодолита, приведенного в рабочее положение, совмещают с точкой, удаленной примерно на 20 м. Затем мед-

ленно поворачивают алидаду, и, если точка не сходит с горизонтальной нити, условие выполняется.

Если условие не выполняется, отвинчивают колпачок зрительной трубы, закрывающий четыре исправительных винта диафрагмы. Эти винты ослабляют и сеточное кольцо поворачивают так, чтобы вертикальная нить совпала с линией отвеса, после чего винты диафрагмы закрепляют и закрывают колпачком (рис. 14).



Рис. 14. Исправление положения сетки нитей

3. Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Запись результатов приемочной поверки теодолита.
2. Выполнение полевых поверок теодолита с оформлением результатов в тетради для лабораторных занятий.
3. Вывод

### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое поверка и юстировка теодолита?
2. Какие виды поверок теодолита вам известны?
3. В чем заключаются приемочные поверки теодолита?
4. Перечислите полевые поверки теодолита в порядке их выполнения.
5. Почему поверки теодолита нужно выполнять в определенной последовательности?

## Практическое занятие № 4

### Обработка ведомости вычисления теодолитного хода

**Цель:** научиться производить увязку углов и вычисление дирекционных углов и румбов теодолитного хода, вычисление приращений координат; научиться производить увязку приращений и вычислять координаты вершин теодолитных ходов.

**Оборудование и принадлежности:** калькулятор, ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода, образцы работ студентов старших курсов.

Измеренные горизонтальные углы хода:

$$\beta_1 = 76^\circ 33' 00'', \beta_2 = 82^\circ 02' 30'', \beta_3 = 76^\circ 24' 30'', \beta_4 = 125^\circ 01' 30''.$$

Исходный дирекционный угол  $\alpha = 46^\circ$  (число минут определяется порядковым номером по журналу группы).

Горизонтальные проложения сторон замкнутого хода:

$$d_1 - 2 = 112,52\text{м}; d_2 - 3 = 128,91\text{м}; d_3 - 4 = 76,07\text{м}; d_4 - 1 = 102,51\text{м}.$$

#### Порядок выполнения

1. Увязать измеренные горизонтальные углы замкнутого теодолитного хода.

Определить сумму измеренных углов:

$$\Sigma\beta_n = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 \quad (18)$$

$$\Sigma\beta_n =$$

Определить теоретическую сумму углов замкнутого теодолитного хода:

$$\Sigma\beta_m = 180^\circ \cdot (n - 2) \quad (19)$$

$$\Sigma\beta_m =$$

Определить угловую невязку:

$$f_\beta = \Sigma\beta_n - \Sigma\beta_m \quad (20)$$

$$f_\beta =$$

Определить допустимую угловую невязку:

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1,5 t' \sqrt{n}, \quad (21)$$

где  $t'$  – точность теодолита равна 1'

$$f_\beta \leq f_{\beta \text{ доп}}$$

Фактическая невязка меньше допустимой, поэтому ее распределяют равномерно с обратным знаком на все углы и округляют результаты до точности теодолита так, чтобы сумма исправленных углов была равна теоретической сумме измеренных углов.

2. Вычислить дирекционные углы теодолитного хода

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (22)$$

$$\alpha_1 = 46^\circ$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

3. Определить румбы сторон теодолитного хода по вычисленным дирекционным углам. Вычисленные дирекционные углы и румбы с их названиями записать в соответствующие графы ведомости.

4. Вычислить приращения координат сторон теодолитного хода по румбам и длинам сторон:

$$\Delta x_{1-2} = d_{1-2} \cos r_{1-2} \quad (23)$$

$$\Delta x_{1-2} =$$

$$\Delta y_{1-2} = d_{1-2} \sin r_{1-2}$$

$$\Delta y_{1-2} =$$

$$\Delta x_{2-3} = d_{2-3} \cos r_{2-3}$$

$$\Delta x_{2-3} =$$

$$\Delta y_{2-3} = d_{2-3} \sin r_{2-3}$$

$$\Delta y_{2-3} =$$

$$\Delta x_{3-4} = d_{3-4} \cos r_{3-4}$$

$$\Delta x_{3-4} =$$

$$\Delta y_{3-4} = d_{3-4} \sin r_{3-4}$$

$$\Delta y_{3-4} =$$

$$\Delta x_{4-1} = d_{4-1} \cos r_{4-1}$$

$$\Delta x_{4-1} =$$

$$\Delta y_{4-1} = d_{4-1} \sin r_{4-1}$$

$$\Delta y_{4-1} =$$

где  $d$  – горизонтальные проложения сторон замкнутого хода;

$r$  – румб линии

Сложить алгебраически все  $\Delta x$  и  $\Delta y$  и определить величину и знаки невязок по осям  $x$  и  $y$ .

