

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по ПМ. 01 «Монтаж промышленного оборудования  
и пусконаладочные работы»**

**МДК 01.01 «Осуществление монтажных работ промышленного оборудования»**

**Раздел 1 «Подготовка к монтажу промышленного оборудования»**

**Часть 2 (темы 1.7-1.10)**

**для специальности**

**15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт  
промышленного оборудования (по отраслям)  
(ТОП-50)**

**Челябинск, 2021**

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений программой предусматриваются лабораторные и практические работы, которые проводятся после изучения соответствующего учебного материала. Отчетом о выполнении заданий является заполнение рабочей тетради по ПМ. 01 «Монтаж промышленного оборудования и пусконаладочные работы» МДК 01.01 «Осуществление монтажных работ промышленного оборудования» Раздел 1 «Подготовка к монтажу промышленного оборудования» Часть 2 (темы 1.7-1.10) для специальности 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) (ТОП-50)

Лабораторные работы проводятся с использованием приборов - нивелиров: НЗ, 2Н – 10Л, НС 4, VEGA L30; нивелирных реек: РН – 3000, VEGA TS 3М; теодолитов 2Т30, 2Т5К, 4Т30П, VEGA ТЕО – 20; лазерного дальномера Leica Disto <sup>TM</sup> А3.

Для более эффективного использования времени, отводимого для проведения практических и лабораторных занятий, необходимо, чтобы студенты подготовились к работе заранее. Они должны отчетливо представлять себе цель каждого занятия, ее теоретические основы, устройство геодезических приборов, применяемых в работе. Подготовленность обучающихся к проведению занятий должна контролироваться. Чем больше самостоятельности проявит обучающийся при выполнении заданий, тем больше знаний, навыков и умений он получит.

В результате освоения ПМ. 01 «Монтаж промышленного оборудования и пусконаладочные работы» МДК 01.01 «Осуществление монтажных работ промышленного оборудования» Раздел 1 «Подготовка к монтажу промышленного оборудования» Часть 2 (темы 1.7-1.10)

Программой ПМ. 01, разделом 1, МДК 01.01 частью 2, темами 1.7-1.10 предусмотрено выполнение 7 практических и 11 лабораторных работ, рассчитанные на 36 аудиторных часов, направленных на формирование *элементов следующих* компетенций:

ПК 1.1. Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к монтажу.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

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

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

***умений:***

- анализировать техническую документацию на выполнение монтажных работ;
- подбирать оборудование,
- средства измерения в соответствии с условиями технического задания;
- определять целостность упаковки и наличие повреждений оборудования;
- определять техническое состояние единиц оборудования;

- поддерживать состояние рабочего места в соответствии с требованиями охраны труда, пожарной, промышленной и экологической безопасности, правилами организации рабочего места;
- выполнять подготовку сборочных единиц к монтажу;
- контролировать качество выполненных работ;
- выполнять высокоточные геодезические измерения различных видов при построении опорных геодезических сетей.

**обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:**

- основные правила построения чертежей и схем, требования к разработке и оформлению конструкторской и технологической документации;
- основы организации производственного и технологического процессов отрасли;
- требования охраны труда при выполнении монтажных работ;
- требования к планировке и оснащению рабочего места;
- требования технической документации оборудования;
- условная сигнализация при выполнении грузоподъемных работ;
- технический и технологический регламент подготовительных работ;
- геодезические приборы, в том числе электронные и высокоточные;
- содержание камеральных работ;
- назначение геодезического измерения, съемок индивидуальной защиты.

Описание каждого практического занятия содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения задания знания, умения, теоретическое изложение необходимого материала, варианты заданий, описание алгоритма выполнения работы и контрольные вопросы (с целью выявить и устранить недочеты в освоении материала).

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам МДК 01.01 «Осуществление монтажных работ промышленного оборудования» в конце методических рекомендаций приведена литература.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Наименование практических работ	Количество часов на выполнение работы
1	Решение задач на масштабы.	2
2	Определение высот точек. Вычисление уклона линии и построение профиля.	2
3	Вычислительная обработка теодолитного хода	2
4	Нанесение точек теодолитного хода на план	2
5	Вычисление отметок поверхности фундамента.	2
6	Вычислительная обработка журнала нивелирования опорных поверхностей.	2
7	Составление профиля по оси опорных поверхностей.	2
8	Вынос в натуру проектные элементы.	2
9	Передача отметки с исходного на монтажный горизонт	2
10	Определение высоты труднодоступной точки.	2
11	Определение вертикальности конструкции.	2
	<b>Итого</b>	<b>22</b>

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Количество часов на вы- полнение работы
1	Работа с теодолитом. Выполнение проверок теодолита.	2
2	Измерение горизонтального угла	2
3	Измерение вертикального угла, расстояния	2
4	Работа с нивелиром. Выполнение проверок нивелира.	2
5	Определение превышения способом геометрического нивелирования.	2
6	Определение превышения способом тригонометрического нивелирования.	2
7	Измерения современными приборами.	2
	<b>Итого</b>	<b>14</b>

# **ИНСТРУКЦИЯ**

## **по технике безопасности при выполнении лабораторных и практических работ**

При выполнении практических и лабораторных работ студенты должны соблюдать следующие правила техники безопасности:

1. Студент, находясь в лаборатории, должен быть предельно дисциплинированным и внимательным, беспрекословно выполнять все указания преподавателя.

2. Перед началом работы с инструментами и приборами внимательно изучите их устройство и инструкции по их пользованию.

3. Не разрешается разбирать приборы и инструменты.

4. Не допускается безответственного обращения с приборами.

5. Не разрешается прямое наведение лазерных приборов на солнце, намеренное ослепление третьих лиц.

6. Не используйте лазерные приборы вблизи от самих себя в течение длительных периодов времени.

7. Нацеливание телескопического визира лазерного прибора непосредственно на солнце или на отраженный лазерный луч (отраженный от металлических или зеркальных поверхностей и т.п.) может повредить Ваши глаза.

8. О всех замеченных случаях неисправности в работе приборов и нарушения правил техники безопасности студент должен немедленно сообщить преподавателю.

9. Если произошел несчастный случай, то следует немедленно сообщить об этом преподавателю.

## ***Практическая работа № 1 « Решение задач на масштабы»***

### ***Цель работы:***

- 1. Научиться определять длины отрезков на плане в мерах длины на местности и откладывать заданные длины на плане.*
- 2. Развить навыки выполнения метрических измерений на топографическом плане (карте).*
- 3. Научиться рассчитывать точность масштаба.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности;*
- рабочая тетрадь.*

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** суть геодезических понятий: масштаб, точность масштаба, карта, план, горизонтальное проложение.

**уметь:** определять длины отрезков на плане в мерах длины на местности и откладывать заданные длины на плане, выполнять метрические измерения.

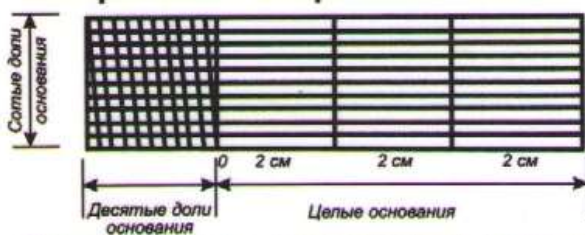
## **Методика выполнения работы**

Размеры участков земной поверхности и предметов, на них расположенных,

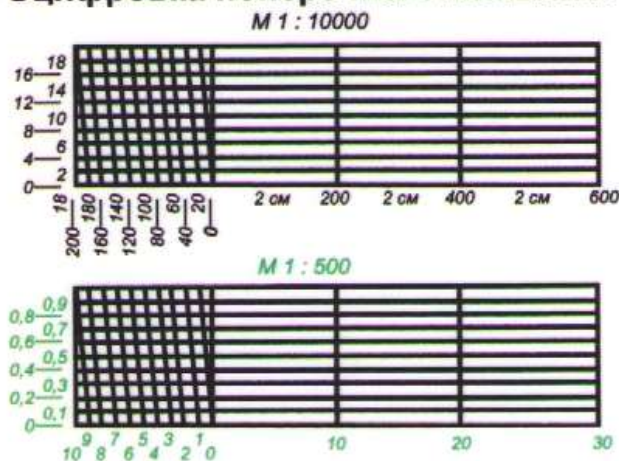
так велики, что они не могут быть изображены на бумаге без соответствующего уменьшения. Чтобы изображение местности на плане было подобно самой местности, все горизонтальные проекции линий местности изображают на плане уменьшенными в одинаковое число раз. Степень такого уменьшения называется масштабом плана.

1. Определить по диаграмме поперечного масштаба длину отрезка на плане в мерах длины на местности в масштабе 1:500.

### Построение поперечного масштаба



### Оцифровка поперечного масштаба



### Установка раствора циркуля-измерителя

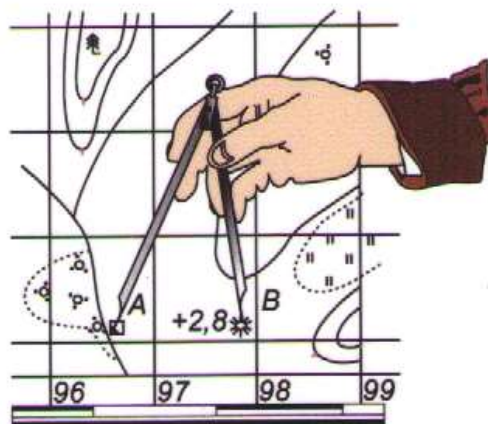


Рисунок 1- Диаграмма поперечного масштаба

Поперечный масштаб применяют для измерений и построений повышенной точности. Обычно поперечный масштаб гравировывают на металлических пластинах, линейках, или на транспортирах, а также он может быть построен на чертеже для заданного числового масштаба.

Поперечный масштаб строят следующим образом. На прямой линии откладывают несколько раз основание масштаба равное 2см, называемое основанием масштаба. Первое основание делят на 10 равных частей и на правом конце его пишут нуль, а на левом – то число метров или километров, которому на местности соответствует в данном масштабе основание. Вправо от нуля над каждым делением надписывают значения соответствующих расстояний на местности (см. рисунок 1). Из каждой точки подписанного деления восставляют перпендикуляры, на которых откладывают десять отрезков, равных десятой доли основания. Через точки, полученные на перпендикулярах, проводят прямые линии, параллельные основанию. Верхнюю линию над первым основанием делят также на десять равных частей. Полученные точки верхних и нижних делений на первом отрезке соединяют, как показано на рисунке 1. Полученные ли-



нии называются трансверсалими. Расстояние между смежными трансверсалими составляют десятую долю основания, а между нулевой вертикальной линией и смежной с ней трансверсалью – от одной сотой доли до десятой.

Длину линии на плане берут в раствор циркуля и переносят его на нижнюю линию масштаба. Если иглы ножек циркуля точно совпадают с делениями масштаба, делают отсчет расстояния.

Если ножки циркуля не точно совпадают с делением масштаба, его перемещают вверх от одной параллели к другой, пока игла левой ножки будет точно лежать на наклонной прямой, а игла правой ножки – на вертикали справа от нуля или на нуле.

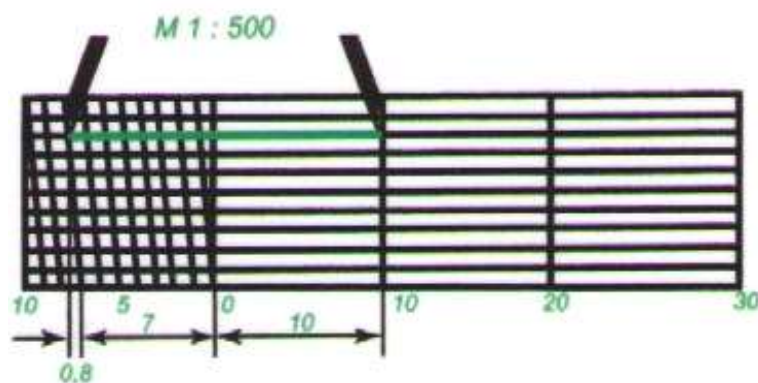


Рисунок 2- Длина отрезка на плане в мерах длины на местности

Длина отрезка на плане в мерах длины на местности (см. рисунок 2) в масштабе 1: 500 составляет 17,8 м.

2. Отложить заданную длину на диаграмме поперечного масштаба.

Требуется на план масштаба 1: 2000 наложить линию местности, равную 110,8 м (см. рисунок 3). Рассуждаем так. Вправо от нуля до второй вертикали имеем 80 м, семь делений слева от нуля дают  $(7 \cdot 4)$  28 м; 2,8 м получим, поднимаясь вверх по наклонной прямой до седьмой горизонтали  $(7 \cdot 0,4)$ . Поставим на этой горизонтали иглы ножек циркуля, получим в растворе циркуля отрезок на плане, равный 110,8 м на местности. Не меняя раствора циркуля, этот отрезок и накладываем на план.

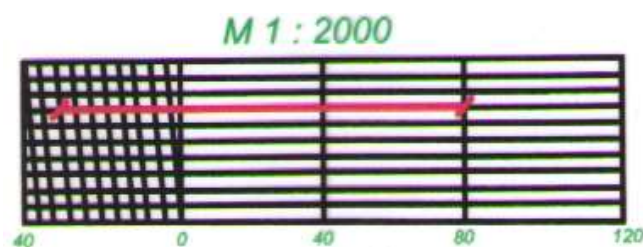


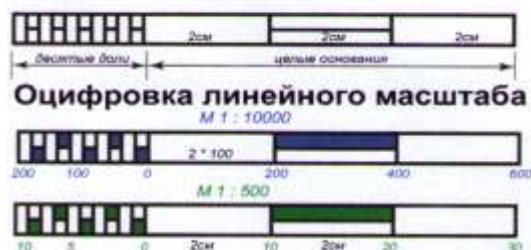
Рисунок 3- Линия местности

3. Определить длину отрезка по диаграмме линейного масштаба в мерах длины на местности, в масштабе 1: 500, 1: 10000.

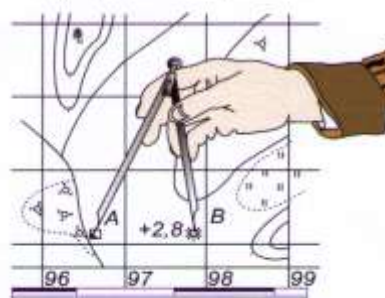
Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которой отложен ряд равных отрезков, называемых основанием масштаба. Чаще всего основание масштаба принимают равным 2 см.

Масштаб строят так. Проводят прямую, на ней откладывают несколько отрезков, равных 2 см. Первый отрезок делят на 10 частей. В конце каждого основания справа и слева от нуля подписывают длину линии соответственно численному масштабу (рисунок 4).

#### Построение линейного масштаба



#### Установка раствора циркуля-измерителя



#### Отсчеты по диаграмме масштаба

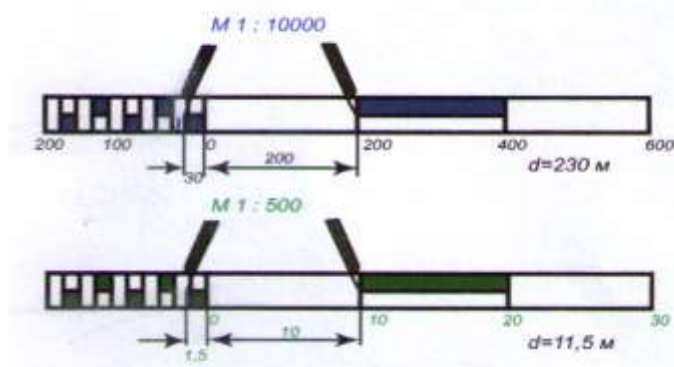


Рисунок 4- Линейный масштаб

Пусть требуется по карте определить расстояние между точками А и В. Устанавливают циркуль на карте так, чтобы игла одной его ножки была в точке А, второй – в точке В. Затем раствор циркуля прикладывают к линейному масштабу так, чтобы правая ножка совпала с делением основания, а левая ножка попала на левое основание, по которому и делают отчет расстояния. Отрезки на плане, которые больше длины линейного масштаба, измеряют по частям.

Длина отрезка на плане в мерах длины на местности (см. рисунок 4) в масштабе 1: 500 составляет 11,5 м; в масштабе 1:10000 составляет 230 м.

4. Определить размеры спортивной площадки, расположенной на топографическом плане № 1. Масштаб плана 1: 2000

ДАНО: РЕШЕНИЕ:

$$Sp_1 = 19 \text{ мм.} \quad S_{m1} = Sp_1 \cdot m$$

$$Sp_2 = 11 \text{ мм.} \quad S_{m2} = Sp_2 \cdot m$$

М 1 : 2000

НАЙТИ:

$$S_{m1} = ? \quad S_{m1} = 19 \cdot 2000 = 38000 \text{ мм} = 38 \text{ м}$$

$$S_{m2} = ? \quad S_{m2} = 11 \cdot 2000 = 22000 \text{ мм} = 22 \text{ м}$$

ОТВЕТ: Спортивная площадка имеет размеры  
на местности 38; 22 м.

5. Вычертить в отведенном месте в масштабе 1: 2000 здание с размерами на местности 20х20 м:

Ширина и длинна здания на местности составляет 20 м. Найти величину изображения этого здания на чертеже масштаба 1: 2000.

$$S_p = 20 \text{ м} / 2000 = 0,01 \text{ м} = 10 \text{ мм.}$$

6. Определите точность масштабов:

Точность масштаба имеет большое практическое значение.

По точности масштаба устанавливают, при изображении каких объектов на плане можно сохранить подобие, какие объекты в данном масштабе не изображаются.



Например, объекты размером менее 2,5 м не могут быть нанесены на план масштаба 1: 25000, их опускают или изображают внемасштабными условными знаками.

Точность масштаба 1: 25000 равна 2,5 м.

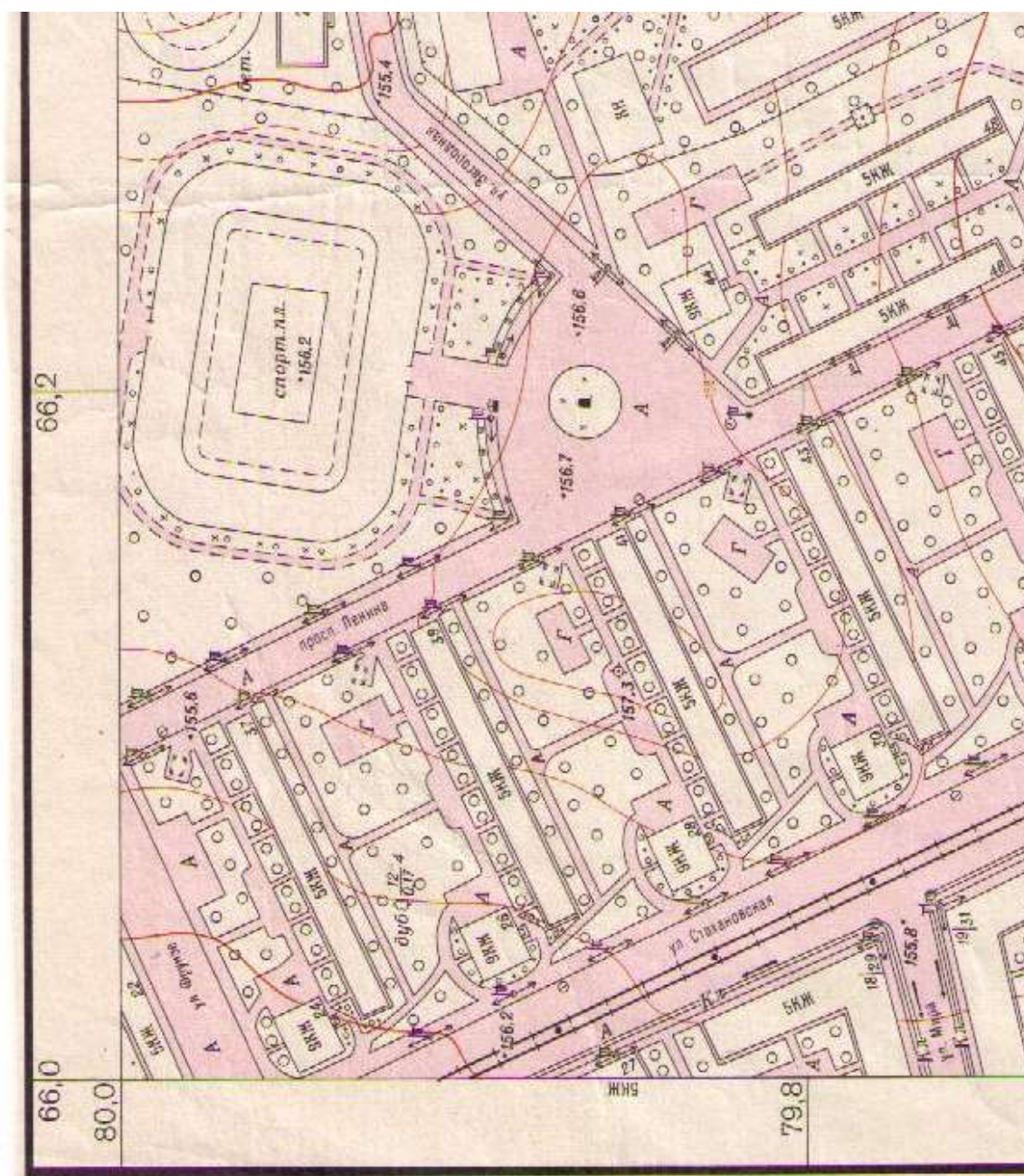
Расчет можно вести следующим образом:

В 1 см – 250 м;

В 1 мм – 25 м;

В 0,1 мм – 2,5 м или  $tm = 0,1 \text{ мм} * 25000 = 2,5 \text{ м}$ .

