

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ»**

специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение  
(учебный план 2020)

Челябинск, 2020

# **АКТ СОГЛАСОВАНИЯ**

**на методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по дисциплине «Основы геодезии» для специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение, разработанные преподавателем ГБОУ СПО Южно-Уральского государственного технического колледжа. Халиловой И.В. и Стариковым Д.К.**

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Основы геодезии» специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Представленные автором методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ четко структурированы и отражают все темы основных разделов дисциплины «Основы геодезии».

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по дисциплине «Основы геодезии» могут быть использованы в общеобразовательных учреждениях СПО для специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Главный инженер ООО «Проспект и К<sup>о</sup>» \_\_\_\_\_ А.В.Суздалев



## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений программой учебной дисциплины предусматриваются лабораторные и практические работы, которые проводятся после изучения соответствующей темы. Отчетом о выполнении заданий является заполнение рабочей тетради по дисциплине «Основы геодезии».

Лабораторные занятия проводятся с использованием приборов - нивелиров: НЗ, 2Н – 10Л, НС 4, VEGAL30; нивелирных реек: РН – 3000, VEGATS 3М; теодолитов 2Т30, 2Т5К, VEGATEO – 20; лазерного дальномера LeicaDisto™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 и умений он получит.

*В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:*

- читать топографическую карту;
- определять на карте длины, ориентационные углы проектных линий, координаты и высоты точек;
- по известным координатам определять положение точки и проектной величины на местности инструментальными методами;
- обрабатывать результаты полевых измерений;
- ориентироваться по чертежам и схемам сетей на местности.

*В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:*

- основные геодезические определения;
- методы и принципы выполнения геодезических работ;
- геодезические приборы;
- основные геодезические задачи, решаемые по карте;
- способы и правила геодезических измерений;
- основные виды геодезических работ при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений.

В результате освоения учебной дисциплины студент осваивает элементы профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Принимать участие в проектировании элементов систем водоснабжения и водоотведения.

ПК 1.2. Определять расчетные расходы воды.

ПК 1.3. Разрабатывать технологические схемы очистки воды и обработки осадков.

ПК 1.4. Производить расчеты элементов систем водоснабжения и водоотведения.

ПК 1.5. Разрабатывать чертежи элементов систем водоснабжения и водоотведения.

ПК 1.6. Определять, анализировать и планировать технико-экономические показатели систем водоснабжения и водоотведения.

ПК 1.7. Устанавливать соответствие проектных решений природоохранным требованиям.

В результате освоения дисциплины студент осваивает элементы общих компетенций:

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

ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникации на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 8. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

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

ОК 11. Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

При выполнении практических и лабораторных работ студенты не только овладевают знаниями, но и приобретают умения и навыки, необходимые им в дальнейшей познавательной и трудовой деятельности.

## Перечень практических и лабораторных работ для специальности

### 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	Определение ориентирных углов линий.	1
4	Определение координат точек.	1
5	Вычислительная обработка теодолитного хода.	2
6	Нанесение точек теодолитного хода на план.	2
7	Составление проекта вертикальной планировки участка.	2
8	Обработка материалов полевого трассирования.	2
9	Построение профиля и расчет проектных элементов.	2
	<b>Итого</b>	<b>16</b>

### Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Количество часов на выполнение работы
1	Работа с теодолитом. Выполнение поверок теодолита.	2
2	Измерение углов теодолитом.	2
3	Работа с нивелиром. Обработка результатов нивелирования.	2
4	Вынос в натуру проектных элементов.	2
	<b>Итого</b>	<b>8</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: 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 практического задания 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.**

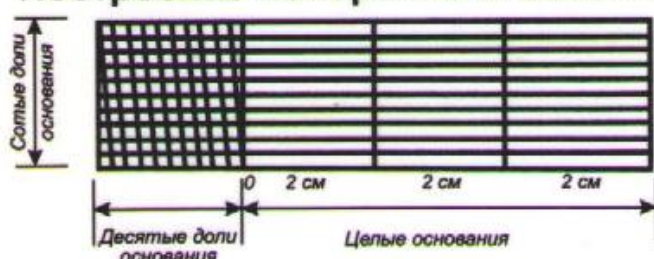
Размеры участков земной поверхности и предметов, на них расположенных,

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.