Вычислить абсолютную линейную невязку по формуле:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \quad (24)$$

$$f_{\text{абс}} =$$

Определить относительную невязку и сравнить ее с допустимой

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{1}{P/f_{\text{абс}}} \quad (25)$$

$$f_{\text{отн}} =$$

где  $P$  – периметр хода (сумма горизонтальных проложений).

Если полученная невязка  $f_{\text{отн}}$  меньше допустимой  $1/2000$ , то невязки  $f_x$  и  $f_y$  распределить пропорционально длинам сторон с обратными знаками.

5. Вычислить исправленные приращения координат.

Суммы исправленных приращений  $\Sigma \Delta x$  и  $\Sigma \Delta y$  должны быть равны нулю.

6. Вычислить координаты вершин теодолитного хода:

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{1-2} = \quad (26)$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y_{1-2} =$$

$$x_3 = x_2 + \Delta x_{2-3} =$$

$$y_3 = y_2 + \Delta y_{2-3} =$$

$$x_4 = x_3 + \Delta x_{3-4} =$$

$$y_4 = y_3 + \Delta y_{3-4} =$$

Для контроля вычислений определить координаты первой точки:

$$x_1 = x_4 + \Delta x_{4-1} = \quad (25)$$

$$y_1 = y_4 + \Delta y_{4-1} =$$

Результаты вычислений занести в ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода.

7. Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Ведомость вычисления координат

2. Вывод.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные виды теодолитных ходов.
2. С какой целью выполняется теодолитная съемка?
3. Дайте понятие угловой невязки.
4. Дайте определение прямой и обратной геодезических задач.
5. Дайте понятие приращения координат.
6. Как вводятся поправки в значения вычисленных приращений координат вершин теодолитного хода.

### *Лабораторное занятие №3*

#### **Исследование конструкции нивелиров и нивелирных реек. Снятие отсчетов по нивелирным рейкам. Установка нивелира в рабочее положение**

*Цель:* ознакомиться с конструкцией нивелиров, их установкой для работы; научиться производить отсчеты по нивелирным рейкам.

*Оборудование и принадлежности:* нивелиры Н-3, Н-10, штативы, нивелирные рейки.

#### **Порядок выполнения**

1. Установить нивелир и практически ознакомиться с его конструкцией (рис. 15).

Нивелир Н-3 состоит из двух частей — нижней и верхней.

Нижняя часть имеет:

- пружинную пластину с отверстием под становой винт;
- три подъемных винта для установки прибора в рабочее положение;
- трегер, имеющий втулку, в которой крепится и вращается верхняя часть нивелира.

Верхняя часть имеет:

- опорную плиту с круглым уровнем для грубой установки прибора;
- зрительную трубу с цилиндрическим уровнем для точной установки прибора, изображение концов которого передается в поле зрения трубы специальной оптической системой.

Со стороны окуляра зрительной трубы находятся исправительные винты цилиндрического уровня. На самом окуляре имеется кольцо, вращением которого добиваются резкого, четкого изображения сетки нитей в поле зрения трубы. При наведении зрительной трубы на рейку четкости изображения добиваются вращением винта кремальеры (фокусника) на зрительной трубе.

Зрительная труба с одной стороны прикреплена к опорной плите шарнирно, что дает возможность элевационным винтом исправлять положение визирной

оси, т.е. точно привести ее в горизонтальное положение (две половинки цилиндрического уровня в поле зрения трубы соединены, образуют полукруг). Под объективом зрительной трубы имеются закрепительный и наводящий, или микрометричный, винты.