Топографический план № 1



## ***Практическая работа № 2 « Определение высот точек. Вычисление уклона линии и построение профиля»***

### ***Цель работы:***

- 1. Развить навыки чтения рельефа.*
- 2. Научиться определять высоту сечения рельефа; высоты точек, лежащих между горизонталями; уклоны линий.*
- 3. Развить навыки построения продольного профиля по линии заданной на учебном плане.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности;*
- рабочая тетрадь.*

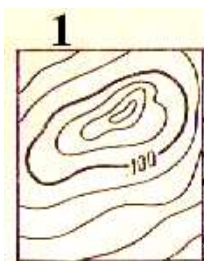
### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** суть геодезических понятий: высота точки, высота сечения рельефа профиль, горизонталь, уклон; изображение основных форм рельефа горизонталями.

**уметь:** определять: высоты точек, лежащих между горизонталями; высоту сечения рельефа; вычислять уклон линии; строить продольный профиль по заданному направлению.

### **Методика выполнения работы**

1. Подпишите название формы рельефа:



1 - гора

Изображение основных форм рельефа представлено на рисунке 5.

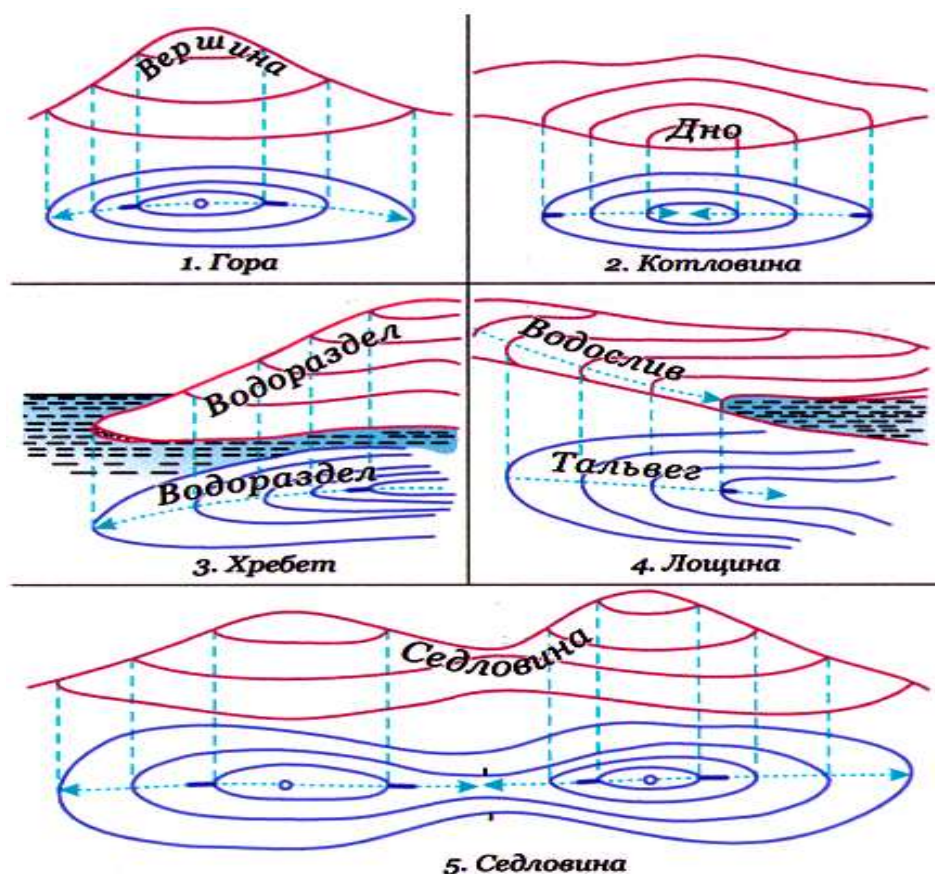
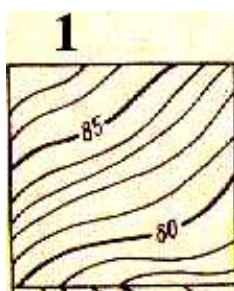


Рисунок 5- Изображение основных форм рельефа горизонталями

2. Дан план с горизонталями. Определите высоту сечения рельефа:



1 – 1 м.

При высоте сечения 0,5 и 1 м утолщают каждую горизонталь, кратную 5 м (5, 10 ..., 115, 120 м и т.д.), при сечении рельефа через 2,5 м – горизонтали, кратные 10 м (10, 20, ..., 100 м и т. д.), при сечении 5 м утолщают горизонтали, кратные 25 м.

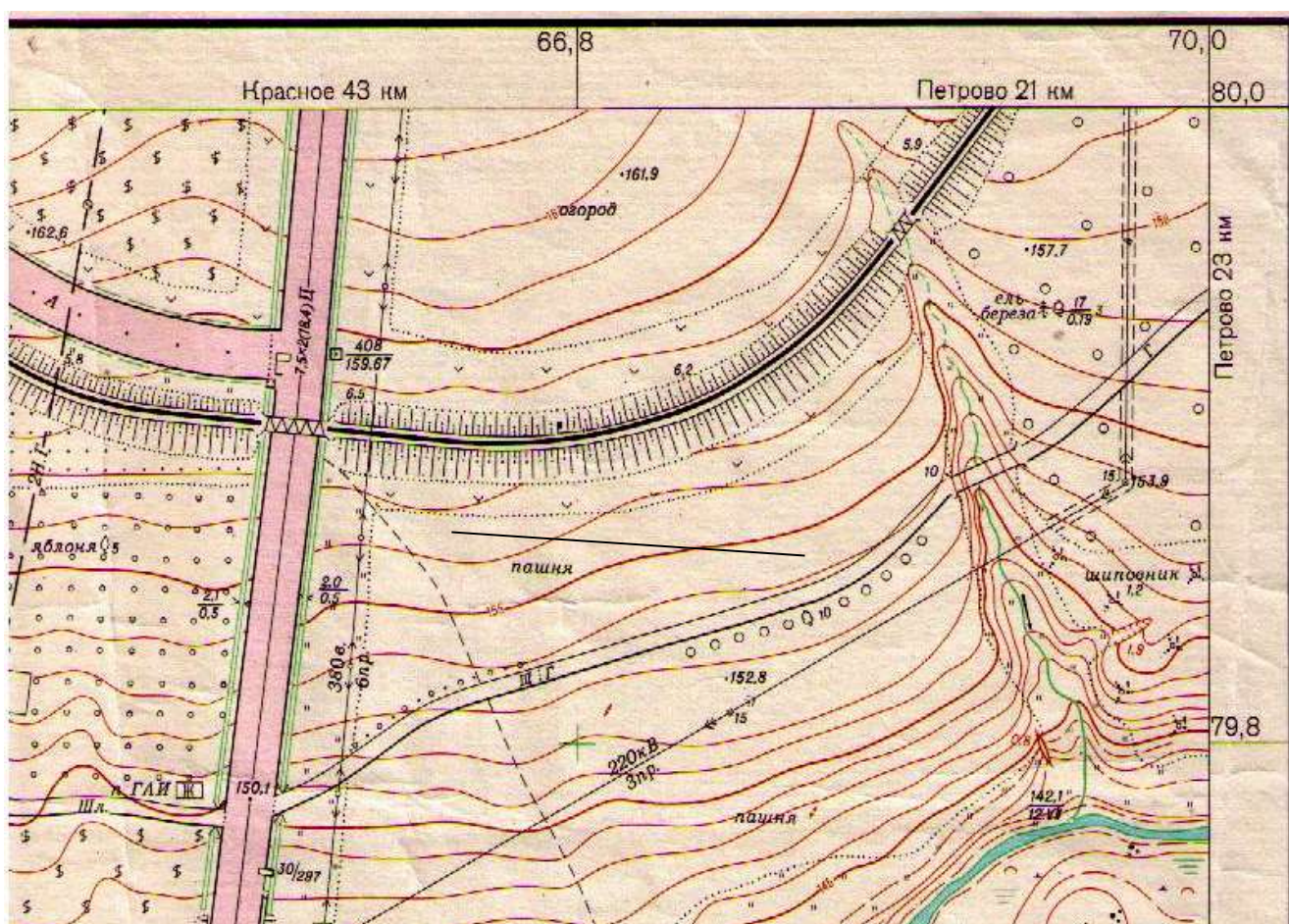


Для определения высоты рельефа в разрывах утолщенных и некоторых других горизонталей подписывают их отметки. При этом основания цифр отметок горизонталей ставят в сторону понижения ската.

3. Определить на топографическом плане № 2 отметки т.1 и т.2.

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Когда точка находится между горизонталями с разными высотами, ее отметка определяется интерполированием (нахождением промежуточных значений величин). Т.1 и т.2 расположены между горизонталями. Поэтому чтобы определить отметки этих точек необходимо через т.1 и т.2 провести прямую линию от наименьшей горизонтали данной точки до наибольшей.

Топографический план № 2



- отметка т. 1 определяется по формуле:

$$H_1 = H_{\text{мг.}} + h \cdot (c / d), \quad (1)$$

где  $H_{\text{мг.}}$  – отметка малой горизонтали;

$h$  - высота сечения рельефа;

$c$  - расстояние от т. 1 до малой горизонтали;

$d$  - расстояние между горизонталями.

Исходные данные т. 1:

$H_{\text{мг.}} = 156$  м;

$h = 1$  м;

$c = 3$  мм на плане;

$d = 7$  мм на плане.

Если  $M 1 : 2000$ , то  $c = 3$  мм на плане = 6 м на местности

$d = 7$  мм на плане = 14 м на местности

$$H_1 = 156 + 1 \cdot (6 / 14) = 156,43 \text{ м}$$

- отметку т. 2 определяем аналогично определению отметки т. 1

Исходные данные т. 2:

$H_{\text{мг.}} = 154$  м;

$h = 1$  м;

$c = 2$  мм на плане;

$d = 6$  мм на плане.

Если  $M 1 : 2000$ , то  $c = 2$  мм на плане = 4 м на местности

$d = 6$  мм на плане = 12 м на местности

$$H_2 = 154 + 1 \cdot (4 / 12) = 154,33 \text{ м.}$$

4. Определяем уклон линии по формуле:



$$i_{12} = (H_2 - H_1) / d \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $d$  – заложение, которое на плане равно 38 мм, на местности 76 м.

$$i_{21} = (H_1 - H_2) / d \cdot 100\% \quad (3)$$

$$i_{12} = (154,33 - 156,43) / 76 \cdot 100 \% = - 2,76 \% = - 27,6 \text{ ‰}$$

$$i_{21} = (156,43 - 154,33) / 76 \cdot 100 \% = 2,76 \% = 27,6 \text{ ‰}$$

5. Построить профиль местности по заданному на карте направлению. Профилем называется чертеж, изображающий вертикальный разрез местности в уменьшенном виде. Физическая поверхность Земли в большинстве случаев имеет плавное, криволинейное очертание. Профиль вычерчивается в виде ломаных линий по отметкам характерных точек местности. Рассмотрим построение профиля на конкретном примере. Пусть требуется построить профиль местности по линии АВ. Для этого линию АВ переносят в масштабе карты на бумагу и отмечают на ней точки 1, 2, 4, 5, 7, 9, в которых она пересекает горизонтали, а также характерные точки рельефа (3, 6, 8). Линия АВ служит основанием профиля. Взятые с карты отметки точек откладывают на перпендикулярах (ординатах) к основанию профиля в масштабе, в 10 раз превышающем горизонтальный масштаб. Полученные точки соединяют плавной линией. Обычно ординаты профиля уменьшают на одну и ту же величину, т.е. строят профиль не от нуля высот, а от условного горизонта УГ (на рисунке 6 за условный горизонт принята высота, равная 100 м)

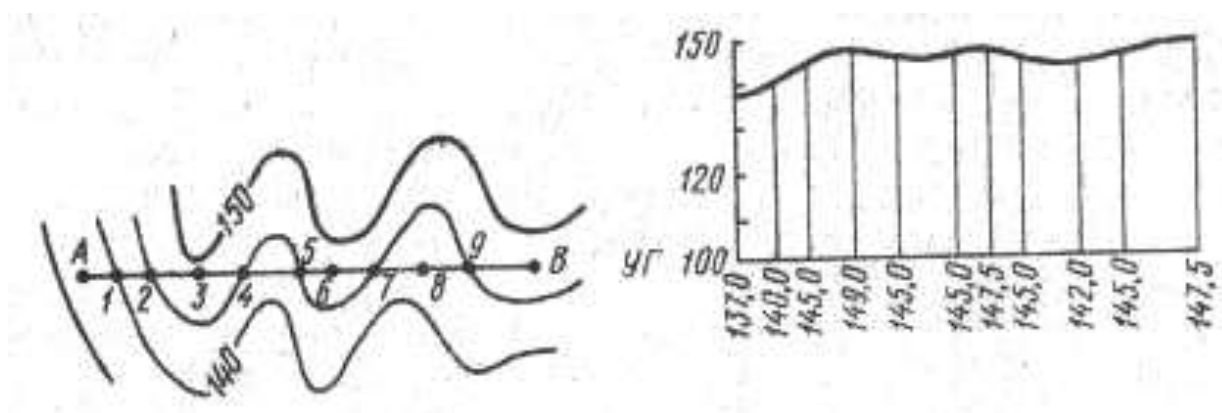


Рисунок 6- Ординаты профиля

## ***Лабораторная работа № 1 « Работа с теодолитом. Выполнение поверок теодолита»***

### ***Цель работы:***

- 1. Изучить теодолит.*
- 2. Развить навыки обращения с теодолитом: технику наведения, взятия отсчетов.*
- 3. Научиться выполнять поверки теодолита.*

### ***Обеспечение:***

- теодолит;*
- рабочая тетрадь;*
- штатив;*
- визирные цели;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### ***В результате выполнения лабораторной работы студент должен:***

**знать:** устройство теодолита, методику наведения теодолита на визирную цель и взятие отсчетов.

**уметь:** обращаться с теодолитом, выполнять поверки теодолита.

### **Методика выполнения работы.**

1. Подготовить теодолит к работе (см. рисунок 7).

До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами.

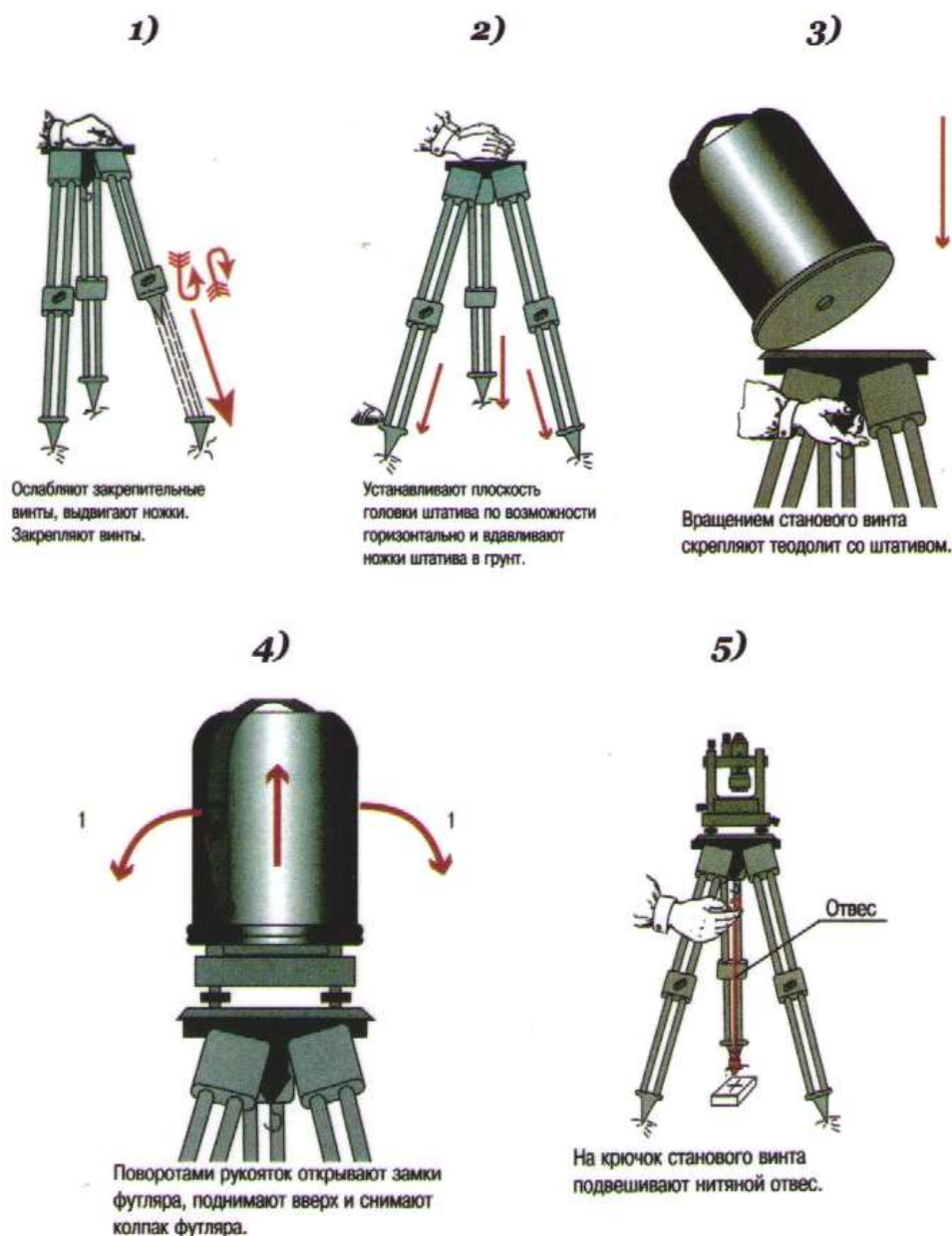
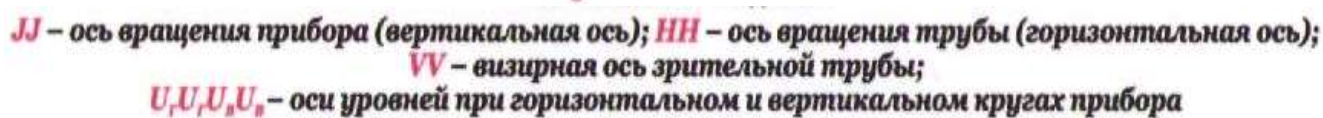


Рисунок 7- Теодолит

2. Перед началом измерений теодолитом выполняют проверки с целью выявления постоянства геометрических условий, и если обнаруживается, что то или иное геометрическое условие не выполняется, производят юстировку (регулировку) прибора.