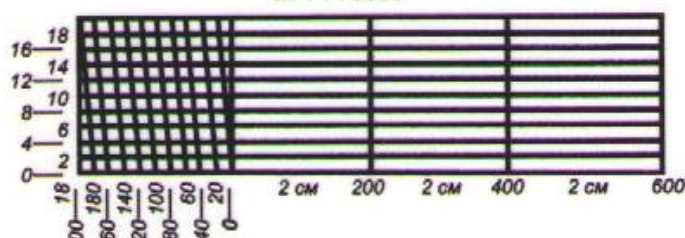


## Построение поперечного масштаба

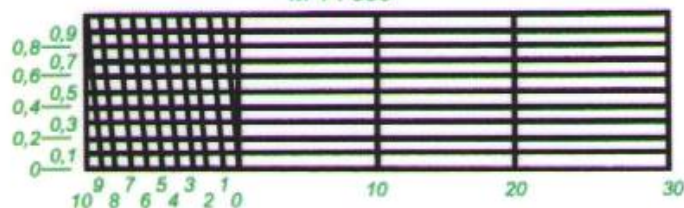


## Оцифровка поперечного масштаба

$M 1 : 10000$



$M 1 : 500$



## Установка раствора циркуля-измерителя

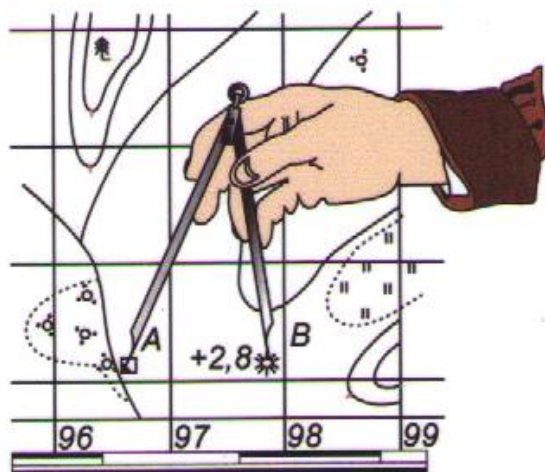
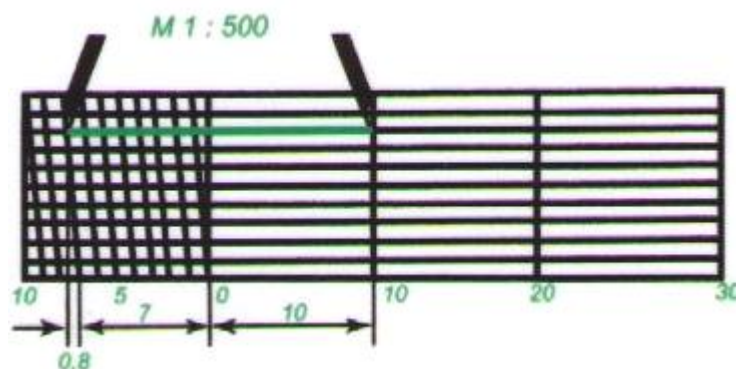


Рис. 1

Поперечный масштаб применяют для измерений и построений повышенной точности. Обычно поперечный масштаб гравирован 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 2 см, 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. рис. 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

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.



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

Требуется на план масштаба 1:2000 наложить линию местности, равную 110,8 м (см. рис. 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.