2. Выполнить схему нивелира и указать его составные части

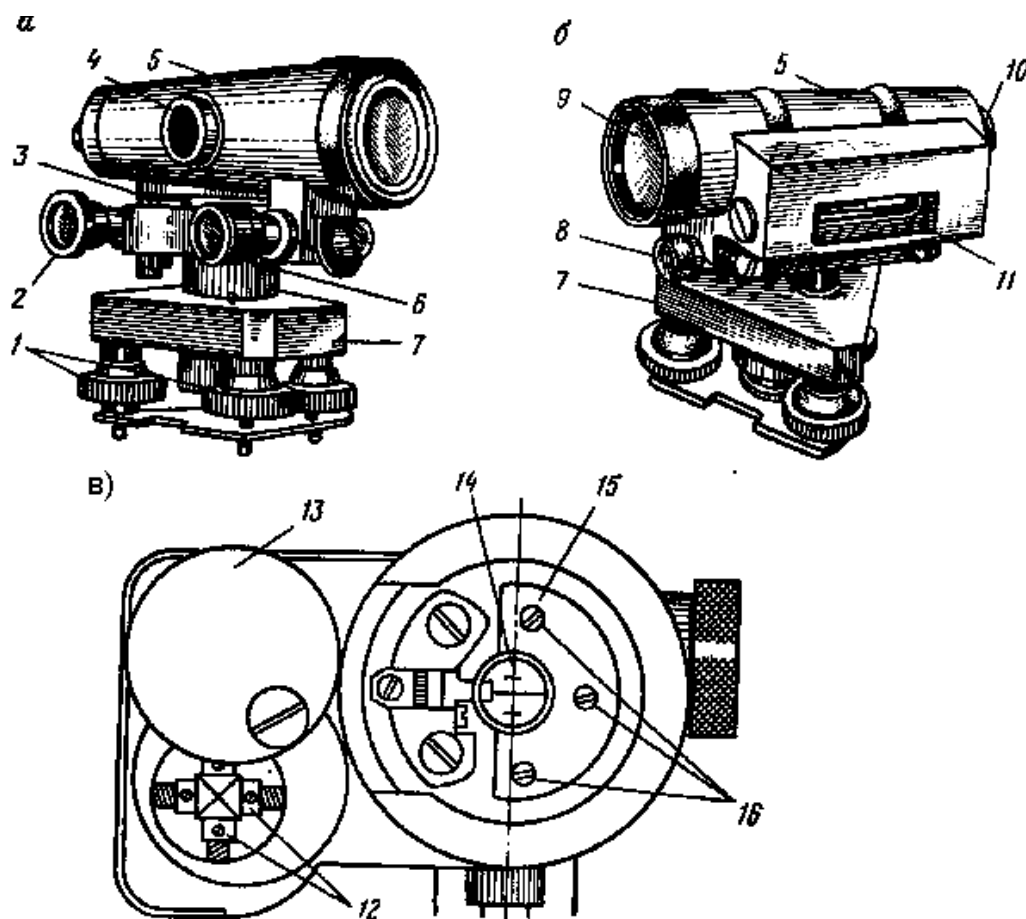


Рис.15 Точный нивелир Н-3:

а – вид со стороны круглого уровня; б – вид со стороны цилиндрического уровня; в – вид со стороны окуляра зрительной трубы без предохранительного колпачка:

1 – подъемные винты; 2 – элевационный винт; 3 – круглый уровень; 4 – кремальера; 5 – корпус зрительной трубы; 6 – наводящий винт; 7 – трегер; 8 – закрепительный винт; 9 – объектив; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом; 11 – контактный цилиндрический уровень; 12 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 13 – крышка; 14 – сетка нитей; 15 – металлическая пластина; 16 – крепежные винты сетки нитей



3. Выписать основные технические характеристики нивелира

Таблица 2. Технические характеристики нивелира

Показатели	Н – 3	Н – 10
Увеличение зрительной трубы		
Коэффициент дальномера		
Цена деления цилиндрического уровня		
Цена деления круглого уровня		
Масса, кг		

4. Практически ознакомиться с нивелирными рейками.

Нивелирная рейка РН-3 раскладная, изготовлена из деревянных брусков толщиной 2,5 см, шириной 8 см. Бруски имеют двутавровое сечение и соединены между собой шарниром. Части рейки при раскладывании скрепляются винтом.

Рейка двусторонняя. На одной стороне рейки деления нанесены черной, а на другой красной краской. Деления сантиметровые, через один сантиметр закрашены краской. Десять делений одного дециметра расположены с одной стороны, второго дециметра — с другой. При этом первые пять делений каждого дециметра образуют букву Е. Дециметры обозначены числами.

5. Установить нивелир по круглому и цилиндрическому уровням.

6. Произвести отсчеты по рейкам, установленным в точках А (задней) и В (передней) (рис. 16).

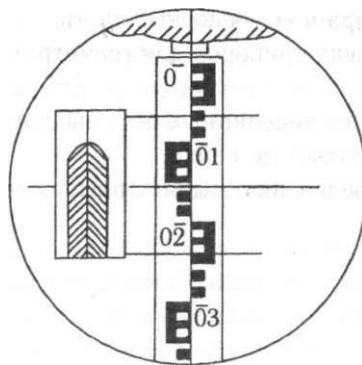


Рис. 16. Поле зрения нивелира с обратным изображением

Отсчет по рейке производится с точностью до миллиметра, т.е. он должен иметь четыре цифры. Первые две — количество дециметров — читаются прямо по рейке. Третья цифра — целое количество сантиметров от начала дециметра до горизонтальной нити сетки. Четвертая цифра — количество миллиметров — определяется на глаз интерполяцией: делением последнего сантиметра горизонтальной нитью.