Если теодолит получен с завода, после ремонта, от другого специалиста, до ввода теодолита в эксплуатацию выполняют проверки. В процессе проверок удостоверяются в правильном взаимном положении осей прибора (оси представлены на рисунке 8).



Последовательность поверок теодолита следующая:

Поверните алидаду так, чтобы ось уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и вращением этих винтов в противоположных направлениях выведите пузырек уровня на середину. Поверните алидаду на  $90^0$  и третьим подъемным винтом установите пузырек уровня на середину. Затем поверните алидаду на  $180^0$  и оцените смещение пузырька от среднего положения. Если отклонение больше одного деления, выполните юстировку (половину смещения исправьте подъемным винтом подставки, вторую половину юстировочными винтами).

Зрительную трубу наводят на отвес, находящийся на расстоянии 2-10 м от теодолита. При несовпадении вертикальной нити сетки с нитью отвеса снимают с окуляра колпачек, ослабляют винты корпуса сетки и разворачивают окулярную часть до совпадения вертикальной линии сетки с отвесом. Закрепляют винты и повторяют поверку.

3. Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к ее горизонтальной оси вращения HH (коллимационная ошибка).

Уклонение визирной оси от перпендикулярного ее положения к оси вращения трубы называется коллимационной ошибкой.

Для выявления коллимационной ошибки необходимо:

а) навести зрительную трубу при положении теодолита «круг слева» на визирную цель, удаленную не менее чем на 50 м, направление на которую горизонтально (отклонение не более  $2^0$ ) и снимите показание КЛ<sub>1</sub> с горизонтального лимба;

б) повторить наведение при положении теодолита «круг справа» и снять показание КП<sub>1</sub>;

в) освободить закрепительный винт горизонтального круга, поверните теодолит на  $180^0$  и снова закрепите;

г) навести зрительную трубу на ту же цель при двух положениях теодолита и снять показания КЛ<sub>2</sub> и КП<sub>2</sub>

Величину коллимационной ошибки вычислить по формуле:

$$C = 0,25 [(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^0) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^0)] \quad (4)$$

$$C = 0,25 [(242^014' - 62^015' - 180^0) + (60^035' - 240^035' + 180^0)] = - 0'25''$$

Если среднее арифметическое значение коллимационной погрешности превышает  $1'$

Для исправления коллимационной ошибки необходимо:

а) снять колпачек, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей, навести зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимите показания КЛ (или КП) по горизонтальному кругу;

б) вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле:

$$КЛ_{исп} = КЛ - C \text{ или} \quad (5)$$

$$КП_{исп} = КП + C \quad (6)$$

и установите его на горизонтальном круге;

в) переместить юстировочными винтами сетку нитей до совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки.

#### *4. Определение места нуля вертикального круга.*

Условие в данной поверке состоит в том, чтобы добиться отсчета по вертикальному лимбу, равного нулю, если пузырек уровня будет на середине, а визирная ось зрительной трубы - совпадать с горизонтальной плоскостью.

Практически визирная ось зрительной трубы, как правило, не совпадает с горизонтальной плоскостью теодолита при установке нулевого отсчета по вертикальному лимбу, и этот угол несовпадения называют *местом нуля* (МО)

Место нуля вертикального круга (лимба) определяется визированием на одну и ту же точку при двух положениях круга и вычисляется по формуле

$$МО = 0,5 (КЛ + КП) \quad (7)$$

$$МО = 0,5 \cdot (-3^{\circ} 10' + 3^{\circ} 12') = +0^{\circ} 01'$$

Для исправления места нуля вертикального круга необходимо:

а) снять колпачек, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей, навести зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимите показания КЛ (или КП) по вертикальному кругу;

б) вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле:

$$КЛ_{исп} = КЛ - МО \quad \text{или} \quad (8)$$

$$КП_{исп} = КП - МО \quad (9)$$

и установите его на вертикальном круге;

в) переместить юстировочными винтами сетку нитей до совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки.

При юстировке места нуля необходимо следить за положением пузырька уровня и в случае смещения выведите его в среднее положение подъемными винтами подставки.

*5. Горизонтальная ось вращения трубы НН должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита JJ.*

При этом трубу наводят на предмет, расположенный под углом 30-50° над горизонтом; переводят трубу вниз на поверхность стены, фанеры или доски, и

помощник карандашом отмечает проекцию точкой. Затем переводят трубу через зенит, поворачивают теодолит на  $180^0$ , наводят перекрестие сетки снова на ту же верхнюю точку. Визируют трубу вниз. Если ранее отмеченная точка не выходит за пределы биссектора (два параллельных штриха для наведения на тонкие или удаленные предметы) сетки, то наклон горизонтальной оси допустим. В противном случае теодолит необходимо отправить на завод для юстировки.

### 3. Установить визирную цель и навести на нее зрительную трубу.

Так как непосредственное визирование на точку, закрепленную в грунте знаком, бывает затруднено из-за неровностей местности и растительности, над знаком устанавливают визирные цели – марки, вехи, шпильки.

Поле зрения трубы при наведении на веху (изображение перевернуто) и установка визирной цели представлено на рисунке 9.



Рисунок 9- Установка визирной цели

### 4. Снять показания лимба горизонтального и вертикального круга (см. рис. 10).

Показания лимба горизонтального круга  $125^{\circ} 06'$ , лимба вертикального круга -  $0^{\circ} 26'$  (см. рис. 10А для теодолита 2Т30).

Показания лимба горизонтального круга  $70^{\circ} 05'$ , лимба вертикального круга -  $358^{\circ} 48'$  (см. рис. 10Б для теодолита Т30).

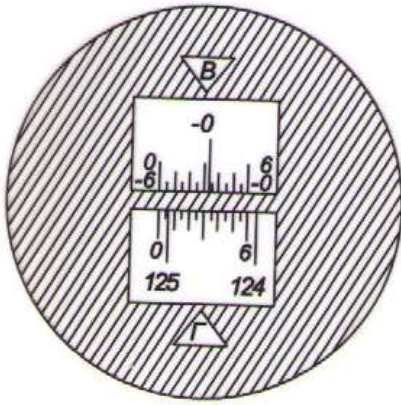


Рисунок 10 А-  
Показания лимба  
для теодолита 2Т30

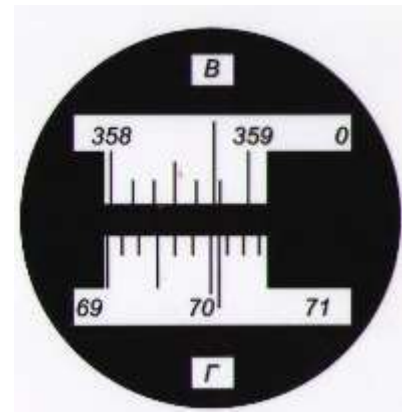


Рисунок 10 Б -  
Показания лимба  
для теодолита Т30



## ***Лабораторная работа №2 «Измерение горизонтального угла»***

### ***Цель работы:***

- 1. Развить навыки измерения горизонтального угла.*
- 2. Научиться вести полевой журнал и выполнять контроль измерений.*

### ***Обеспечение:***

- теодолиты 2Т30, 4Т30П;*
- штатив S6;*
- отвес;*
- визирные цели;*
- рабочая тетрадь;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### **В результате выполнения лабораторной работы студент должен:**

**знать:** порядок измерений горизонтального угла, алгоритмы вычислительной обработки измерений.

**уметь:** использовать теодолит для измерения горизонтального угла.

### **Методика выполнения работы**

Горизонтальный угол – это ортогональная проекция пространственного угла на горизонтальную плоскость.

1. Подготовить теодолит к работе и привести его в рабочее положение. Это складывается из установки теодолита на штатив, центрирования теодолита (при помощи нитяного отвеса), нивелирования теодолита (приведение его вертикальной оси в отвесное положение) и установки зрительной трубы для наблюдения.
2. Над наблюдаемыми точками устанавливают визирные цели – вешки, мерные шпильки или специальные визирные марки (см. рисунок 11).

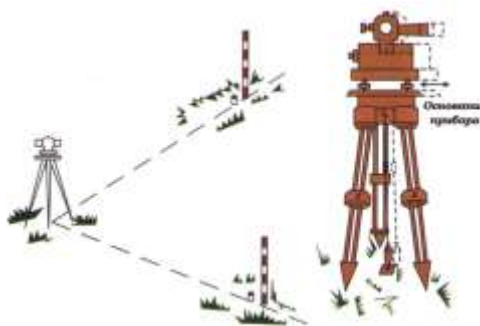


Рисунок 11- Специальные визирные марки

3. Для измерения горизонтальных углов применить способ приемов.

Теодолит установить в рабочее положение в вершине А угла и, закрепив лимб, навести трубу на «заднюю» точку С (см. рисунок 12). Пользуясь микрометрическими винтами алидады горизонтального круга и зрительной трубы, совмещают перекрестие сетки нитей с наблюдаемой целью и берут отсчеты по горизонтальному кругу. Далее открепляют алидаду, визируют на «переднюю» точку В и, проделав аналогичные операции, получают новые отсчеты.

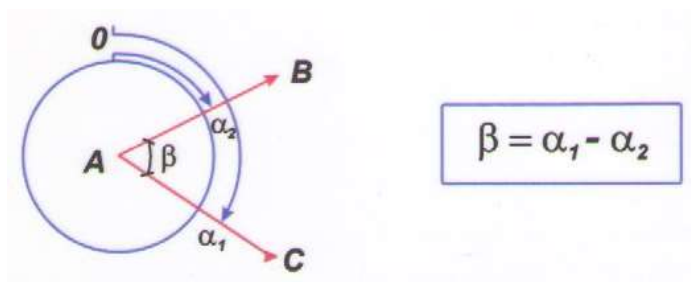


Рисунок 12- Отсчеты по горизонтальному кругу

Величина измеряемого угла  $\beta$  будет  $\beta = \alpha_1 - \alpha_2$ .

Следует помнить, что, вычитая из отсчета  $\alpha_1$  на «заднюю» по ходу точку отсчет  $\alpha_2$  на «переднюю» по ходу точку, получают значение угла  $\beta$  вправо по ходу лежащего.

Такое измерение угла называется *полуприемом*. Для ослабления влияния инструментальных погрешностей угол  $\beta$  измеряют и при другом положении вертикального круга (переводят трубу через зенит), предварительно сместив лимб на угол, близкий к  $90^\circ$ . Два полуприема (КП и КЛ) измерения угла составляют один полный прием.

Расхождение результатов измерения между первым и вторым полуприемами не должно превышать двойной точности прибора.

4. Данные по измерению горизонтального угла занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Данные по измерению горизонтального угла

№ станции	Положение круга	№ точки	Отсчеты по горизонтальному кругу	Угол $\beta$	$\beta_{\text{ср}}$
I	КЛ	С	313°31'	64°45'	64°44'30"
		В	248°46'		
	КП	С	133°30'	64°44'	
		В	68°46'		

$$\beta_{\text{КЛ}} = \alpha_{1\text{КЛ}} - \alpha_{2\text{КЛ}} = 313^{\circ}31' - 248^{\circ}46' = 64^{\circ}45'$$

$$\beta_{\text{КП}} = \alpha_{1\text{КП}} - \alpha_{2\text{КП}} = 133^{\circ}30' - 68^{\circ}46' = 64^{\circ}44'$$

$$\beta_{\text{ср}} = (\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}}) / 2 = (64^{\circ}45' + 64^{\circ}44') / 2 = 64^{\circ}44'30''$$

### ***Лабораторная работа № 3 «Измерение вертикального угла, расстояния»***

#### ***Цель работы:***

- 1. Развить навыки измерения вертикального угла, расстояния по дальномеру.*
- 2. Научиться вести полевой журнал и выполнять контроль измерений.*

#### ***Обеспечение:***

- теодолиты 2Т30, 4Т30П;*
- штатив S6;*
- отвес;*
- визирные цели;*
- рабочая тетрадь;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

#### **В результате выполнения лабораторной работы студент должен:**

**знать:** порядок измерений вертикального угла, порядок измерения расстояния по дальномеру, алгоритмы вычислительной обработки измерений.

**уметь:** использовать теодолит для измерения вертикального угла и расстояния по дальномеру.

### **Методика выполнения работы**

Вертикальным углом, или углом наклона, называется угол, составленный воображаемой линией горизонта и линией визирования на данный предмет. Если направление на предмет лежит выше линии горизонта, угол наклона считается положительным, если ниже – отрицательным.

1. Подготовить теодолит к работе и привести его в рабочее положение. Это складывается из установки теодолита на штатив, центрирования теодолита (при помощи нитяного отвеса), нивелирования теодолита (приведение его вертикальной оси в отвесное положение) и установки зрительной трубы для наблюдения.

2. Над наблюдаемыми точками устанавливают визирные цели – вешки, мерные шпильки или специальные визирные марки (см. рисунок 11).

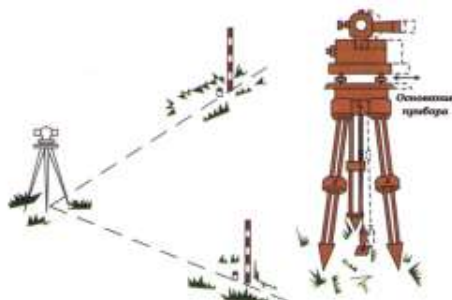


Рисунок 11- Специальные визирные марки

3. Навести зрительную трубу на визирную цель и снять отсчеты по вертикальному кругу при КП и КЛ. По снятым отсчетам определить угол наклона и «место нуля» (см. рисунок 13).

Поскольку горизонтальному положению визирной оси, как правило, соответствует отсчет по вертикальному кругу, не равный «нулю», то и приходится определять «место нуля», т.е. тот отсчет, который соответствует горизонтальному положению визирной оси.

*Местом нуля* называется отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси при нахождении пузырька цилиндрического уровня вертикального круга на середине.

### Измерение вертикального угла

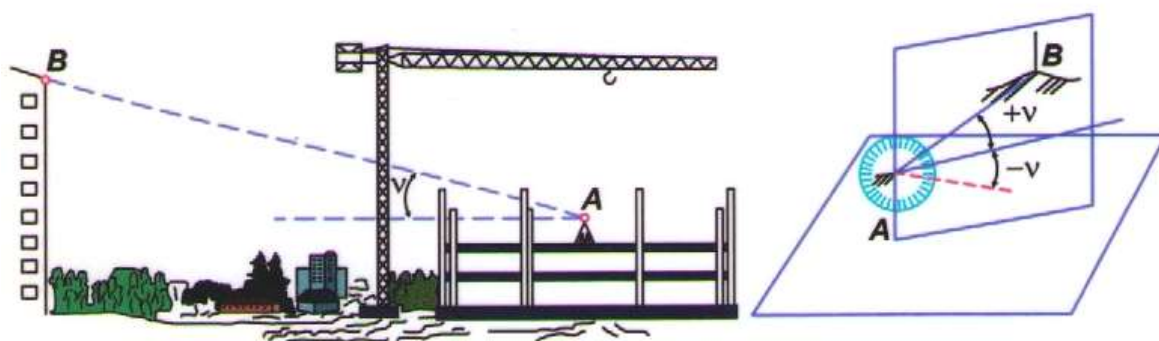


Рисунок 13- Измерение вертикального угла

4. Данные по измерению вертикального угла занести в таблицу 2.

Таблица 2- Данные по измерению вертикального угла

Точки наблюдения	Положение круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	$v_{\text{ср}}$
В	КЛ	+ 7° 15'	+0° 00'30"	+7°14'30"
	КП	- 7° 14'		

В теодолитах 2Т30П, 4Т30П градусные деления вертикального круга разделены на четыре сектора, каждый оцифрован от 0° до 90° с указанием знака «минус» для отрицательных углов наклона, а формулы для вычисления значений МО и  $v$  имеет вид

$$\text{МО} = (\text{КЛ} + \text{КП}) / 2;$$

$$v = \text{КЛ} - \text{МО};$$

$$v = \text{МО} - \text{КП};$$

$$v = (\text{КЛ} - \text{КП}) / 2.$$

*Пример.* При визировании на точку М теодолитом 2Т30П, 4Т30П получены отсчеты по вертикальному кругу Л = - 3° 10', П = +3° 12'. Вычислить угол наклона.

*Решение.*  $\text{МО} = (\text{Л} + \text{П}) / 2 = (- 3^\circ 10' + 3^\circ 12') / 2 = +0^\circ 01'$ ;  $v = \text{Л} - \text{МО} = - 3^\circ 10' - 0^\circ 01' = - 3^\circ 11'$ .

Контроль  $v = \text{МО} - \text{П} = -3^\circ 11'$ .

При измерении вертикальных углов колебания величины МО не должны превышать 2t – двойной точности отсчетного устройства (1' в теодолитах Т30). из полученных величин МО используется среднее.

5. Измерить расстояние при помощи нитяного дальномера теодолита (см. рис. 14, 15).

5. Дальномеры служат для определения расстояний без непосредственного измерения их мерными приборами (лентой, рулеткой).

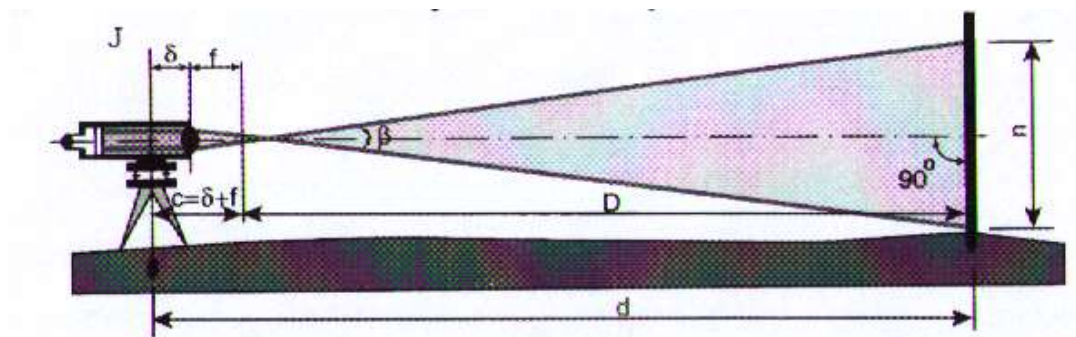


Рисунок 14- Схема определения расстояния

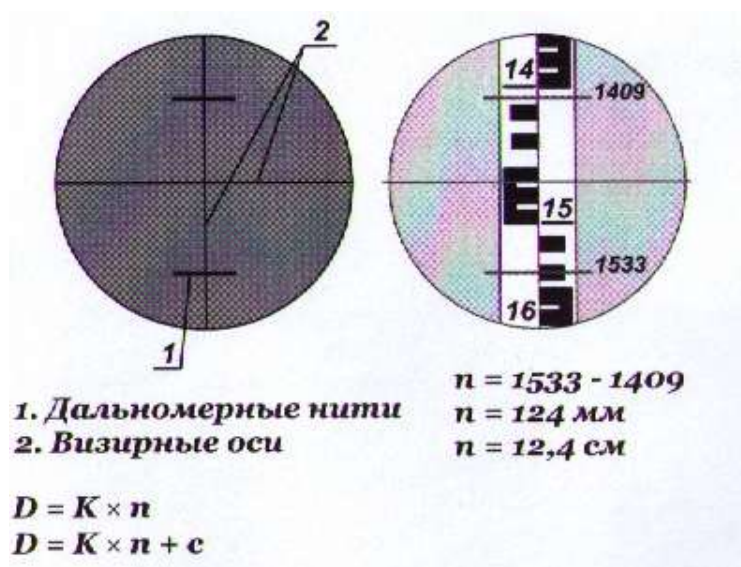


Рисунок 15- Поле зрения трубы

где K- коэффициент дальномера равный 100

c- близка к нулю

n – отсчет по рейке выраженный в см.

$$D = 100 \cdot 12,4 = 1240 \text{ см.} = 12,4 \text{ м}$$

## ***Лабораторная работа № 4 «Работа с нивелиром. Выполнение поверок нивелира»***

### ***Цель работы:***

- 1. Изучить нивелир.*
- 2. Развить навыки выполнения поверок нивелира.*
- 3. Научиться определять превышения на станции и обрабатывать результаты нивелирования.*

### ***Обеспечение:***

- нивелир;*
- штатив;*
- нивелирная рейка;*
- визирные цели.*

### ***В результате выполнения лабораторной работы студент должен:***

**знать:** устройство нивелира, порядок определения превышений на станции геометрического нивелирования; алгоритмы вычислительной обработки измерений.