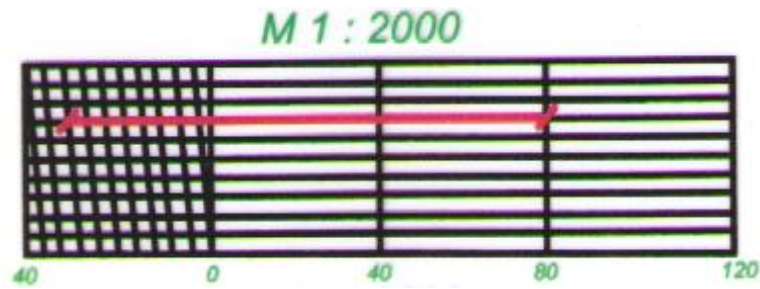


Рис. 3

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

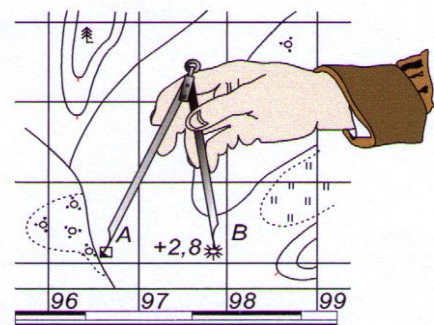
Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которой отложен ряд равных отрезков, называемых основанием масштаба. Чаще всего основание масштаба принимают равным 2 см.

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 (рис. 4).

#### Построение линейного масштаба



#### Установка раствора циркуля-измерителя



## Отсчеты по диаграмме масштаба

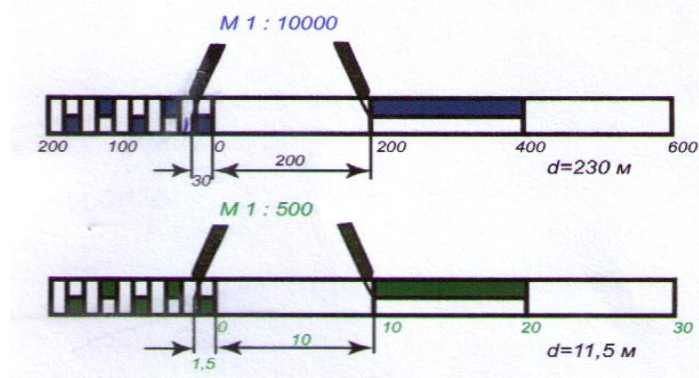


Рис. 4. Линейный масштаб

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. рис. 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 (стр. 14). Масштаб плана 1:2000

ДАНО: РЕШЕНИЕ:

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

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

$M 1 : 2000$

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; 22м.

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

Ширина и длина 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 немасштабными условными знаками.

Точность масштаба 1:25000 равна 2,5 м.

Расчет можно вести следующим образом:

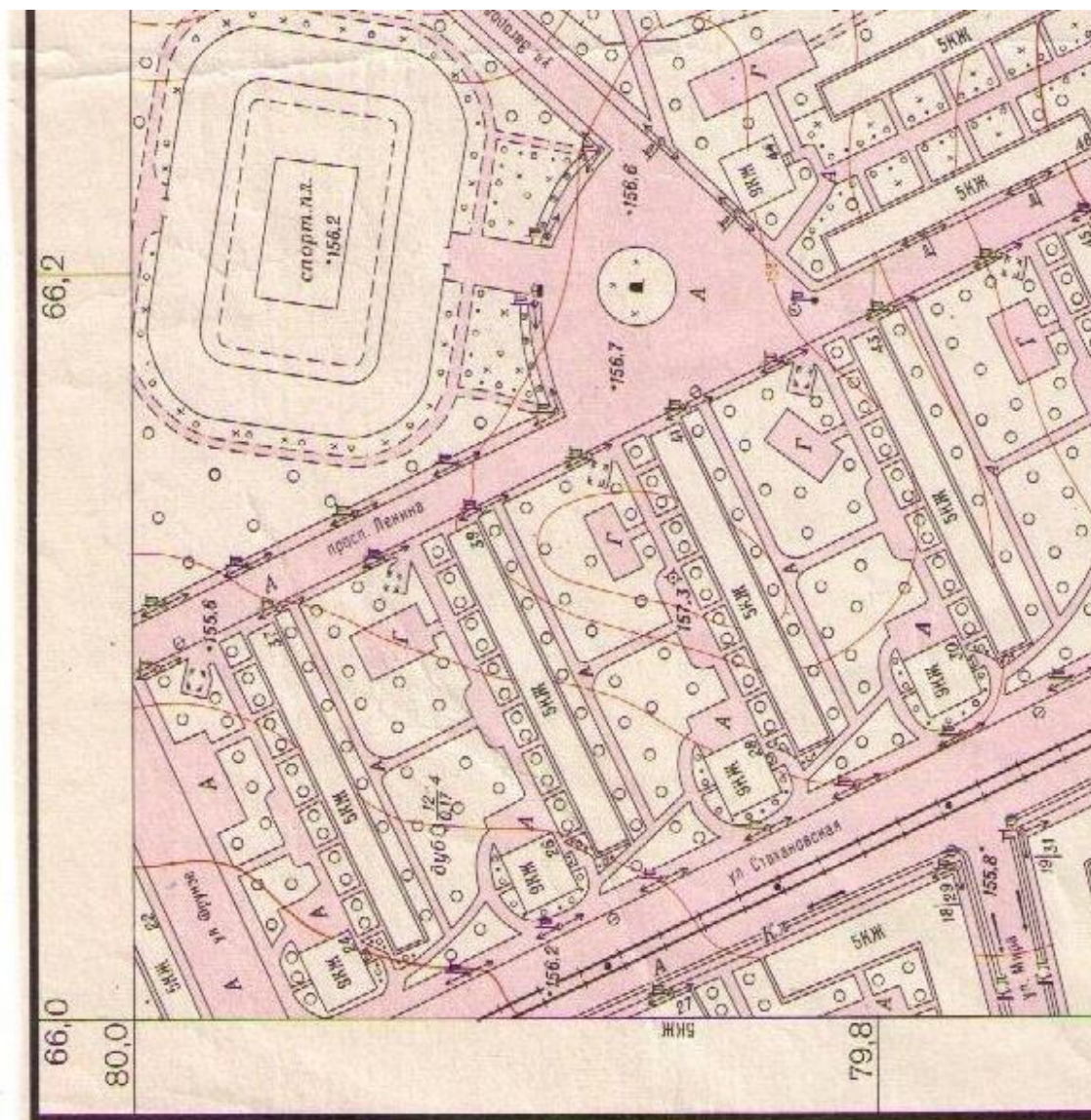
В 1 см – 250 м;

В 1 мм – 25 м;

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

Топографический план





***Практическая работа: 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.

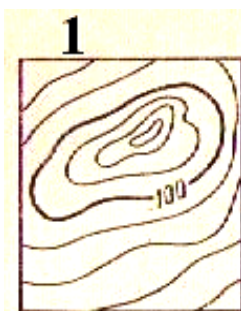
**В результате выполнения практического задания студент должен:**

**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, читать топографическую карту.

### **Методика выполнения задания.**

1. Подпишите название формы рельефа:



1 - гора

Изображение основных форм рельефа представлено на рисунке 5.