7. Нарисовать схему нивелирования линии АВ.
8. Записать отсчеты в журнал нивелирования (табл. 3).

Таблица № 3 **Журнал нивелирования**

№ станции	Пикеты и +	Отчеты по рейке			Превышения		Горизонт прибора	Отметки вычисленные
		задние	передние	Промежуточные	+	-		

9. Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Схема нивелира с указанием его составных частей.
2. Основные технические характеристики нивелира. Заполнение (табл. 2.)
3. Схема нивелирования линии АВ.
4. Заполнение журнала нивелирования (табл. 3)
5. Вывод.

### Контрольные вопросы и задания

1. Назначение нивелира и его основные части.
2. Что входит в комплект приборов для геометрического нивелирования?
3. Какие основные типы нивелирных реек вы знаете?
4. Как производится отсчет по рейке?
5. Какой документ предназначен для записи отсчетов?

## *Лабораторное занятие № 4*

### **Выполнение поверок и юстировок нивелиров**

*Цель:* научиться производить приемочные и полевые поверки нивелиров, юстирование нивелиров.

*Оборудование и принадлежности:* нивелиры Н-3, Н-10, 3Н-5Л, штативы к ним, отвертки, ключи, шпильки.

#### **Порядок выполнения**

1. Выполнить приемочные поверки нивелира.

Приемочные поверки производятся при получении нивелира со склада, при передаче его от материально ответственного лица, а также если прибор подвергался механическим воздействиям, ударам.

При получении инструмента в первую очередь проверяется его комплектность и целостность.

Закрепительные, наводящие и подъемные винты должны плавно вращаться. Это условие проверяется вращением закрепительных, наводящих и подъемных винтов.

Если резьба не сорвана, но винты работают не плавно или имеют тугий ход, нужно определить и устранить причины, вызывающие эти отклонения.

2. Выполнить полевые поверки нивелира.

Поверка №1. Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира.

Подъемочными винтами подводят пузырек уровня в центр ампулы. Поворачивают трубу нивелира на  $180^\circ$ . Если пузырек сошел с центра, то исправительным винтом возвращают его к центру на половину величины отклонения, а затем подъемными винтами подводят в центр. Поверку и исправление повторяют несколько раз.

Поверка №2. Вертикальная нить сетки нитей в рабочем положении нивелира должна быть отвесна, а горизонтальная — перпендикулярна ей.

Завод гарантирует перпендикулярность нитей сетки, поэтому проверяют только одну вертикальную нить. По круглому уровню приводят нивелир в ра-

бочее положение. Крест сетки нитей зрительной трубы наводят на шнур отвеса, расположенный на расстоянии 20—30 м от нивелира. Если вертикальная нить пересекает шнур отвеса — условие не выполняется. В этом случае снимают окулярную часть трубы, отпускают средний винт пластинки на четверть оборота, а крайний винт — на целый оборот и осторожно поворачивают пластинку в нужную сторону. Затем надевают окулярную часть трубы и проверяют положение сетки. После установки сетки закрепляют пластинку и окулярную часть трубы.

Проверка №3. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси контактного цилиндрического уровня.

Это главное условие, которому должен отвечать каждый нивелир, визирную ось которого устанавливают горизонтально при помощи уровня.

Проверку производят двойным нивелированием линии длиной около 75 м. В точках А и В забивают колышки. В точке А устанавливают нивелир так, чтобы его окуляр проектировался на центр колышка, а в точке В устанавливают рейку. Нивелир приводят в рабочее положение и с точностью до 1 мм рулеткой или рейкой измеряют высоту прибора  $i_1$ , т.е. расстояние от центра окуляра до центра колышка. По рейке берут величину отсчета точки В —  $v$ , затем нивелир переносят в точку В, а рейку — в точку А. Нивелир приводят в рабочее положение, измеряют высоту прибора  $i_2$  и по рейке берут величину отсчета точки А —  $a$ .