**уметь:** использовать нивелир для измерения превышений; контролировать измерения.

## **Методика выполнения работы**

Нивелирование – вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также их высоты над принятой уровенной поверхностью. Нивелирование производят для изучения форм рельефа: определения высот точек при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и инженерных сооружений. Нивелиром называют геодезический инструмент, визирная ось трубы которого в рабочем положении горизонтальна.

- 1. Установить нивелир на штатив.**



До начала работ нивелир вынимают из укладочного ящика и укрепляют на штативе станковым винтом. Выдвигая и убирая ножки штатива, устанавливают его головку «на глаз» в горизонтальное положение.

## 2. Выполнить проверки нивелира.

Перед началом измерений нивелиром выполняют проверки с целью выявления постоянства геометрических условий, и если обнаруживается, что то или иное геометрическое условие не выполняется, производят юстировку (регулировку) прибора.

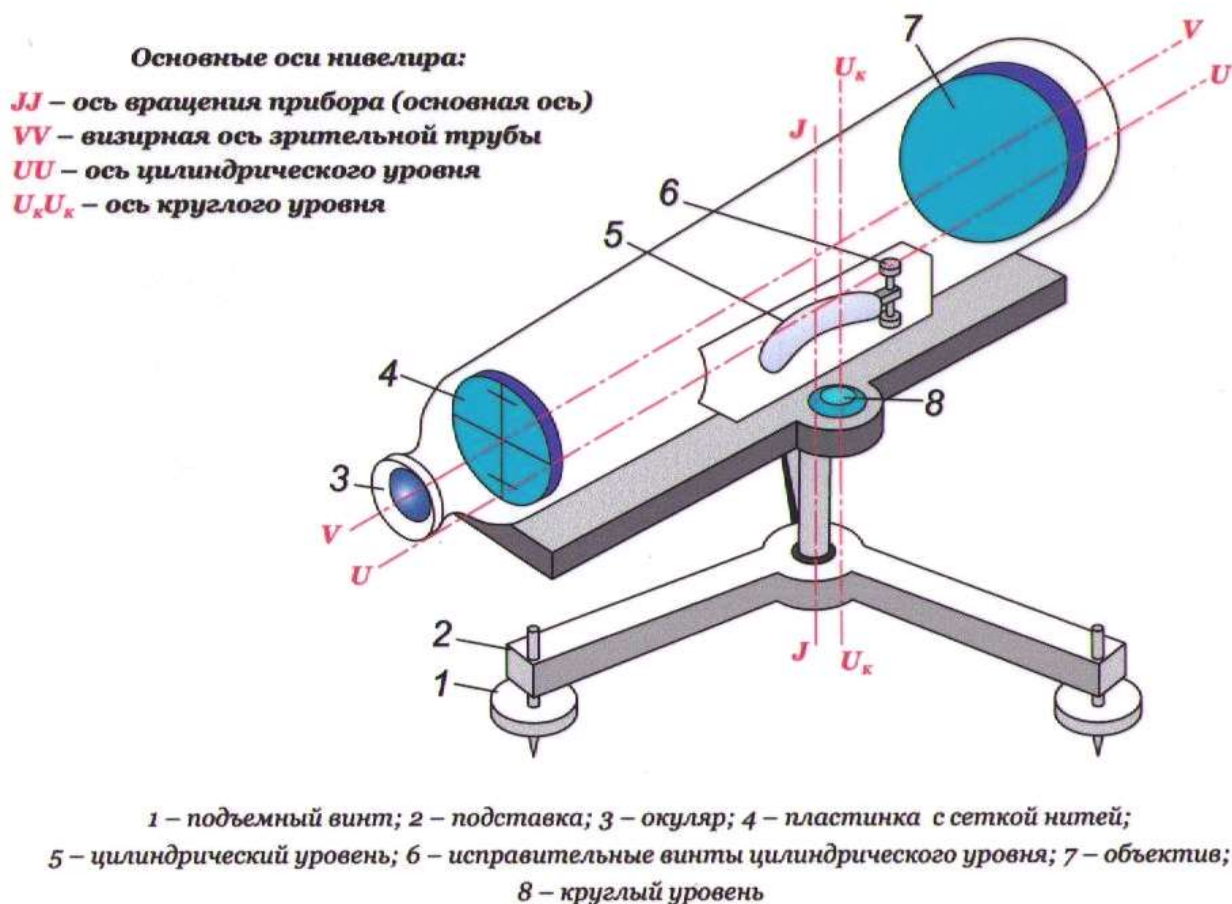
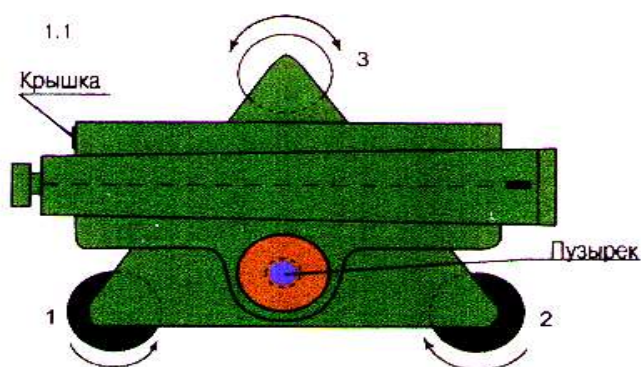
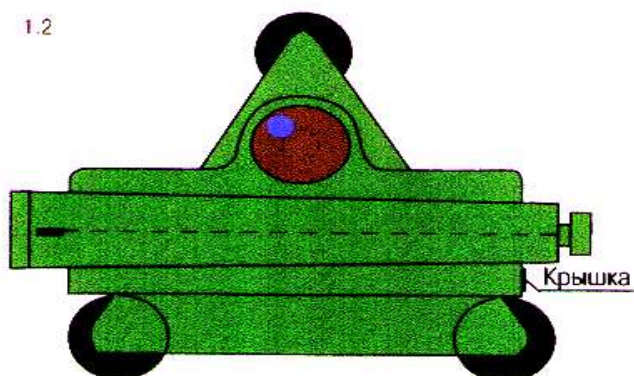


Рисунок 16- Поверка нивелира

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора

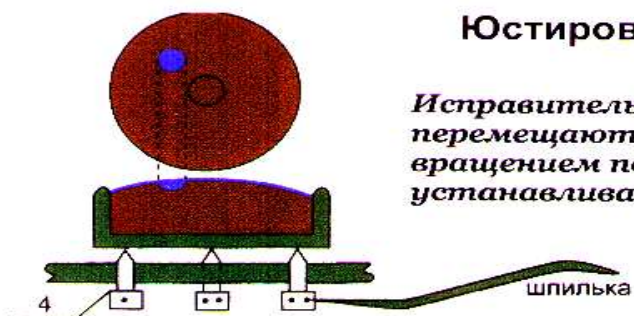


*Пузырек круглого уровня приводится в нуль-пункт одновременным вращением подъемных винтов 1 и 2 в разных направлениях и винта 3.*



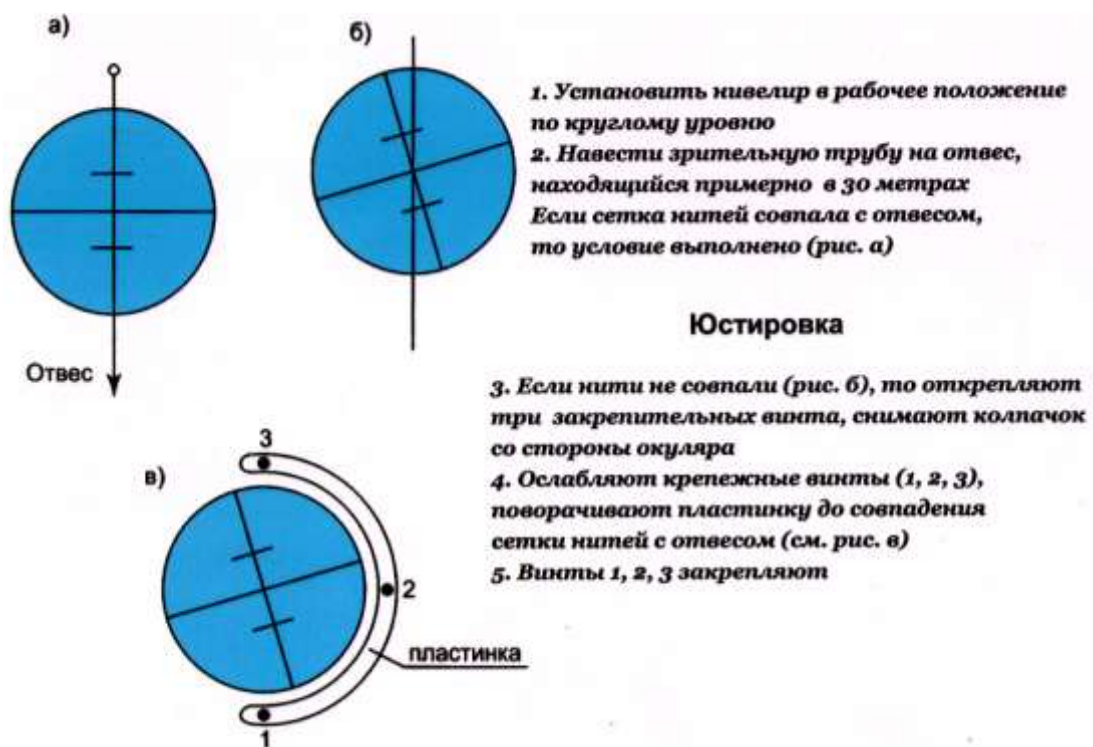
*Верхнюю часть нивелира поворачивают на 180°. При смещении пузырька с центра выполняют юстировку.*

### Юстировка



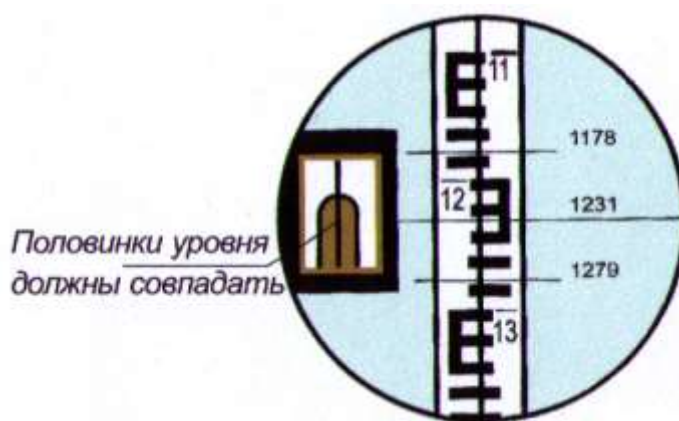
*Исправительными винтами (4) пузырек перемещают на половину отклонения; вращением подъемных винтов пузырек устанавливают в нуль-пункт.*

2. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира



3. Призмы, передающие изображение пузырька, должны быть установлены правильно

Для проверки условия подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт, наблюдая в окно защитной коробки уровня. Если одновременно с этим придут в контакт концы пузырька и будут располагаться в середине прямоугольника, то условие выполнено. В противном случае прибор направляется в мастерскую для исправления положения призм.



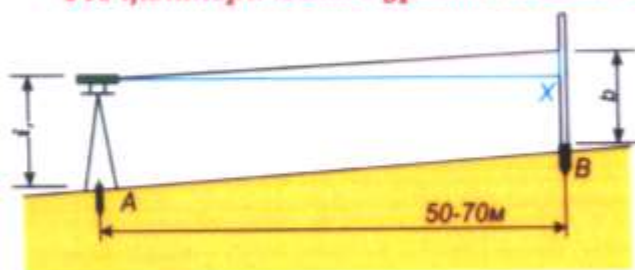
4. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы – главное условие нивелира



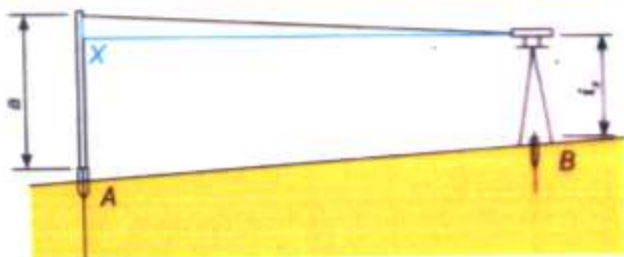
## Поверки нивелиров с цилиндрическим уровнем III

### Поверка цилиндрического уровня

*Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы*



1. На местности с небольшим уклоном забивают 2 колышка на расстоянии 50-70м



2. Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой А. Рейкой измеряют высоту инструмента  $i_1$  и берут отсчет по рейке, стоящей в т. В.  
3. Нивелир переставляют в т. В, измеряют высоту  $i_2$  и берут отсчет а.

4. Если условие поверки не соблюдено, то в оба отсчета вошла одинаковая ошибка "х", которая определяется по формуле:  $x = (i_1 + i_2)/2 - (a + b)/2$

Если  $x \pm 4$  мм, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.

#### Юстировка

1. Верный отсчет по рейкам  $a_1 = a + x$

2. Элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет а,



3. Пузырек цилиндрического уровня ушел с нуля-пункта

4. Сжимают крышку в торцевой части коробки цилиндрического уровня

5. Слегка отпускают винты 3, 4; действуя винтами 1 и 2, совмещают изображение половинок концов пузырька уровня

6. Поверку повторяют

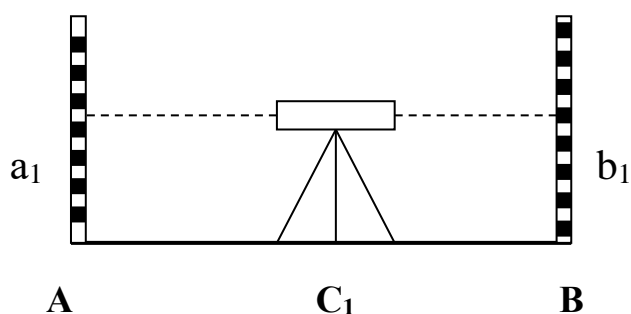
$$x = (1395 + 1385) : 2 - (1382 + 1390) : 2 = 4 \text{ мм}$$

5. Проверка положения визирной оси (для самоустанавливающихся нивелиров).

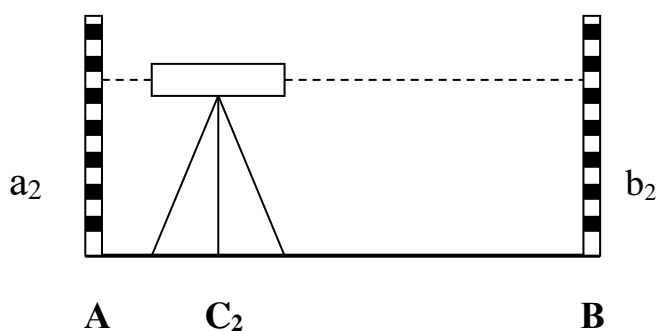
Последовательность выполнения поверки: выбирают на местности две точки А и В с расстоянием между ними 30-50 м; точки закрепляют кольями, устанавливают нивелир посередине в точке  $C_1$  и берут отсчеты  $a_1$  и  $b_1$  по рейкам. Вычисляют превышение  $h_1 = a_1 - b_1$ . Устанавливают нивелир в точке  $C_2$  на расстоянии 1 - 2 м от рейки А, берут по рейкам отсчеты  $a_2$ ,  $b_2$  и вычисляют превышение  $h_2 = a_2 - b_2$ .

При равенстве превышений или разнице менее 3 мм нивелир пригоден к эксплуатации. В противном случае сделать нужно следующее: наведите прибор на рейку В и снимите защитный кожух окуляра. Используйте юстировочную шпильку, вращайте юстировочный винт пока отсчет по рейке В не станет

равным  $a_2 - h$ . Повторите все действия с начала до конца пока  $(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1) \leq 3$  мм.



$$h_1 = a_1 - b_1 = 1407 - 1392 = 15 \text{ мм}$$



$$h_2 = a_2 - b_2 = 1405 - 1390 = 15 \text{ мм}$$

3. Установить нивелирную рейку на визирные цели и снять пробные отсчеты.

Отсчеты по рейкам производят по средней нити нивелира – по месту, где проекция средней нити пересекает рейку (см. рисунок 17).

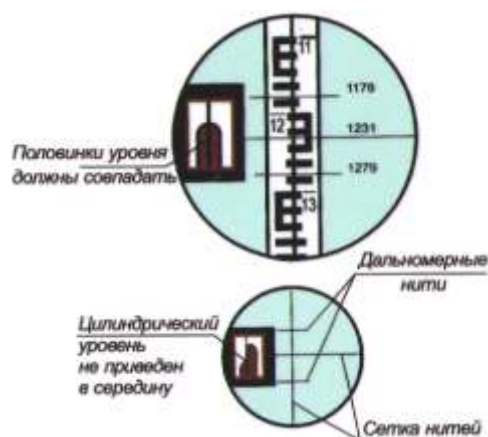


Рисунок 17- Отсчет по рейкам по средней нити нивелира

Сделать отсчет по рейке – это значит определить высоту визирной оси нивелира над нулем (основанием) рейки (см. рисунок 18).

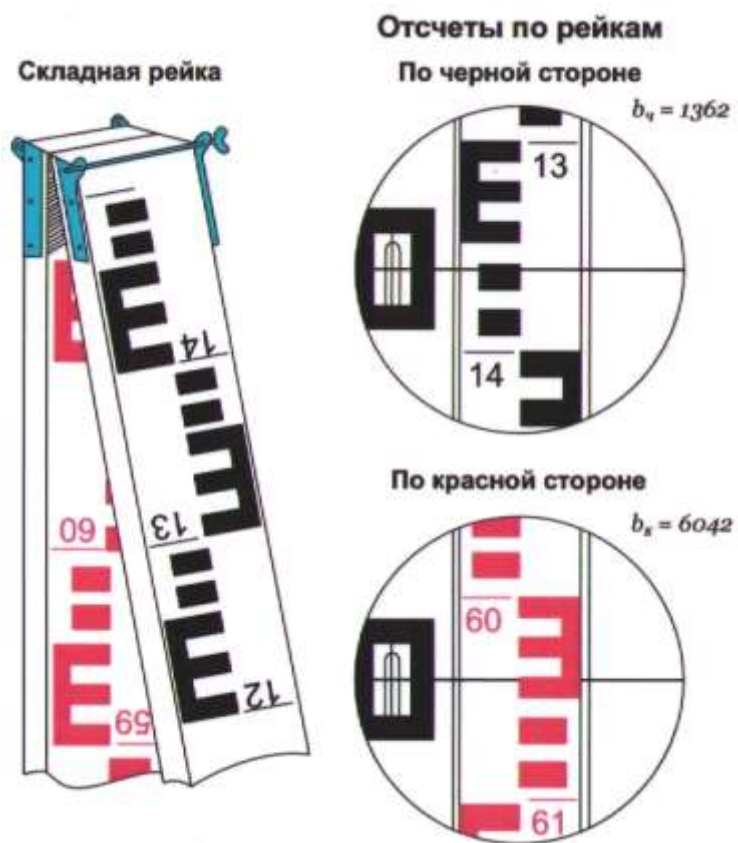


Рисунок 18- Отсчет по рейкам

## ***Лабораторная работа № 5 «Определение превышения способом геометрического нивелирования»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться обрабатывать результаты геометрического нивелирования.*

### ***Обеспечение:***

- нивелир;
- штатив;
- нивелирная рейка;
- визирные цели.