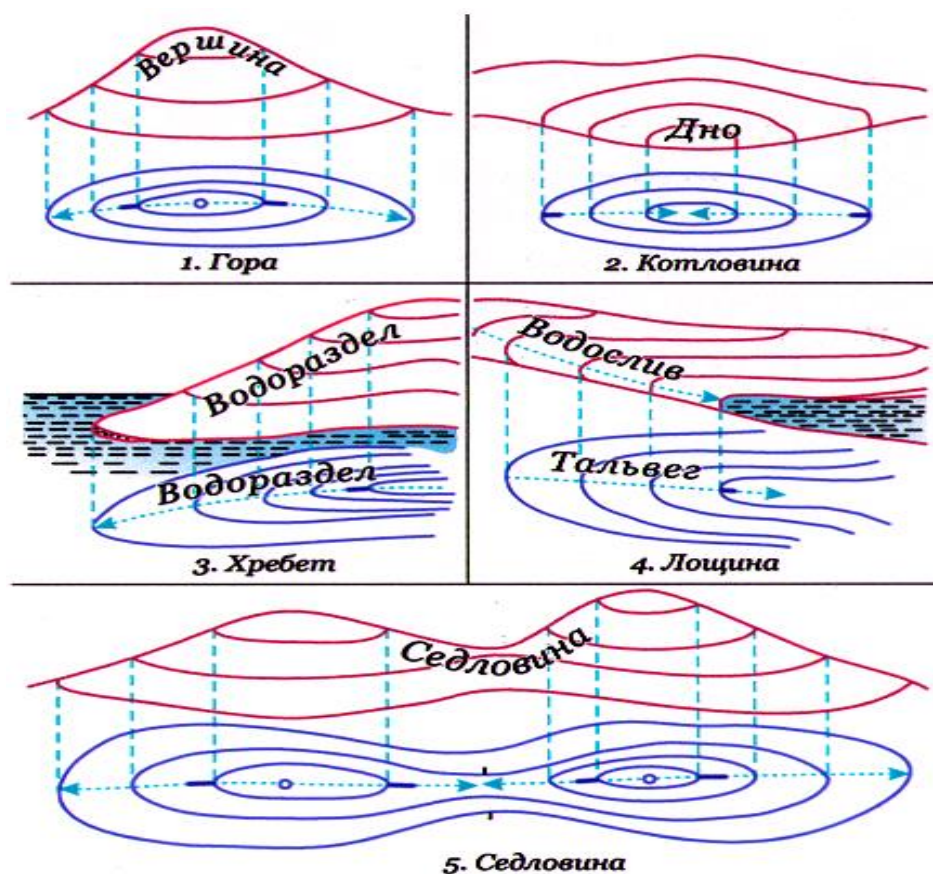
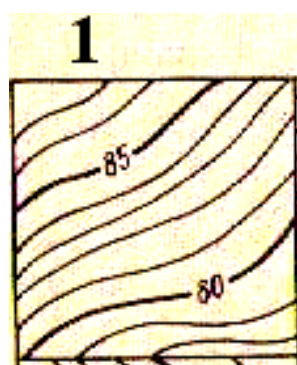


Рис. 5. Изображение основных форм рельефа горизонталями

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.

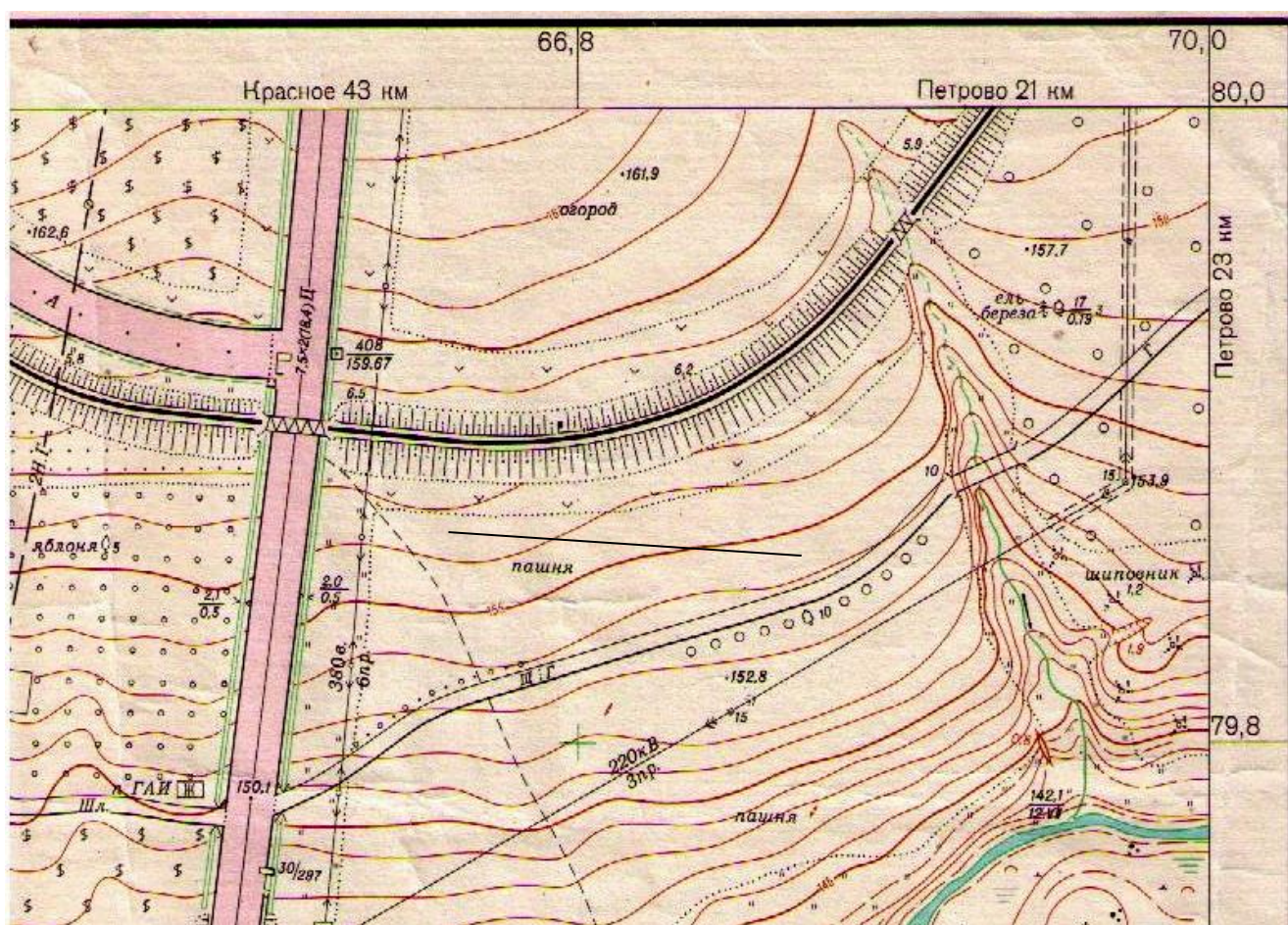
Для определения высоты рельефа в разрывах утолщенных и некоторых других горизонталей подписывают их отметки. При этом основания цифр отметок горизонталей ставят в сторону понижения ската.