Если визирная ось не параллельна оси уровня и имеет наклон вверх, то вместо отсчетов по рейкам в одних точках будут взяты отсчеты в других точках с ошибкой, равной  $x$ . Абсолютные значения превышения точки В над точкой А при нивелировании с первой станции (нивелир в точке А) —  $h = i_1 + x - b$  и со второй станции (нивелир в точке А)  $h = a - x - i_2$  должны быть равны между собой. Поэтому можно записать равенство  $i_1 + x - b = a - x - i_2$ .

Откуда

$$x = \frac{(a - b) - (i_1 + i_2)}{2}, \quad (26)$$

То есть ошибка в отсчетах из-за непараллельности визирной оси и оси контактного цилиндрического уровня равна полусумме отсчетов по рейкам без полусуммы высот инструмента. Если  $x$  не превышает 4 мм, то условие выполняется. При  $x > 4$  мм оси непараллельны. В этом случае для станции в точке В вычисляется верный отсчет  $a_1 = a - x$ , соответствующий параллельности визирной оси и оси уровня. Вращая элевационный винт, наводят среднюю нить на этот отсчет. При этом концы пузырька уровня в поле зрения трубы разойдутся. Затем открывают крышку, закрывающую исправительные винты цилиндрического уровня, и, вращая вертикальные исправительные винты уровня, точно совмещают изображения концов пузырька в поле зрения трубы. Для контроля поверку повторяют.

3. Сделать выводы.

### **Содержание отчета**

1. Выполнение приемочных поверок нивелира.
2. Выполнение полевых поверок нивелира Н-3.
3. Вывод.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Что такое поверка и юстировка нивелира?
2. Какие виды поверок нивелира вам известны?
3. В чем заключаются приемочные поверки нивелира?
4. Перечислите полевые поверки нивелира в порядке их выполнения.
5. В чем заключаются поверки нивелирных реек?

### 3. Приложения

Таблица 4 ПЗ 1. **Размер прямых, измеренных на местности и плане**

№ варианта	Численный масштаб	Размер прямых, измеренных на местности, (м)		Размер прямых на плане (мм)	
1	1: 10000	815,0	678,0	112	58
2	1: 5000	371,5	295,0	95	63
3	1: 2000	165,5	130,0	84	75
4	1: 1000	84,3	42,85	97	62
5	1: 500	38,25	22,85	106	58
6	1: 10000	838,0	538,0	72	65
7	1: 5000	433,5	198,5	102	79
8	1: 2000	107,4	126,4	96	82
9	1: 1000	73,2	49,6	106	78
10	1: 500	46,85	32,35	111	63
11	1: 10000	742,0	476,0	117	88
12	1: 5000	428,5	262,5	102	66
13	1: 2000	73,8	146,6	98	57
14	1: 1000	97,7	54,5	106	65
15	1: 500	42,15	38,75	99	53
16	1: 10000	758,0	394,0	115	72
17	1: 5000	391,5	417,5	108	85
18	1: 2000	167,4	97,8	93	75
19	1: 1000	75,9	56,8	105	68
20	1: 500	41,35	38,75	96	84
21	1: 10000	719,0	533,0	62	54
22	1: 5000	278,0	434,5	83	60
23	1: 2000	173,0	130,6	96	77
24	1: 1000	83,7	36,6	89	69
25	1: 500	46,85	32,15	105	81
26	1: 10000	915,0	572,0	113	86



#### **4. Литература**

##### **Основные источники:**

1. Волков В. Н., Гучков С. Ф. Геодезия. Учебник. М.: УМК МПС России, 2000.
2. Геодезия. Методическое пособие по проведению практических и лабораторных занятий. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007.
3. Главатских В. А., Донец А. Н. Искусственные сооружения на железных дорогах. Проектирование, Строительство, эксплуатация: Учебное пособие для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. М.: ГОУ "Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте", 2009
4. Прокудин И. В. Организация строительства и реконструкции железных дорог./ Под ред. Прокудин И.В. М.: ГОУ "Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте", 2008
5. Шабалина Л. А., Симонов В.Б. Геодезия: иллюстрированное учебное пособие (альбом). М.: УМК МПС России, 2002

##### **Дополнительные источники:**

1. Власов Д. И., Логинов В. Н. Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах. М.: транспорт, 1968.
2. Кантор И. И. Изыскания и проектирование железных дорог - М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
3. СТН Ц-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ, 1995. – 87 с.
4. Родионов В. И. Геодезия. М.: Недра, 1987
5. Родионов В. И. Задачник по геодезии. М.: Недра, 1988

Интернет-ресурсы:

<http://normativa.ru>

<http://www.regonput.com/attivita.html>

<http://www.sk-info.ru/gost>

<http://www.kodeks-luks.ru>