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** порядок обработки результатов геометрического нивелирования.

**уметь:** обрабатывать результаты геометрического нивелирования.

### **Методика выполнения работы**

1. Определение превышения способом геометрического нивелирования производят по способу из середины в одном направлении (см. рисунок 19), расстояние от прибора до реек измеряют по крайним дальномерным нитям зрительной трубы. Нормальная длина луча составляет 120 м, при хороших условиях видимости и четких изображениях она может быть увеличена до 200

После установки прибора в рабочее положение нивелирование на станции производят в следующем порядке:

Отсчеты по черной и красной сторонам задней рейки;

Отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки.

Расхождение превышений на станции, вычисленных по черной и красной сторонам реек, не должно превышать 3 мм. Отсчеты по рейкам записываются в журнал нивелирования, где вычисляются превышения, горизонт инструмента необходимый для определения отметки промежуточной точки, а также отметки задней и передней точек.

При работе с двухсторонними рейками надежным контролем служит сходимость превышений, полученных по черным и красным сторонам реек.

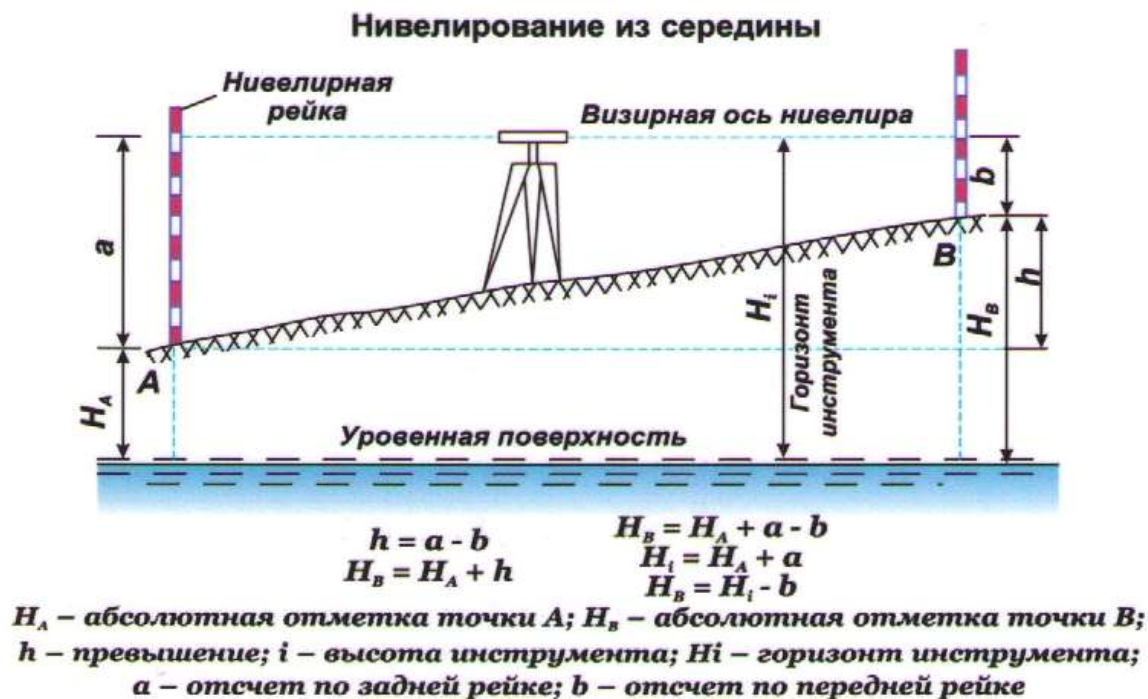


Рисунок 19- Определение превышения способом геометрического нивелирования из середины

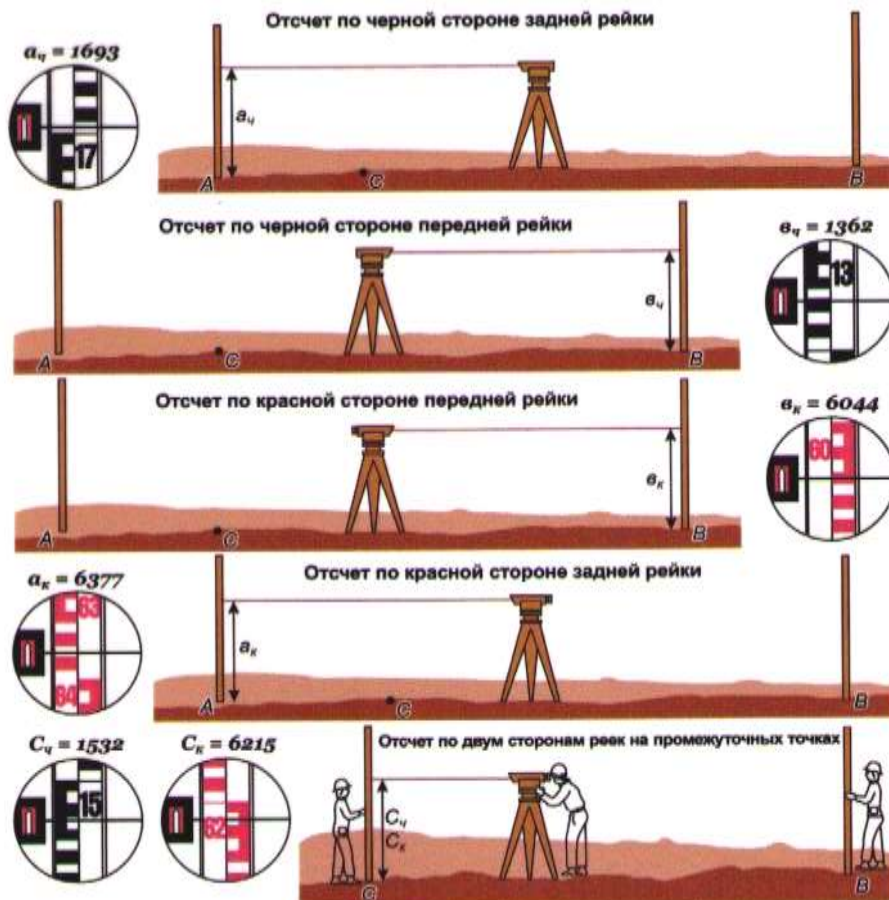


Рисунок 20- Отсчеты по рейке



2. Выполнить обработку полевого журнала нивелирования в таблицу 3.

Таблица 3- Обработка полевого журнала нивелирования

№ станции	№ точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышение, мм		Среднее превышение $h_{cp}, мм$	Горизонт инструмента $H_i, м$	Отметки точек, м
		Задание	Передние	Промежуточные	+	-			
1	A	1693							128,552
	C	6377		1532	0331				
	B		1362	6215	0333		+0332	130,245	128,713
			6044						128,884

$$h_q = 1693 - 1362 = 0331 мм$$

$$h_k = 6377 - 6044 = 0333 мм$$

$$h_{cp} = (0331 + 0333) / 2 = 0332 мм$$

$$H_B = 128,552 + 0,332 = 128,884 м$$

$$H_i = 128,552 + 1,693 = 130,245 м$$

$$H_C = 130,245 - 1,532 = 128,713 м$$

## **Лабораторная работа № 6 «Определение превышения способом тригонометрического нивелирования»**

### **Цель работы:**

1. Научиться обрабатывать результаты тригонометрического нивелирования.

### **Обеспечение:**

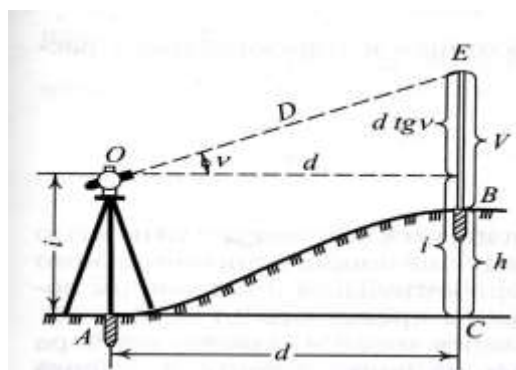
- нивелир;
- штатив;
- нивелирная рейка;
- визирные цели.

**В результате выполнения практической работы студент должен:**

**знать:** порядок обработки результатов тригонометрического нивелирования.

**уметь:** обрабатывать результаты тригонометрического нивелирования.

### **Методика выполнения работы**



Для определения превышения  $h$  между точками А и В над точкой А устанавливают в рабочее положение теодолит, а в точке В - вежу или рейку. Измеряют высоту пробора  $i$  и зрительной трубой теодолита визируют на верх вежи, имеющей длину  $V$  (или на определенный отсчет по рейке). Измеряют вер-

тикальный угол  $v$ , а с помощью дальномера - наклонное расстояние  $D$  либо его горизонтальную проекцию  $d$ .

Превышение между точками

$$h = d \operatorname{tg} v + i - V.$$

Если расстояние измерено нитяным дальномером, то превышение между точками определится:

$$h = \frac{L}{2} \sin 2v + i - V,$$

где  $L = K_n$  - дальномерное расстояние.

Определение превышений между точками выполняют с использованием данных, полученных при определении расстояний нитяным дальномером при наклонном положении линии визирования. При этом измерение угла наклона следует выполнять при двух положениях зрительной трубы (КЛ и КП). Значения превышений определяются по формулам:

$$h = \frac{L}{2} \sin 2v + i - V; \quad h = d \operatorname{tg} v + i - V.$$

Расхождение в значениях превышения, определенных по вышеприведенным формулам, не должно превышать 0,01 м.

Результаты измерений:

$$L = 14,5 \text{ м}; \quad d = 14,32 \text{ м}; \quad v = 6^\circ 25'; \quad i = 1,31 \text{ м}; \quad V = 2,00 \text{ м}.$$

$$h = \frac{L}{2} \sin 2v + i - V = \frac{14,50 \text{ м}}{2} \cdot 0,22212 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = +0,92 \text{ м}.$$

$$h = d \operatorname{tg} v + i - V = 14,32 \text{ м} \cdot 0,11246 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = +0,92 \text{ м}.$$

## ***Лабораторная работа № 7 «Измерение современными приборами»***

### ***Цель работы:***

- 1. Изучить электронный теодолит.*
- 2. Развить навыки обращения с теодолитом: технику наведения.*
- 3. Научиться выполнять поверки и юстировки теодолита.*
- 4. Развить навыки измерения горизонтального и вертикального углов.*

### ***Обеспечение:***

- электронный теодолит VEGA TEO – 20;*
- штатив S6;*
- отвес;*
- визирные цели;*
- рабочая тетрадь;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### **В результате выполнения лабораторной работы студент должен:**

**знать:** устройство электронного теодолита, порядок выполнения поверок и юстировок теодолита, порядок измерений горизонтального и вертикального углов.

**уметь:** использовать теодолит для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

### **Методика выполнения работы**

Устройство электронного теодолита VEGA TEO – 20 (см. рисунок 21)



Рисунок 21-Устройство электронного теодолита VEGA TEO – 20



Обозначение на дисплее	Функция
V	<p>Символ вертикального угла SEG указывается на месте вертикального отсчета, пока зрительная труба не пройдет через место нуля горизонтальной оси. Эта процедура устанавливает место нуля.</p>  <p>(См. часть 1.2.3, "Настройки измерения")</p>
H <sub>R</sub>	Символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке.
H <sub>L</sub>	Символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки.
	Символ, указывающий уровень заряда батареи. (См. часть 4, Источник питания)
G	Угловые измерения в гонах.
%	Уклон. (См. часть 1.2.3, Настройки измерения)

Рисунок 22- Дисплей



Клавиша	Функция	Операция
R/L	Установка направления отсчета горизонтального угла.	Изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши.
HOLD	Удержание отсчета горизонтального угла.	Удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее. Когда нажата эта клавиша, отсчет горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчета горизонтального угла. Повторное нажатие клавиши разблокирует отсчет горизонтального угла.
	Подсветка дисплея и сетки нитей.	Для включения подсветки дисплея и сетки нитей нажмите эту клавишу, повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку.
V%	Уклон.	Переход от градусов/гонов к уклону в % для вертикального угла. Символ "%" появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона.
OSET	Обнуление отсчета горизонтального круга.	Обнуление отсчета горизонтального круга на дисплее. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчет 0°00'00" на любое направление.
	Включение/выключение.	Включает/выключает теодолит.

Рисунок 23 - Функциональные клавиши



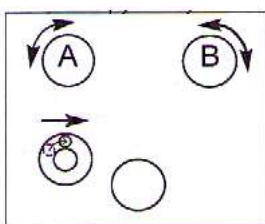
## Подготовка к измерению

*Установка и горизонтирование:*

1. Установите штатив над точкой и закрепите ножки.
2. Установите теодолит на штатив и закрутите становой винт.
3. Приблизительно приведите инструмент к горизонту по круглому уровню.

А) Используя подъемные винты А и В переместите пузырек круглого уровня, чтобы он оказался посередине от левого и правого края (рисунок 24 а).

а.



б.

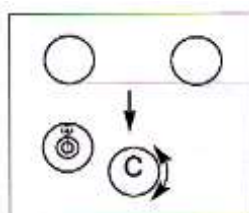


Рисунок 24- Приведение инструмента к горизонту по круглому уровню

В) Используя подъемный винт С, переместите пузырек в центр круглого уровня (рисунок 24 б).

4. Для точного горизонтирования инструмента используйте цилиндрический уровень:

А) Проверните инструмент таким образом, чтобы пузырек цилиндрического уровня оказался в одном из следующих положений. Затем используя подъемные винты А и В, переместите пузырек в центр уровня.

В) Поверните инструмент на  $90^\circ$  и переместите пузырек в центр уровня с помощью винта С (рисунок 25).

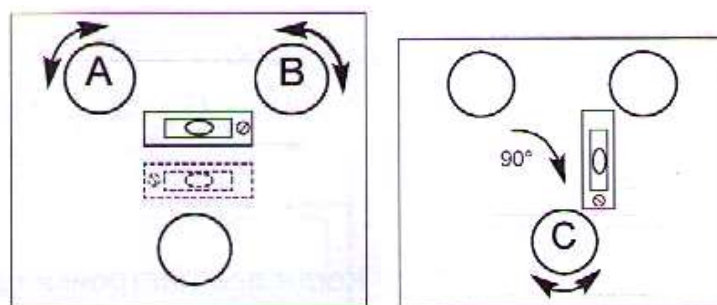


Рисунок 25- Точное горизонтирование инструмента используя цилиндрический уровень

С) Повторите пункты А и В, пока пузырек не будет в центре цилиндрического уровня при повороте инструмента. Если этого не удастся сделать, см. проверки теодолита– «Юстировка цилиндрического уровня».

5. Выполните центрирование инструмента с помощью оптического центрира.

А) Поворачивая кольцо окуляра оптического центрира, добейтесь четкого изображения сетки нитей.

В) Поворачивая фокусирующее кольцо оптического центрира, добейтесь четкого изображения точки, по которой выполняют центрирование.

С) Закрепите становой винт и проверьте (пункты 3 и 4), чтобы пузырьки круглого и цилиндрического уровня оставались в середине этих уровней.

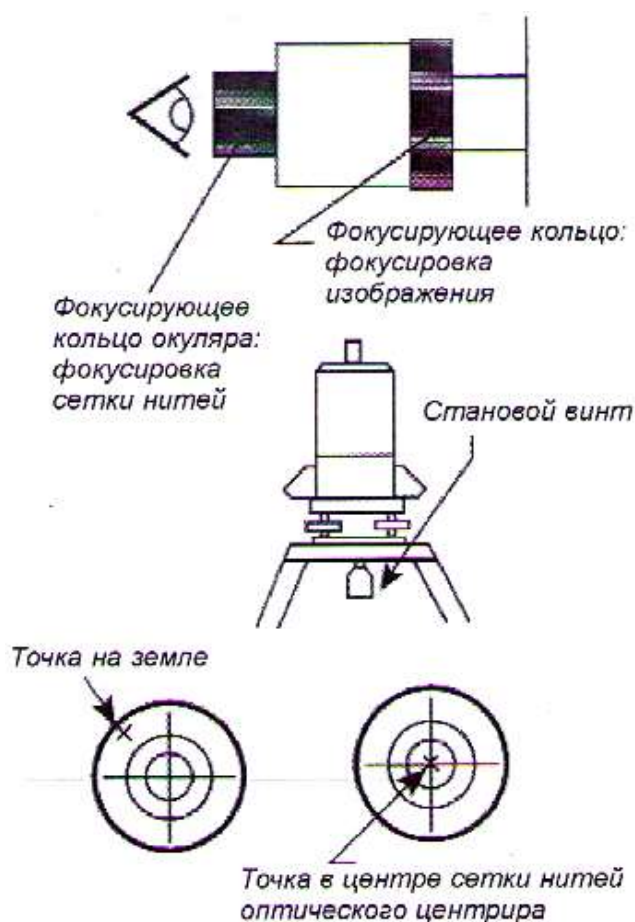


Рисунок 26 - Центрирование инструмента с помощью оптического центрира

Фокусирование зрительной трубы: наведите зрительную трубу на яркую поверхность и поверните окуляр зрительной трубы до тех пор, пока сетка нитей не станет четкой. Следите, чтобы не было параллакса, видимого смещения



между точкой визирования и сеткой нитей при перемещении глаза. Параллакс снижает точность измерений.

Чтобы установить наличие параллакса, выполните следующие действия:

- 1) Наведите зрительную трубу на точку визирования и приведите ее в фокус.
- 2) Перемещайте глаз вверх и вниз или вправо и влево и следите за смещением точки визирования относительно перекрестия сетки нитей.
- 3) Если параллакс есть, подрегулируйте окуляр.

Всегда устраняйте параллакс перед началом работы, чтобы гарантировать точность измерений.

Ослабьте фиксирующие винты и наведите зрительную трубу на цель, используя визиры, расположенные над и под зрительной трубой.

Следите, чтобы между глазом и визиром было небольшое расстояние.

#### ***Измерение горизонтальных углов:***

1. Наведите зрительную трубу на точку А.
2. Нажмите «0SET», чтобы обнулить отсчет горизонтального круга.
3. Наведите зрительную трубу на вторую точку В. На экране появится значение угла между точками А и В (рисунок 27).

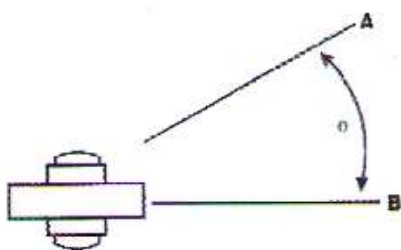


Рисунок 27- Определение горизонтального угла

Символ «HR» на дисплее означает, что измерение угла выполнено по часовой стрелке.

Символ «HL» на дисплее означает, что измерение угла выполнено против часовой стрелки.

### ***Установка горизонтальных углов:***

1. Поворачивайте теодолит до тех пор, пока на дисплее не появится необходимый отсчет.
2. Нажмите клавишу «HOLD». Выбранный отсчет будет мигать некоторое время.
3. Наведите зрительную трубу на точку и нажмите кнопку «HOLD». Горизонтальный угол будет отсчитываться от установленного значения.