### 3. Определить на топографическом плане 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



- отметка т. 1 определяется по формуле:

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

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:

$$H_{\text{мг.}} = 156 \text{ м};$$

$$h = 1 \text{ м};$$

$$c = 3 \text{ мм на плане};$$

$$d = 7 \text{ мм на плане.}$$

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

$$d = 7 \text{ мм на плане} = 14 \text{ м на местности}$$

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

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

Исходные данные т. 2:

$$H_{\text{мг.}} = 154 \text{ м};$$

$$h = 1 \text{ м};$$

$$c = 2 \text{ мм на плане};$$

$$d = 6 \text{ мм на плане.}$$

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

$$d = 6 \text{ мм на плане} = 12 \text{ м на местности}$$

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

4. Определяем уклон линии по формуле:

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

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

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

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

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

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 рис. 6 за условный горизонт принята высота, равная 100м)

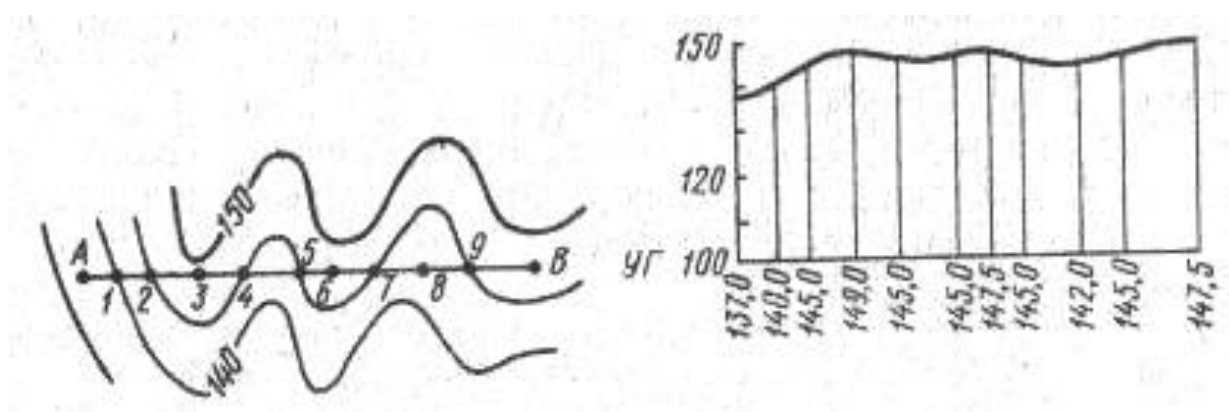


Рис. 6

**Практическая работа: Определение ориентирных углов линий.**

**Цель работы:**

1. Научиться определять ориентированные углы линий по планам и картам.
2. Развить навыки применения формул связи между румбами и дирекционными углами.