### ***Измерение вертикальных углов:***

Для измерения вертикальных углов в теодолите реализованы три системы отсчета. Подробнее см. в пункте настройки измерений. Выберите необходимую Вам систему отсчета.

### ***Измерение уклона:***

Нажатием клавиши «V%», можно переключать значения вертикальных углов на значения уклонов в диапазоне от 0% до 100%. Режим измерения уклона отмечен на дисплее символом «%» (рисунок 28).

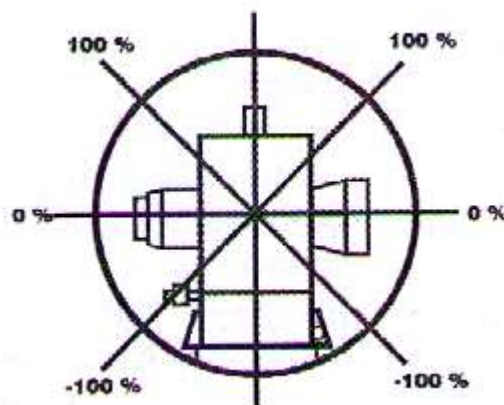


Рисунок 28 - Измерение уклона

### ***Поверки и юстировки***

#### ***Предупреждения:***

Поверки и юстировки теодолита необходимо проводить в определенном порядке:

1. Поверка и юстировка цилиндрического уровня.

2. Поверка и юстировка круглого уровня.

3. Поверка и юстировка оптического центрира.

Всегда проверяйте результаты юстировок.

*Поверка и юстировка цилиндрического уровня:*

А) Расположите теодолит так, чтобы цилиндрический уровень был параллелен линии, соединяющей два подъемных винта А и В. Приведите пузырек в середину уровня этими винтами.

В) Поверните теодолит на  $90^\circ$  и приведите пузырек в середину уровня подъемным винтом С.

С) Вернитесь в первоначальное положение (пункт А). Проверьте еще раз пузырек и, если необходимо, повторите операцию. Поверните теодолит на  $180^\circ$ . Пузырек не должен смещаться из центра уровня. Если он смещается, перейдите к пункту D.

D) С помощью юстировочной шпильки поверните винт, пока пузырек не сместится на половину расстояния до серединного положения пузырька.

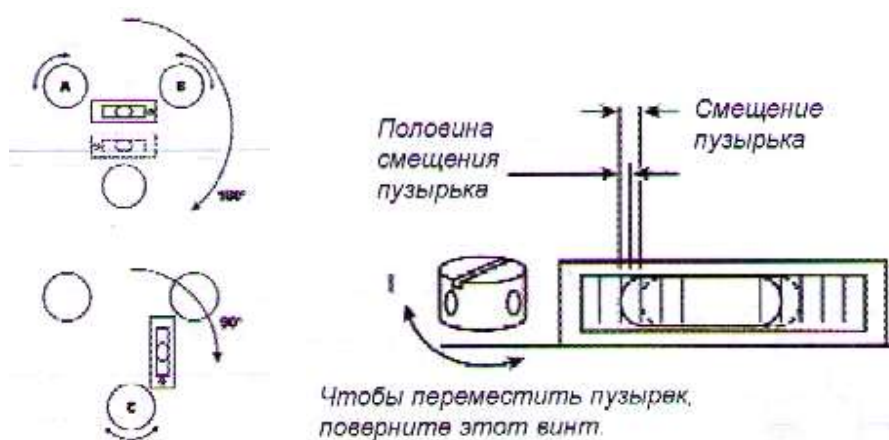


Рисунок 29- Поверка и юстировка цилиндрического уровня

Е) Вернитесь в первоначальное положение (пункт А) и повторите пункты А-С до тех пор, пока пузырек не будет находиться в центре уровня.

*Поверка круглого уровня:*

Если пузырек круглого уровня находится в центре после приведения в центр пузырька цилиндрического уровня, то дальнейшая юстировка не нужна. В противном случае необходимо сделать следующее.

Используя юстировочную шпильку, поверните юстировочные винты, пока пузырек круглого уровня не переместится в центр.



Рисунок 30- Проверка и юстировка круглого уровня

Не перетягивайте юстировочные винты. Ослабьте один винт на  $\frac{1}{4}$  оборота винта, затем затяните другой винт также на  $\frac{1}{4}$  оборота.

*Проверка и юстировка оптического центрира:*

Данная юстировка необходима, чтобы линия визирования оптического центрира совпадала с вертикальной осью.

А) Наведите оптический центрир на точку с помощью подъемных винтов или, ослабив становой винт и передвинув инструмент к точке.

В) Поверните теодолит на  $180^\circ$  и повторите визирование через оптический центрир. Если точка находится в центре круга поля зрения оптического центрира, юстировка не нужна. Если же нет, то необходимо перейти к пункту С.

С) Снимите крышку юстировочных винтов оптического центрира. Поверните ее против часовой стрелки. Вы увидите четыре юстировочных винта.

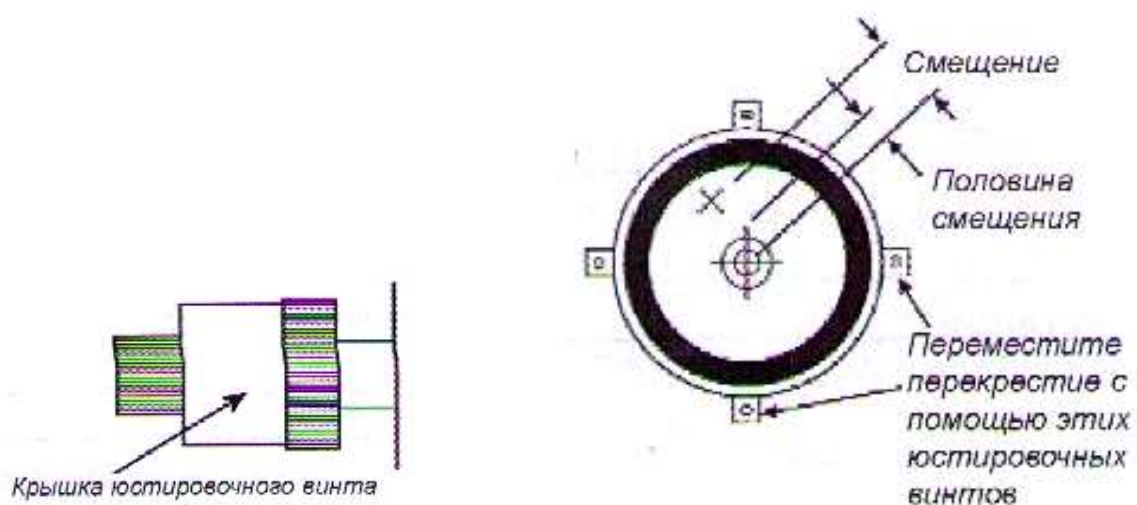


Рисунок 31- Проверка и юстировка оптического центрира

Д) Используя юстировочную шпильку, поверните юстировочные винты наполовину смещения перекрестия сетки нитей центрира от точки. Ослабьте один винт на  $\frac{1}{4}$  оборота, затем затяните противоположный винт на  $\frac{1}{4}$  оборота.

Е) Повторяйте пункты А-Д, пока при повороте вокруг вертикальной оси инструмента смещение не пропадет.

*Установка места нуля вертикального круга:*

Операция	Клавиша	Дисплей
Точное горизонтирование теодолита	нет	
Нажмите клавишу V% и удерживайте ее пока нажимаете клавишу питания. На дисплее теодолита появится режим установки места нуля вертикального круга.	V% ⓪	V 0 SEG 
Поверните зрительную трубу, чтобы установить место нуля. На дисплее появится "STEP--1".		V 95°10'20" H <sub>R</sub> STEP---1 
Наведите зрительную трубу на цель, расположенную близко к горизонту на расстоянии примерно 100 м. Нажмите "V%". Данные для первой точки будут сохранены. На дисплее появится "STEP--2".	V%	V 95°10'20" H <sub>R</sub> STEP---2 
Переверните зрительную трубу и снова визируйте ее на начальную точку. Нажмите "V%". Данные для второй точки будут сохранены, и место нуля вертикального круга будет установлено. После нажатия клавиши инструмент подаст звуковой сигнал и вернется в режим обычных измерений.	V%	V 261°12'43" H <sub>R</sub> 180°00'00" 

1. Измерить горизонтальный и вертикальный углы при помощи электронного теодолита. Данные занести в таблицы 4 и 5.

Таблица 4- Результаты измерений со станции

№ станции	Положение круга	№ точки	Угол $\beta$	$\beta_{ср}$
А	КЛ	7	13°45'20"	13°45'25"
		8		
	КП	7	13°45'30"	
		8		

Таблица 5- Результаты измерений в точке наблюдения

Точка наблюдения	Положение круга	$\nu$	$\nu_{\text{ср}}$
5	КЛ	6°30'10"	6°30'10"
	КП	6°30'10"	

***Практическая работа № 3 « Вычислительная обработка замкнутого теодолитного хода»***

***Цель работы:***

*1. Научиться вычислять координаты точек замкнутого теодолитного хода.*

***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности;
- рабочая тетрадь.

**В результате выполнения практической работы студент должен:**

**знать:** последовательность измерений при проложении теодолитного хода, суть контроля угловых и линейных измерений в теодолитных ходах, алгоритмы вычислительной обработки.

**уметь:** выполнить вычисления для получения координат точек теодолитного хода.

**Методика выполнения работы**

Теодолитным ходом называют систему закрепленных в натуре точек, координаты которых определены из измерения углов и расстояний. Теодолитные

ходы, как правило, прокладывают между точками государственной геодезической сети.

*Теодолитные ходы* - геодезические построения в виде ломанных линий, в которых углы измеряют полным приемом теодолита, а длины сторон лентами, рулетками или дальномерами.

*Замкнутый ход.* Прокладывается по границам участка, подлежащего съемке, в виде замкнутого многоугольника (полигона).

1. Выбрать исходные данные:

Данные полевых измерений углов поворота и длин линий взять в таблице 6.

Таблица 6- Данные полевых измерений углов поворота и длин линий

№ угла поворота	Измеряемые углы (правые по ходу)	Длины линий, м
1	110° 01'	
		20,583
2	114° 46'	
		19,925
3	100° 17'	
		17,378
4	120° 06'	
		23,479
5	94° 52'	
		19,345
1	110° 01'	

- значение дирекционного угла  $\alpha_{1-2} = 24^\circ 55'$

- координаты  $X_1$  и  $Y_1$  начальной точки 1 (0, 0)

2. Вписать в бланк ведомости вычисления координат (см. таблицу 9) данные полевых измерений углов поворота (графа 2) и длин линий (графа 7), которые берутся в исходных данных:

3. Подсчитать сумму практических правых по ходу углов  $\Sigma B_{пр.}$  по формуле:



$$\Sigma \beta_{\text{пр.}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5,$$

Подсчитать сумму теоретических углов,  $\Sigma \beta_{\text{теор.}}$  которая определится по формуле:

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

где  $n$  - число углов в замкнутом полигоне.

4. Определить величину невязки  $f_{\beta_{\text{практ.}}}$ , суммы  $\Sigma \beta_{\text{практ.}}$  углов замкнутого полигона по формуле:

$$f_{\beta_{\text{пр}}} = \Sigma \beta_{\text{пр.}} - \Sigma \beta_{\text{теор.}},$$

где  $\Sigma \beta_{\text{практ.}}$  – сумма практических правых по ходу углов

$\Sigma \beta_{\text{теор.}}$  – сумма теоретических углов.

Сравнить полученный результат с допустимой невязкой  $f_{\beta_{\text{доп.}}}$ , определяемой по формуле:

$$f_{\beta_{\text{доп.}}} = 2 t \sqrt{n},$$

где  $n$  - число измеренных углов в полигоне

$t$  – точность прибора  $0^\circ 00'30''$

Если невязка  $f_{\beta_{\text{доп.}}} \geq f_{\beta_{\text{пр.}}}$ , то её необходимо распределить на измеренные углы, образованные наиболее короткими сторонами. При наличии примерного равенства сторон поправка  $V_\beta$  в измеренный угол вычисляется по формуле:

$$V_\beta = f_{\beta_{\text{пр.}}} / n,$$

Полученные поправки  $V_\beta$  записывают в графу 3 напротив соответствующего измеренного угла.

Исправленные значения углов поворота теодолитного хода записываются в графу 4.

После введения поправок сумма исправленных углов полигона должна быть равна теоретической сумме углов.

5. Вычислить дирекционные углы всех линий полигона по формуле:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 \text{ и т.д.}$$

Значение исходного дирекционного угла  $\alpha_{1-2}$  принять из исходных данных.

Контролем вычислений дирекционных углов служит получение в конце вычислений начального дирекционного угла  $\alpha_{1-2}$ .

6. По вычисленным значениям дирекционных углов определить румбы  $r$ , и записывать в графу 6 и сокращённо четверть, где расположен румб каждого угла. При вычислении румбов использовать таблицу 7.

Таблица 7- Вычисление румбов

Четверть	$\alpha$	$r$
I СВ	$0 \dots 90^\circ$	$\alpha$
II ЮВ	$90^\circ \dots 180^\circ$	$180^\circ - \alpha_2$
III ЮЗ	$180^\circ \dots 270^\circ$	$\alpha_3 - 180^\circ$
IV СЗ	$270^\circ \dots 360^\circ$	$360^\circ - \alpha_4$

7. В графу 7 записать длины линий и определить длину хода  $D$  (сумма длин линий).

8. Вычислить приращение координат по румбам  $r$  и длинам линий  $d$  по формулам:

$$\Delta X_i = d \cdot \cos r_i$$

$$\Delta Y_i = d \cdot \sin r_i$$

Приращения координат при записи в ведомость можно округлять до 0,001м.

Знаки приращений будут зависеть от того, в какой координационной четверти находится та или другая сторона полигона. При определении знака приращения использовать таблицу 8.

Таблица 8- Определение знака приращения

Название румбов	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Знаки $\Delta X$	+	-	-	+
$\Delta Y$	+	+	-	-

9. Подсчитать невязки  $f_x$  и  $f_y$  в приращениях координат по формулам:

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta X_i ;$$

$$f_{\Delta y} = \sum \Delta Y_i .$$

10. Определить допустимость полученных невязок, вычислить для этого абсолютную невязку  $f_{abc}$  по формуле:

$$f_{abc} = \pm \sqrt{(f_{\Delta x})^2 + (f_{\Delta y})^2} ,$$

и допустимость относительной невязки:

$$f_{отн} = f_{abc} / \sum D = \dots < \text{или} = 1 / 2000 ,$$

где  $D$  – длина хода, м

11. Если полученная относительная невязка меньше или равна предельной, то необходимо проверить, чтобы суммы приращений равнялись нулю, т.е.  $\sum \Delta X_i = 0$ ;  $\sum \Delta Y_i = 0$ , если условие не выполнено, вводятся поправки в графы 10 и 11.

Увязка приращений производится отдельно по абсциссам и ординатам. Поправки распределяются на вычисленные приращения пропорционально длине сторон и вводятся со знаком, обратным знаку невязки.

12. После введения поправок в графы 12 и 13 записать исправленные приращения.

13. По исправленным значениям приращений координат вычислить координаты вершин полигона, для чего в графах 14 и 15 записать исходные координаты  $X_1$  и  $Y_1$  начальной точки 1. Вычисление координат остальных точек полигона проводится по формулам:

$$X_{\text{послед}} = X_{\text{пред}} \pm \Delta X_i;$$

$$Y_{\text{послед}} = Y_{\text{пред}} \pm \Delta Y_i$$

Контролем правильности вычисления координат вершин углов поворота в случае замкнутого полигона служит получение координат  $X_1$  и  $Y_1$ .

Таблица 9— Ведомость вычисления координат

N точек	$\beta_{\text{изм.}}$	Поп- равки	$\beta_{\text{исправ.}}$	$\alpha$ Дирекц. угол	r румб	Длины линий	Вычисленные приращения		Поправки		Исправленные приращения		Координаты	
							$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta Y$	X	Y
1	110°01'		110°01'										0	0
				24°55'	СВ 24°55'	20,583	+18,667	+8,672	-0,002	-0,005	+18,665	+8,667		
2	114°47'		114°46'										+18,665	+8,667
				90°09'	ЮВ 89°51'	19,925	-0,052	+19,925	-0,002	-0,005	-0,054	+19,92		
3	100°17'	-0°01'	100°16'										+18,611	+28,587
				169°53'	ЮВ 10°07'	17,378	-17,108	+3,052	0,002	-0,005	-17,11	+3,047		
4	120°06'		120°06'										+1,501	+31,634
				229°47'	ЮЗ 49°47'	23,479	-15,16	-17,929	-0,002	-0,005	-15,162	-17,934		
5	94°52'	-0°01'	94°51'										-13,661	+13,7
				314°56'	СЗ 45°04'	19,345	+13,663	-13,695	-0,002	-0,005	+13,661	-13,7		
1														

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2) = 540^\circ 00' \quad \text{Длина хода } \Sigma D = 100,71 \quad +32,33 \quad +31,649 \quad +32,326 + 31,634 \quad x_z = x_1 + \Delta X$$

$$\text{Угловая невязка} \quad -32,32 \quad -31,624 \quad -32,326 - 31,634 \quad y_z = y_1 + \Delta Y$$

$$f\beta_{\text{пр}} = \Sigma \beta_{\text{пр}} - \Sigma \beta_{\text{теор}} = \quad \text{Невязки приращений } f_{\Delta X} = 0,01 \quad f_{\Delta Y} = 0,025 \quad f_{\Delta X} = 0 \quad f_{\Delta Y} = 0$$

$$= 540^\circ 02' - 540^\circ 00' = 0^\circ 02'$$

$$\text{Абсолютная невязка хода } f_{\text{абс}} = \sqrt{(f_{\Delta X})^2 + (f_{\Delta Y})^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,025^2} = 0,026926 \text{ м}$$

$$\text{Допустимость относительной невязки } f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}} / \Sigma D \leq 1 / 2000$$

$$\text{Угловая невязка}$$

$$f_{\text{отн}} = 2t\sqrt{n} =$$

$$= 2 \cdot 0^\circ 00' 30'' \sqrt{5} = 0^\circ 02' 14''$$

$$t = 0^\circ 00' 30'' \text{ n — число углов}$$

$$f_{\text{отн}} = 0,026926 \text{ м} / 100,71 = 0,000267 \leq 1 / 2000 = 0,0005$$

## ***Практическая работа № 4 « Нанесение точек замкнутого теодолитного хода на план»***

### ***Цель работы:***

- 1. Развить навыки построения координатной сетки.*
- 2. Научиться наносить точки теодолитного хода по координатам на план.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности;*
- рабочая тетрадь.*

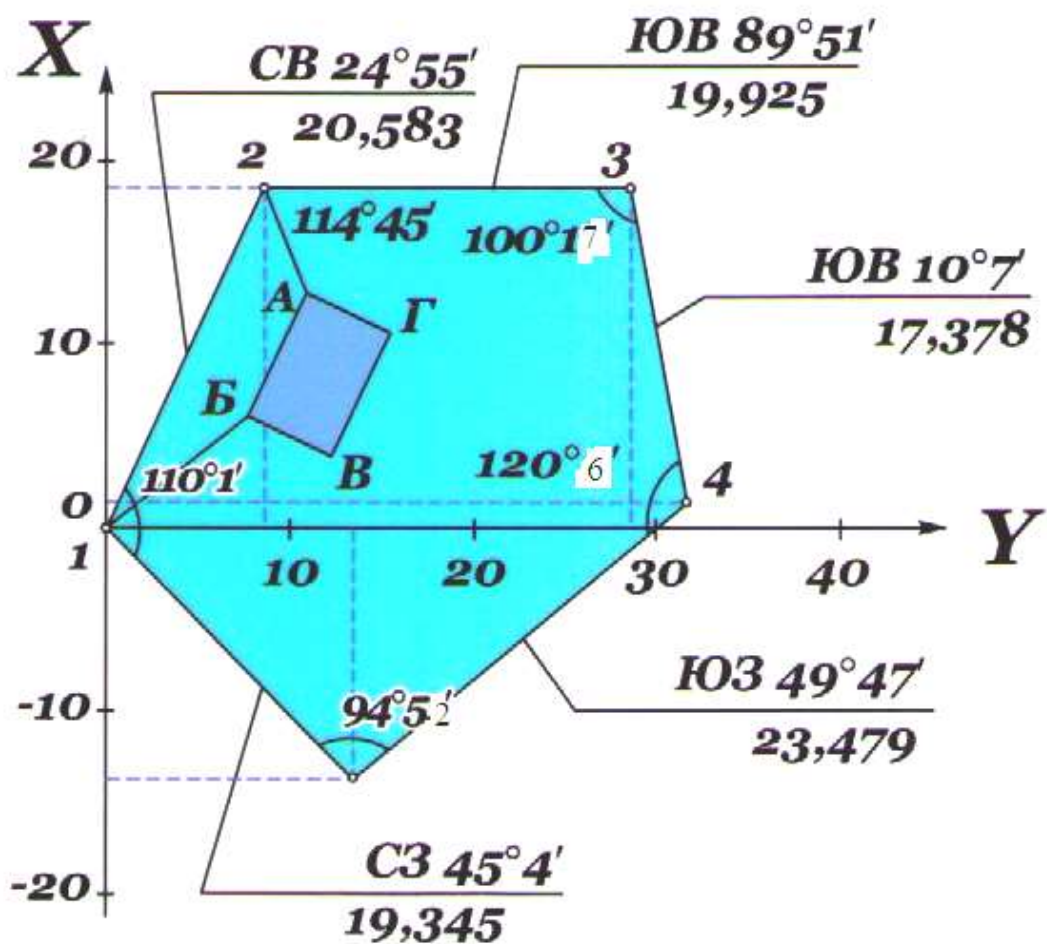
### **В результате выполнения практической работы студент должен:**

**знать:** методику нанесения точек теодолитного хода на план.

**уметь:** нанести точки теодолитного хода по координатам на план.

### **Методика выполнения работы**

1. Построить на чертежной бумаге координатную сетку в М 1: 500 (см. рисунок 32). Также на этом листе вычертить таблицу и внести в неё координаты  $X_i$  и  $Y_i$  всех точек.
2. По координатам вершин теодолитного хода наносят все точки, проверяя расстояние между ними по масштабу и горизонтальные углы, сравнивая их с длинами сторон, записанными в графе 7 и горизонтальными углами, записанными в графе 4 (см. таб. стр. 59).



<i>NT</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>X</i>	<i>0</i>	<i>18,665</i>	<i>18,611</i>	<i>1,501</i>	<i>-13,661</i>
<i>Y</i>	<i>0</i>	<i>8,667</i>	<i>28,587</i>	<i>31,634</i>	<i>13,700</i>

<i>NT</i>	<i>A</i>	<i>Б</i>	<i>В</i>	<i>Г</i>
<i>X</i>	<i>12,8</i>	<i>6,0</i>	<i>3,7</i>	<i>10,6</i>
<i>Y</i>	<i>10,9</i>	<i>7,8</i>	<i>12,5</i>	<i>15,5</i>

Рисунок 32- Схема теодолитного хода



## ***Практическая работа № 5 «Вычисление отметок поверхности фундамента»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять вычислительную обработку материалов нивелирования поверхности по квадратам.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности.*
- рабочая тетрадь.*

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** алгоритмы вычислительной обработки результатов нивелирования поверхности по квадратам.

**уметь:** вычислять черные отметки (отметки земли).

### **Методика выполнения работы**

1. По данным схемы нивелирования и отметке репера  $H_{RP}$  фундамента вычислить отметки поверхности фундамента, а также рабочие отметки, характеризующие толщину слоя подкладки бетона, которые надлежит записать на схеме.

На поверхности возведённого фундамента размером  $10 \times 10$  м была разбита сетка квадратов со сторонами  $2 \times 2$  м и произведено нивелирование их вершин. Взятые отсчёты по чёрной стороне нивелирной рейки, устанавливаемой последовательно в вершинах квадратов, записаны на схеме нивелирования поверхности.

Для передачи отметки с репера на поверхность фундамента нивелирную рейку вначале установили на репер и взяли отсчёт (1614) по чёрной стороне рейки.

Отметку репера для каждого варианта принять как рекомендовано в задаче №1, т.е. количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние цифры учебного шифра. Эти же цифры ставятся и после запятой (дм, см, мм). Например, для учебного шифра 352 отметка репера будет  $H_{RP} = 152, 152$ .

Проектную (красную) отметку горизонтальной поверхности фундамента  $H_{RP}$  для каждого варианта следует принять на 898 мм выше отметки репера  $H_{RP}$ . Например, для шифра 352 проектная отметка будет равна:  $H_{пр} = H_{RP} + 0,898 = 152,152 + 0,898 = 153,050$  м.

В условиях монтажной площадки назначение проектного горизонта зависит главным образом от технологической схемы монтажа промышленного оборудования.

Схема нивелирования поверхностей фундамента  
и вычисления черных отметок

**М 1:100**

**Репер Н<sub>RP</sub> = .....  
(1812)**

<b>3,030</b> <b>1</b>	<b>3,035</b> <b>2</b>	<b>3,034</b> <b>3</b>	<b>3,036</b> <b>4</b>	<b>3,045</b> <b>5</b>	<b>3,036</b> <b>6</b>
<b>0934</b>	<b>0929</b>	<b>0930</b>	<b>0928</b>	<b>0919</b>	<b>0928</b>
...	...	...	...	...	...
<b>7</b> <b>0937</b>	<b>8</b> <b>0920</b>	<b>9</b> <b>0918</b>	<b>10</b> <b>0916</b>	<b>11</b> <b>0922</b>	<b>12</b> <b>0931</b>
...	...	...	...	...	...
<b>13</b> <b>0913</b>	<b>14</b> <b>0925</b>	<b>15</b> <b>0932</b>	<b>16</b> <b>0920</b>	<b>17</b> <b>0933</b>	<b>18</b> <b>0926</b>
...	...	...	...	...	...
<b>19</b> <b>0920</b>	<b>20</b> <b>0918</b>	<b>21</b> <b>0921</b>	<b>22</b> <b>0916</b>	<b>23</b> <b>0930</b>	<b>24</b> <b>0928</b>
...	...	...	...	...	...
<b>25</b> <b>0920</b>	<b>26</b> <b>0929</b>	<b>27</b> <b>0919</b>	<b>28</b> <b>0930</b>	<b>29</b> <b>0925</b>	<b>30</b> <b>0914</b>
...	...	...	...	...	...
<b>31</b> <b>0930</b>	<b>32</b> <b>0922</b>	<b>33</b> <b>0918</b>	<b>34</b> <b>0923</b>	<b>35</b> <b>0913</b>	<b>36</b> <b>0914</b>

Вычисление рабочих отметок, определяющих  
толщину слоя подкладки бетона

-0,020	-0,015	-0,016	-0,00..	-0,00..	-0,00..
-0,00..	...	...	...	...	...
-0,00..	...	...	...	...	...
-0,00..	...	...	...	...	...
-0,00..	...	...	...	...	...
-0,00..	...	...	...	...	...

Проектная отметка горизонтальной поверхности фундамента .....

## ***Практическая работа № 6 «Вычислительная обработка журнала нивелирования опорных поверхностей»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять обработку полевого журнала нивелирования опорных поверхностей.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности.*
- рабочая тетрадь.*

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** методику обработки результатов нивелирования опорных поверхностей.

**уметь:** обрабатывать полевой журнал нивелирования опорных поверхностей.

## **Методика выполнения работы**

Нивелирование опорных поверхностей консолей продольного ряда железобетонных колонн произведено с одной станции нивелиром Н-3, установленным на одной из консолей противоположного ряда колонн. Шаг колонн равен 6м. Отсчёты производились по красной и чёрной сторонам полуметровой рейки. На основе полученных результатов произвести:

- вычислительную обработку журнала нивелирования опорных поверхностей консолей колонн для укладки подкрановых балок;
- составление профиля по оси опорных поверхностей консолей колонн с нанесением линий фактического положения консолей по высоте;
- назначение монтажного (выравненного) горизонта с определением толщины подкладок на каждой опоре.

Отметку поверхности консоли начальной колонны, установленной на оси А/1 для каждого варианта принять условно: количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние

цифры учебного шифра. Эти же цифры ставятся и после запятой (дм, см, мм). Например, для учебного шифра 221 отметка первой колонны (А/1) составляет  $H_1 = 121,121$ .

## 1. Обработка журнала нивелирования колонн

### 1.1. Вычисление поверхностей производят по формуле

$$h = 3 - \Pi,$$

где 3 и  $\Pi$  – отсчёты по задней и передней рейке (графы 3 и 4 в журнале нивелирования).

Определяют превышение между начальной и каждой последующей точками дважды по отсчётам, сделанным по чёрной и красной сторонам рейки. Результат записывают в графы 5 и 6 журнала нивелирования в зависимости от знака превышения. При расхождении превышений, вычисленных по двум сторонам рейки, не более 2 мм записывают под чертой их среднее значение, округляя доли миллиметра до чётного числа миллиметров. Пример вычисления приведён в журнале нивелирования (приложение 1).

### 1.2. Контроль вычисления превышений.

Подсчитывают сумму всех задних ( $\sum 3$ ) и передних ( $\sum \Pi$ ) отсчётов по чёрной и красной сторонам рейки, учитывая, что  $\sum 3$  равна отсчёту по рейке на точке А/1, увеличенному в 5 раз, так как вычисление пяти превышений производилось относительно первой колонны..

Подсчитывают сумму превышений ( $\sum h$ ), вычисленных по чёрной и красной сторонам рейки, а затем среднее суммарное превышение.

$$\sum h_{\text{чёрн.}} = \sum 3_{\text{чёрн.}} - \sum \Pi_{\text{чёрн.}};$$

$$\sum h_{\text{красн.}} = \sum 3_{\text{красн.}} - \sum \Pi_{\text{красн.}};$$

$$\sum h_{\text{средн.}} = \frac{\sum h_{\text{чёрн.}} + \sum h_{\text{красн.}}}{2}$$

2

Следует вычислить и записать в графы 5 и 6 отдельно сумму всех средних положительных  $\sum(+h)$  и отрицательных  $\sum(-h)$  превышений, а также результирующую сумму  $\sum h = \sum(+h) + \sum(-h)$ . Если результирующая сумма превы-



шений  $\sum h$  точно совпадает по величине и знаку с ранее вычисленным средним суммарным превышением  $\sum h_{\text{средн.}}$ , то вычисления сделаны верно.

$$\sum h_{\text{средн.}} = \sum h.$$

## 2. Вычисление отметок опорных поверхностей консолей колонн

Отметки поверхностей консолей колонн рекомендуется вычислить дважды: методом превышений и методом горизонта инструмента.

2.1. Вычисление отметок поверхности консоли колонн методом превышений следует выполнять по формуле

$$H_i = H_1 + h_{i-1},$$

где  $i$  - порядковый номер колонн;

$H_i$  - отметка опорной поверхности консоли каждой последующей колонны;

$H_1$  - отметка опорной поверхности консоли начальной колонны А/1;

$h_{i-1}$  - соответствующее превышение между каждой последующей и начальной А/1 колоннами.

Например, отметка поверхности консоли колонны, установленной на оси А/2, будет равна:

$$H_2 = H_1 + h_1.$$

Принимая, например, отметку  $H_1 = 90,117$ , будем иметь:

$$H_2 = 90,117 + (-0,007) = 90,110.$$

2.2. Горизонт инструмента (ГИ) вычисляют по формуле

$$\text{ГИ} = H_1 + 3,$$

где  $H_1$  - отметка колонны, установленной на оси А/1;

3 - отсчёт по чёрной или красной стороне рейки, установленной на консоли этой колонны.

Например, если  $H_1 = 90,117$ :

$$\text{ГИ}_{\text{чёрн.}} = 90,117 + 0,221 = 90,338;$$

$$\text{ГИ}_{\text{красн.}} = 90,117 + 4,943 = 95,060.$$

Отметки колонн методом горизонта инструмента вычисляют по формуле

$$H_i = \text{ГИ} - \text{П}_i,$$

где  $\text{П}_i$  - отсчёт по чёрной или красной стороне передней рейки, установленной на точке, отметку которой надо определить.

Например, для колонны, установленной на оси A/2, отметка консоли равна:

$$H_{A/2} = \text{ГИ}_{\text{чёрн.}} - \text{П}_{\text{чёрн.}} = 90,338 - 0,227 = 90,111;$$

$$H_{A/2} = \text{ГИ}_{\text{красн.}} - \text{П}_{\text{красн.}} = 95,060 - 4,951 = 90,109;$$

$$H_{A/2 \text{ средн.}} = 90,110$$

Отметки колонн, полученные методом горизонта инструмента, должны быть равны соответствующим отметкам, полученным методом превышений.

## ***Практическая работа № 7 « Составление профиля по оси опорных поверхностей»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться составлять профиль по результатам нивелирования опорных поверхностей.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности.*
- рабочая тетрадь.*

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** методику составления профиля по оси опорных поверхностей.

**уметь:** составить профиль.

### **Методика выполнения работы**

Для составления профиля рекомендуется использовать следующие масштабы:

масштаб горизонтальный - 1:200,

масштаб вертикальный – 1:1.

Исходными данными для составления профиля служат фактические отметки опорных поверхностей консолей колонн, вычисленные в журнале нивелирования. Шаг колонн равен 6 м.

Необходимо помнить, что для правильного построения профиля надо выбрать некоторый условный горизонт, имеющий общее для всех отметок число метров и дециметров. От длин условного горизонта откладывают вверх по соответствующей вертикали отметки опорных поверхностей консолей смонтированных колонн, уменьшенные на величину условного горизонта.

Отмеченные на вертикалях точки соединяют прямыми линиями и получают линию профиля фактического положения опорных поверхностей консолей установленных колонн. Руководствуясь этой линией, назначают монтаж-

ный горизонт, на уровне которого будут уложены подкрановые балки. При этом следует иметь в виду, что выравнивание с помощью подкладок (назначение монтажного горизонта) на консолях обычно осуществляют относительно отметки самой высокой опорной поверхности консоли. В практической деятельности монтажникам приходится учитывать и горизонт, принятый для укладки подкрановых балок по консолям противоположного ряда колонн.

Проектируемый горизонт на профиле указывается красной линией.

После назначения выравненного монтажного горизонта определяют толщину подкладки на опорной поверхности у каждой колонны как разность между отметкой монтажного горизонта, принятого для укладки подкрановых балок по консолям, и фактической отметкой опорной поверхности на консоли. Толщину подкладки следует показать на профиле.

**Журнал технического нивелирования  
опорных поверхностей консолей колонн**

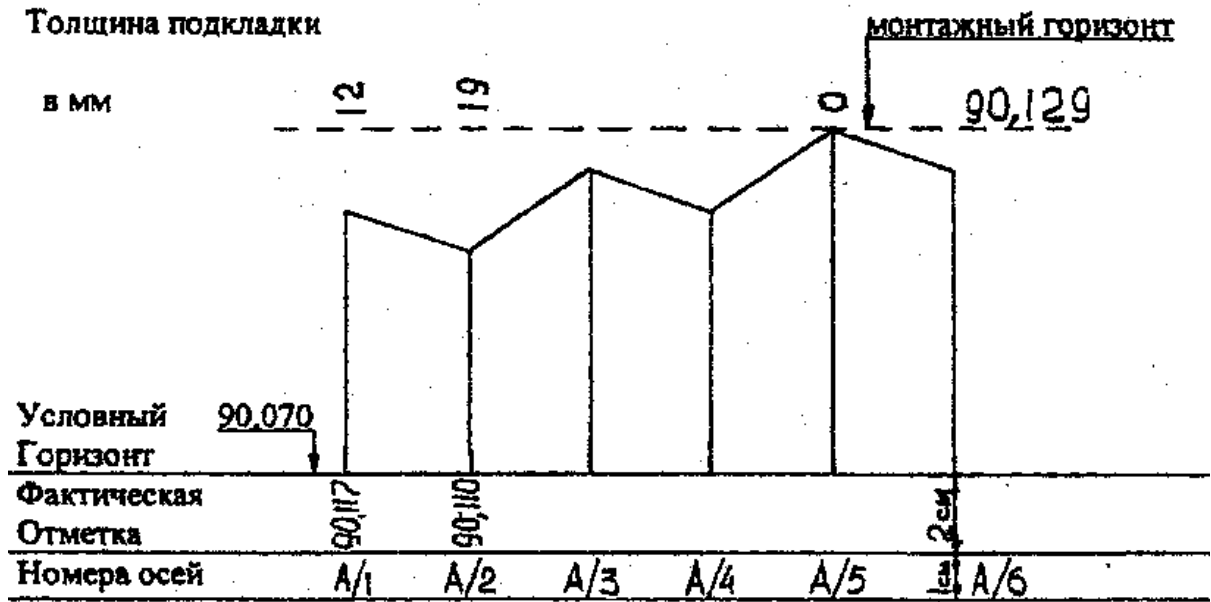
№ стан- ций	№ точек	Отсчеты по рейке		Превышения		Среднее пре- вышение	Горизонт инструмента	Отметка
		Задней	Передней	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	A/1	0221 4943						90,117
	A/2		0227 4951		0006 0008	- 0007	90,338 95,060	90,110
	A/3		0215 4936	0006 0007				
	A/4		0225 4947					
	A/5		0210 4931					
	A/6		0229 4950					
$\Sigma_{\text{чер.}} =$								
$\Sigma h_{\text{чер.}} =$								
$\Sigma_{\text{кр.}} =$								
$\Sigma h_{\text{кр.}} =$								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><math>\Sigma h =</math></span> <span><math>\Sigma h_{\text{средн}} =</math></span> </div> <p>Примечание. При составлении журнала нивелирования опорных поверхностей консолей колонн необходимо приведенные в графах 3 и 4 отсчеты по рейкам увеличить на число миллиметров, равное трем последним цифрам учебного шифра учащегося.</p>								

**Масштабы:**

Горизонтальный – 1:200

Вертикальный 1:1

**Профиль оси опорных поверхностей консолей колонн**



Примечание. За монтажный горизонт следует принять наибольшую отметку консолей колонн пары рядов.

## ***Практическая работа № 8 «Вынос в натуру проектных элементов»***

### ***Цель работы:***

- 1. Научиться выносить в натуру линию заданного направления и проектной длины.*
- 2. Научиться выполнять необходимые расчеты для выноса в натуру проектной высоты точки.*

### ***Обеспечение:***

- письменно - чертежные принадлежности.*
- рабочая тетрадь.*

### ***В результате выполнения лабораторной работы студент должен:***

**знать:** методику выноса в натуру линии заданного направления и проектной длины, проектной высоты точки.

**уметь:** подготовить данные для выноса в натуру проектной высоты точки, читать разбивочный чертеж.

## **Методика выполнения работы**

На основании геодезических построений на строительной площадке определяют положение всего сооружения в целом или отдельных его частей в плане и по высоте. Основными элементами геодезических построений на строительной площадке являются:

- построение на местности линейных отрезков заданной проектом длины;
- построение на местности горизонтальных углов заданной проектом величины;
- вынесение на местность точек с заданными проектными отметками;

1. Вынести в натуру проектную линию



Вынести на местности ось здания CD (см. рисунок 33) способом полярных координат от условного пункта геодезической основы АВ на основании исходных данных.