**Обеспечение:**

- письменно - чертежные принадлежности;
- рабочая тетрадь.

**В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** суть геодезических понятий: азимут, румб, дирекционный угол, склонение магнитной стрелки, сближение меридианов.

**уметь:** измерять ориентирные углы направлений, вычислять румб, сближение меридианов, имея значение угла в минутах выражать его в градусах с точностью  $0^{\circ} 01'$ .

**Методика выполнения задания.**

1. Угол  $\alpha$  дан в минутах, выразить его в градусах с точностью  $0^{\circ} 01'$

$$\alpha = 3467'$$

$$1) 3467' : 60' = 57^{\circ}$$

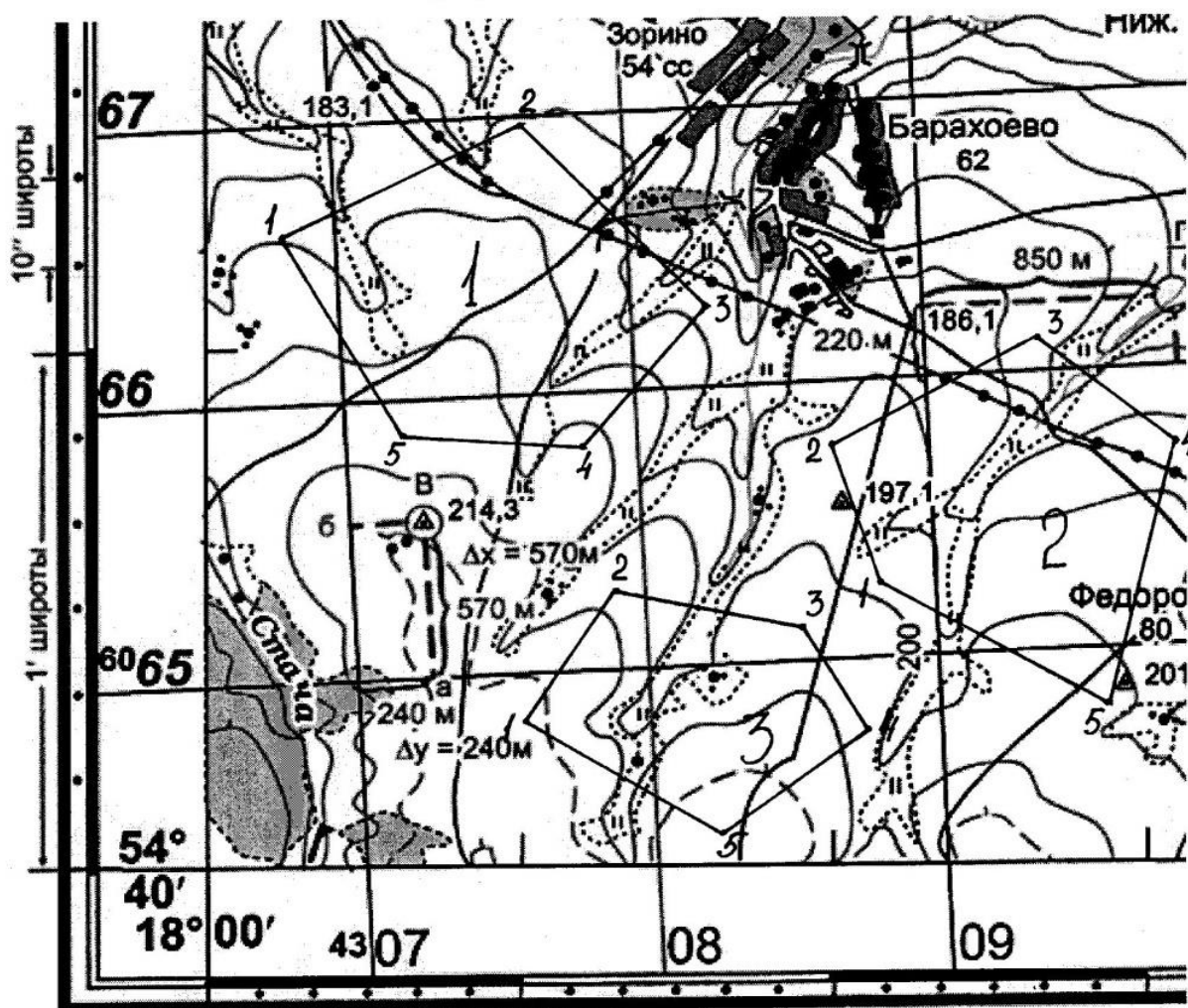
$$2) 57^{\circ} \cdot 60' = 3420'$$

$$3) 3467' - 3420' = 47'$$

Ответ:  $57^{\circ} 47'$

2. На предоставленной топографической карте измерить при помощи транспортира внутренние углы полигона.

Топографическая карта



$$\beta_1 = 83^\circ ; \beta_2 = 110^\circ ; \beta_3 = 93^\circ ; \beta_4 = 128^\circ ; \beta_5 = 126^\circ ;$$

теоретическая сумма углов вычисляется по формуле:

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

где  $n$  – число углов в полигоне

$$\Sigma \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ \cdot (5-2) = 540^\circ$$

3. На топографическом карте при помощи транспортира измерить дирекционный угол и азимут линии 1-2

Для измерения дирекционного угла линии через начальную ее точку проводят линию, параллельную оси абсцисс, и непосредственно при этой точке измеряют дирекционный угол.

Для непосредственного измерения истинного азимута линии через ее начальную точку проводят меридиан (параллельно восточной или западной рамке трапеции) и относительно него измерить азимут.

$$\alpha_{1-2} = 67^\circ$$

$$A_{1-2} = 65^\circ$$

4. Вычислить дирекционные углы линий по формуле:

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

$\alpha_{1-2}$  - дирекционный угол линии 1-2

$\beta_2$  - внутренний угол полигона

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4$$