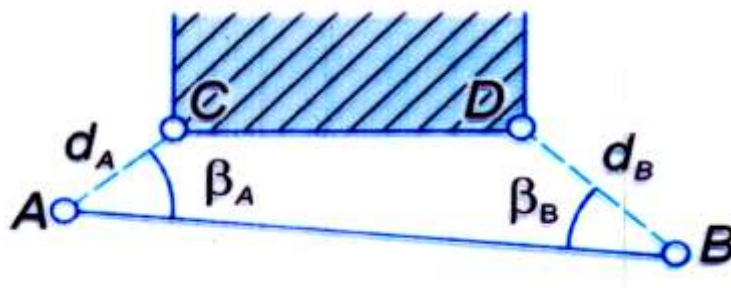


Рисунок 33- Ось здания CD

*Порядок выполнения задания:*

- Установить теодолит в точку А и привести прибор в рабочее положение.
- Ориентировать трубу на точку В и по углу  $\beta_A$ , длине линии  $d_A$ , зафиксировать направление на точку С.
- Установить теодолит в точку В и привести прибор в рабочее положение.
- Ориентировать трубу на точку А и по углу  $\beta_B$ , длине линии  $d_B$  зафиксировать направление на точку D.
- Измерить полученную длину оси здания CD при помощи рулетки.
- Данные по вынесению оси здания занести в таблицу 10.

Таблица 10- Данные по вынесению оси здания

№ п/п	$\beta_A$	$\beta_B$	$d_A$ , м	$d_B$ , м	CD, м
1	$54^{\circ}30'$	$35^{\circ}45'$	1,918	2,273	2,053

5. Выполнить необходимые расчеты для выноса в натуру проектной высоты точки (см. рисунок 34).

Пусть требуется на местности отметить точку В, которая находилась бы на заданном проектном горизонте  $H_{пр} = 165,300$ . Для этого посередине между репером и известной отметкой  $H_{реп}$  и точкой В устанавливают нивелир. По рейке, стоящей на репере, производят отсчет  $a = 0939$ , вычисляют горизонт инструмента  $H_i = H_{реп} + a = 167,254$  и разность  $H_i - H_{пр} = b = 1954$ . Эта разность  $b$

горизонта инструмента и проектного горизонта имеет весьма большое значение для строителя и называется высотой проектной рейки. После этого в точке В устанавливают рейку так, чтобы на ней был отсчет, равный  $b$  (высоте проектной рейки), при котором высота пятки рейки и будет равна проектной отметке  $H_{пр}$ . Под пяткой рейки на предварительно вкопанном столбе (может быть, на стене существующего здания, сооружения) отчетливой риской фиксируют положение искомого проектного горизонта (например, отметки чистого пола первого этажа возводимого здания).

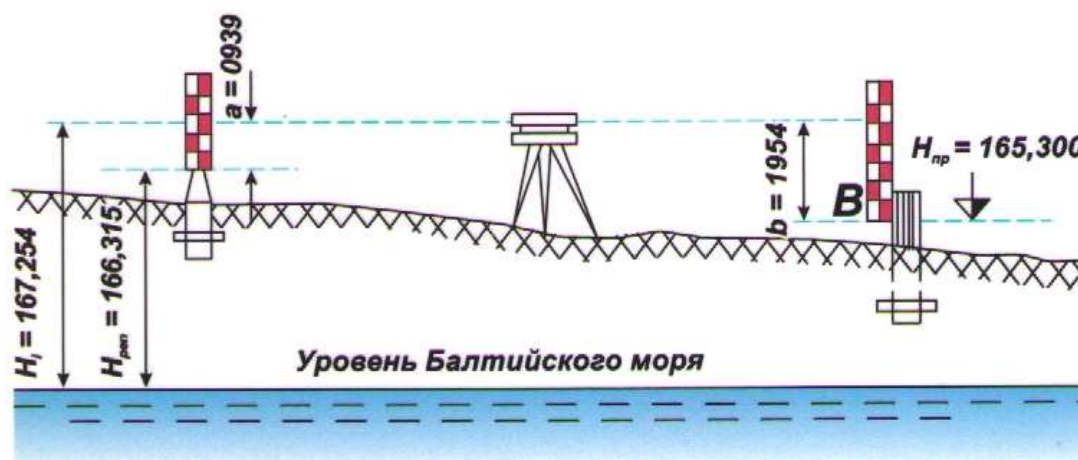


Рисунок 34- Вынос в натуру проектной высоты точки

*Порядок выполнения задания:*

- Установить нивелир на станцию в установленное на местности место.
- Привести прибор в рабочее положение.
- Произвести отсчет по рейке, стоящей на репере.
- Выполнить необходимые вычисления для определения высоты проектной рейки.
- Установить нивелирную рейку так, чтобы высота пятки рейки была равна проектной отметке  $H_{пр}$ .
- Под пяткой рейки отчетливой риской зафиксировать положение искомого проектного горизонта.
- Данные по вынесению в натуру точки с проектной отметкой занести в таблицу 11.

Таблица 11- Данные по вынесению в натуру точки с проектной отметкой

№ нивели- руемых точек	Отметки точек, м	Отсчеты по рейке, мм	Горизонт инструмента, $H_i$ , м	Проектная отметка, м	Высота проектной рейки, мм
Реп.	166,315	0939	167,254		
	контроль				
В				165,300	1954
	контроль				

## ***Практическая работа № 9 «Передача отметки с исходного на монтажный горизонт»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять измерения для переноса проектной отметки на рабочий горизонт.*

### ***Обеспечение:***

- нивелир;*
- нивелирная рейка;*
- штатив;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### **В результате выполнения практической работы студент должен:**

**знать:** алгоритм выполнения измерений для переноса проектной отметки на рабочий горизонт.

**уметь:** выполнять измерения для переноса проектной отметки на рабочий горизонт.

### **Методика выполнения работы**

1) На дно неглубокого котлована отметку передают в таком порядке. В точке А забивают кол - точку и сторожок (рисунок 35). На кол и репер ставят рейки и между ними на равном расстоянии нивелир. По рейкам берут отсчеты а и b и вычисляют отметку кола:

$$H_A = H_P + (a - b),$$

где  $H_P$  - отметка репера,

a, b - отсчеты по рейкам.

Если проектная отметка дна котлована  $H_{пр}$ , то рабочая отметка в точке А будет:

$$h = H_A - H_{пр}$$

Рабочую отметку пишут на сторожке с ее знаком. При знаке плюс дно котлована лежит выше проектной отметки; при знаке минус, наоборот, дно котлована опущено ниже проектного уровня.

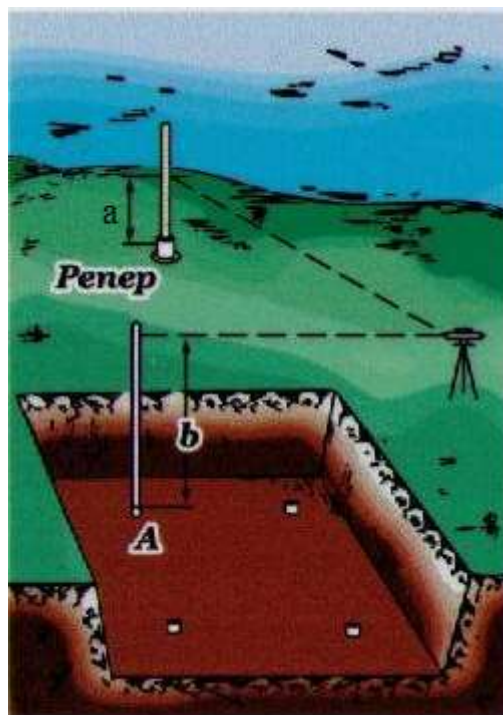


Рисунок 35- Передача отметки на дно котлована

2) На дно глубокого котлована (рисунок 36) отметку передают в два нивелира с применением реек и стальной рулетки. Одну рейку ставят на репер, вторую - на кол на дне котлована, а рулетку с грузом 5 -10 кг подвешивают на консоль. Станции выбирают с соблюдением равенства расстояний от нивелира до рейки и рулетки. Отсчеты по рейке и рулетке берут одновременно двумя нивелирами и при двух горизонтах нивелира. При отметке репера  $H_p$  отметка точки А дна котлована, как видно из рисунка, будет:

$$H_A = H_p + a - (d - c) - b,$$

где  $a$  и  $b$  - отсчеты по рейкам,

$d$  и  $c$  - отсчеты по рулетке с нулем внизу.

Для планировки дна котлована по его площади равномерно закрепляют кольями точки 2, 4, 3, и т.д. На эти точки составляют схему, подобно схеме нивелирования поверхности, и нивелируют их со станции внутри котлована. После вычисления отметок точек вычисляют рабочие отметки и по ним производят планировку дна котлована.

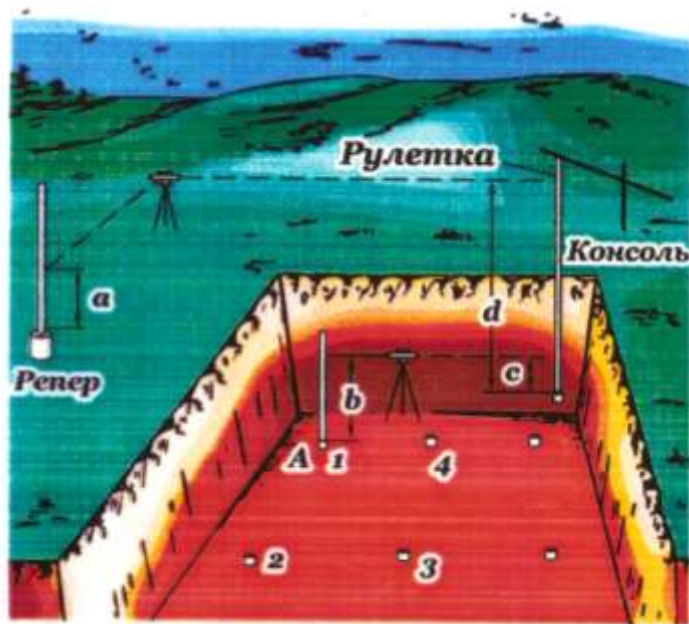


Рисунок 36- Передача отметки на дно котлована

## ***Практическая работа № 10 « Определение высоты труднодоступной точки»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять измерения для определения высоты труднодоступной точки.*

### ***Обеспечение:***

- теодолит;*
- отвес;*
- рулетка;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### ***В результате выполнения практической работы студент должен:***

**знать:** алгоритм выполнения измерений для определения высоты труднодоступной точки.

**уметь:** выполнять измерения для определения высоты труднодоступной точки.

### **Методика выполнения работы**

Определить высоту недоступной точки.

В практике строительства часто возникает необходимость определить высоты труднодоступных частей различных сооружений и устройств. Высота недоступной точки определяется при помощи теодолита. Точку А, высоту которой определяют, сносят (проектируют) на землю в точку В. После этого теодолит устанавливают в точке О. Затем измеряют вертикальные углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  на точки А и В при круге право и круге лево, а также измеряют лентой или стальной рулеткой расстояние между точками ОВ, приведенное к горизонту.



Первая станция  $d = 10\text{м}$  (расстояние от точки О до точки В см. рис. 37)

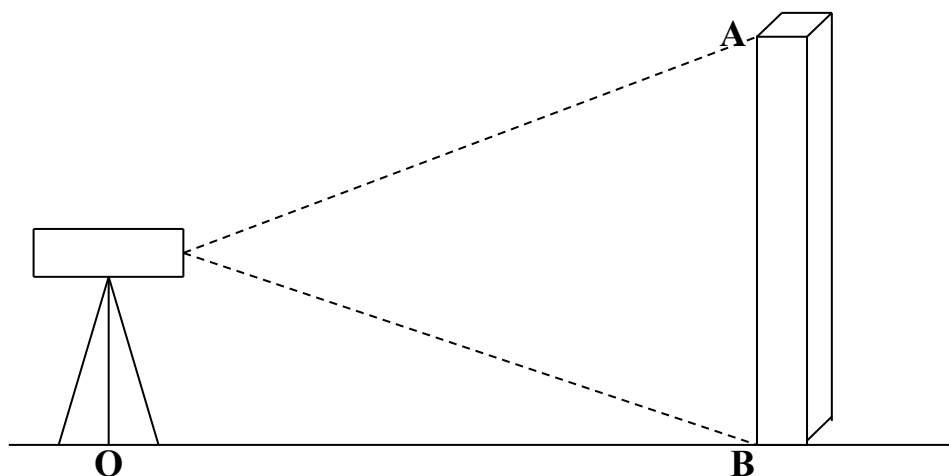


Рисунок 37- Схема первая станция

Таблица 12- Точки наблюдения

Точки наблюд.	Положение круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	$\alpha$	$H_1=h_1+h_2$
А	КЛ	$27^{\circ}46'$	0	$27^{\circ}46'$	6,582
	КП	$- 27^{\circ}46'$			
В	КЛ	$- 7^{\circ}30'$	0	$-7^{\circ}30'$	
	КП	$7^{\circ}30'$			

$$H_1 = h_1 + h_2 = d \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 + d \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (\pm 2\text{мм})$$

$$H_1 = h_1 + h_2 = 10 \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 46' + 10 \cdot \operatorname{tg} 7^\circ 30' = 6,582$$

Вторая станция

$$d = 15\text{м}$$

Таблица 13- Точки наблюдения

Точки наблюд.	Положение круга	Отсчеты по вертикально- му кругу	МО	$\alpha$	$H_2=h_1+h_2$
А	КЛ	$18^{\circ}45'$	0	$18^{\circ}45'$	6, 58
	КП	- $18^{\circ}45'$			
В	КЛ	- $5^{\circ}40'$	0	- $5^{\circ}40'$	
	КП	$5^{\circ}40'$			

$$H_2 = h_1 + h_2 = d \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 + d \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (\pm 2\text{мм})$$

$$H_2 = h_1 + h_2 = 15 \cdot \operatorname{tg} 18^\circ 45' + 15 \cdot \operatorname{tg} 5^\circ 40' = 6,58$$

$$H_{\text{сред.}} = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

$$H_{\text{сред.}} = \frac{6,582 + 6,58}{2} = 6,581 \text{ м}$$

## ***Практическая работа № 11 «Определение вертикальности конструкции»***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять измерения по контролю установки конструктивных элементов в вертикальной плоскости.*

### ***Обеспечение:***

- теодолит;*
- отвес;*
- рулетка;*
- письменно - чертежные принадлежности.*

### **В результате выполнения практической работы студент должен:**

**знать:** алгоритм выполнения измерений по контролю установки конструктивных элементов в вертикальной плоскости.

**уметь:** выполнять измерения по контролю установки конструктивных элементов в вертикальной плоскости.

### **Методика выполнения работы**

При монтаже конструкций промышленных сооружений необходимо уметь определять угловые и линейные ошибки в положении верхних осевых точек вертикальных конструкций. Для этого теодолит устанавливают О (см. рис.35) так, чтобы луч визирования был перпендикулярен к одной из граней, т.е. 1 2 3 4 колонны, и на расстоянии  $S$ , примерно в два раза больше ее высоты. Измеряют расстояние от станции О до торца колонны. Затем наблюдают левые и правые, верхние и нижние обрезы грани в точках 1, 2, 3, 4 при положениях круг право и круг лево, записывая в журнал соответственные отсчеты горизонтального круга. Среднее из средних отсчетов при наблюдении точек 1 и 2, 3 и 4 будет соответствовать отсчетам, отнесенным к осевым точкам С и С' по верху и в основании. Если эти средние отсчеты, отнесенные к точкам С и С' совпадают,

это будет означать, что данная вертикальная конструкция симметрична относительно осевой линии и действительно вертикальна. В противном случае величина  $\Delta\alpha$  несовпадения средних отсчетов будет угловой ошибкой положения верха данной конструкции относительно ее основания. Зная горизонтальное расстояние  $d$  от точки стояния до конструкции, можно вычислить и величину  $\Delta l$  линейной ошибки.

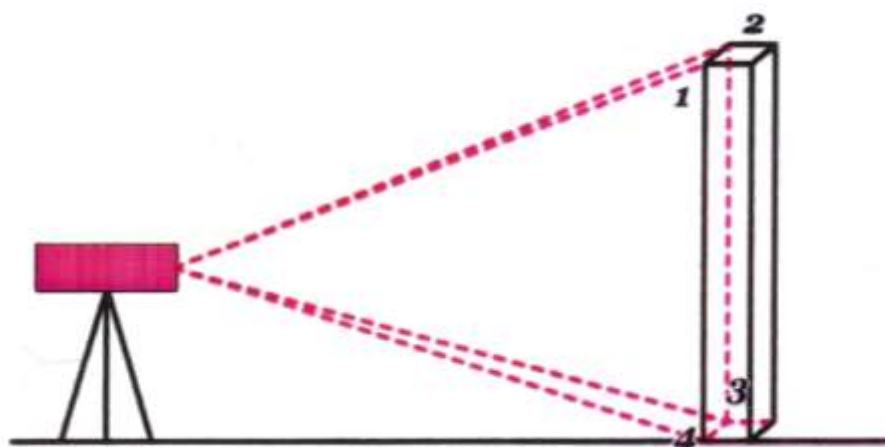


Рисунок 38- Определение вертикальности сооружения

Таблица 14- Данные отсчета

Точки	Положение круга	Отсчеты по горизонтально- му кругу
1	КП	27°03'
	КЛ	207°03'
2	КП	30°53'
	КЛ	210°53'
3	КП	30°55'
	КЛ	210°55'
4	КП	27°05'
	КЛ	207°05'

$$1. \text{ Осевого верх } \text{КЛ} = \frac{1+2}{2} = \text{а}$$

$$\text{а} = \frac{207^{\circ}03' + 210^{\circ}53'}{2} = 208^{\circ}58'$$

$$2. \text{ Осевого верх } \text{КП} = \frac{1+2}{2} = \text{в}$$

$$\text{в} = \frac{27^{\circ}03' + 30^{\circ}53'}{2} = 28^{\circ}58'$$

$$3. \text{ Осевого низ } \text{КЛ} = \frac{3+4}{2} = \text{с}$$

$$\text{с} = \frac{210^{\circ}55' + 207^{\circ}05'}{2} = 209^{\circ}00'$$

$$4. \text{ Осевого низ } \text{КП} = \frac{3+4}{2} = \text{д}$$

$$\text{д} = \frac{30^{\circ}55' + 27^{\circ}05'}{2} = 29^{\circ}00'$$

$$5. \text{ Среднее значение осевого верха } \text{А} = \frac{\text{а} + \text{в}}{2}$$

$$\text{А} = (208^{\circ} 58' + 28^{\circ} 58') : 2 = 118^{\circ} 58'$$

$$6. \text{ Среднее значение осевого низа } \text{В} = \frac{\text{с} + \text{д}}{2}$$

$$\text{В} = (209^{\circ} + 29^{\circ}) : 2 = 119^{\circ}$$

$$7. \quad \Delta\alpha = \text{А} - \text{В} \text{ (в секундах)}$$

$$\Delta\alpha = (118^{\circ}58' - 119^{\circ}) = -0^{\circ}02' = 120'' \text{ (сек)}$$

$$8. \Delta\lambda = \Delta\alpha \cdot S \cdot \sin 1'' = (\Delta\alpha \cdot S) : 206265 \quad \frac{\Delta\lambda = \Delta\alpha \cdot S \cdot \sin 1'' = \Delta\alpha \cdot S}{206265}$$

$$S = 15000 \text{ мм}$$

$$\sin 1'' = \frac{1}{206265}$$

$$\Delta\lambda = \frac{120 \cdot 15000}{206265} = 8.73 \text{ мм}$$

## **Критерии оценки выполнения студентами отчетных работ**

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную без-ошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную с ошибками, исправленными с помощью преподавателя.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу с грубыми ошибками, не устраненными в установленные сроки

## **Литература**

1. Кравченко Ю.А. Геодезия [Электронный ресурс]: учебник/ Ю.А. Кравченко.- М.:ИНФА-М. 2018.- 344 с.
2. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования: в 2 ч.: учебник для студ. СПО/ А. Г . Схиртладзе и др. -2-е изд., стер.-М.: Академия, 2017.-256с.