$$\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_5$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1$$

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

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

$$\alpha_{2-3} = 67^\circ + 180^\circ - 110^\circ = 137^\circ$$

$$\alpha_{3-4} = 137^\circ + 180^\circ - 93^\circ = 224^\circ$$

$$\alpha_{4-5} = 224^\circ + 180^\circ - 128^\circ = 276^\circ$$

$$\alpha_{5-1} = 276^\circ + 180^\circ - 126^\circ = 330^\circ$$

$$\alpha_{1-2} = 330^\circ + 180^\circ - 83^\circ = 427^\circ - 360^\circ = 67^\circ$$

5. Полученные данные занести в таблицу, выразить румб.

№ точек	$\alpha$	г
		Название румба, формула расчета
1		
	$67^\circ$	СВ $67^\circ$
2		
	$137^\circ$	ЮВ $180^\circ - 137^\circ = 43^\circ$
3		
	$224^\circ$	ЮЗ $224^\circ - 180^\circ = 44^\circ$
4		
	$276^\circ$	ЮЗ $276^\circ - 180^\circ = 96^\circ$
5		
	$330^\circ$	СЗ $360^\circ - 330^\circ = 30^\circ$
1		

## ***Практическая работа: Определение координат точек.***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться определять прямоугольные и географические координаты точек, заданных на топографической карте.*

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** суть геодезических понятий: меридиан, параллель, экватор, алгоритм определения координат точек.

**уметь:** определять географические и прямоугольные координаты точек, по известным координатам находить местоположение точки на карте.

### **Методика выполнения задания**

1. Определить географические координаты точки А на топографической карте рис. 8.

Географические координаты точки А широту  $\varphi$  и долготу  $\lambda$  определяют на плане или карте, пользуясь минутными шкалами рамок трапеции. Для определения широты через точку А проводят линию параллельно рамкам трапеций и берут отчеты в местах пересечения со шкалой западной или восточной рамок (рис. 7). Аналогично для определения долготы через точку А проводят меридиан и берут отсчеты по шкалам северной или южной рамок.



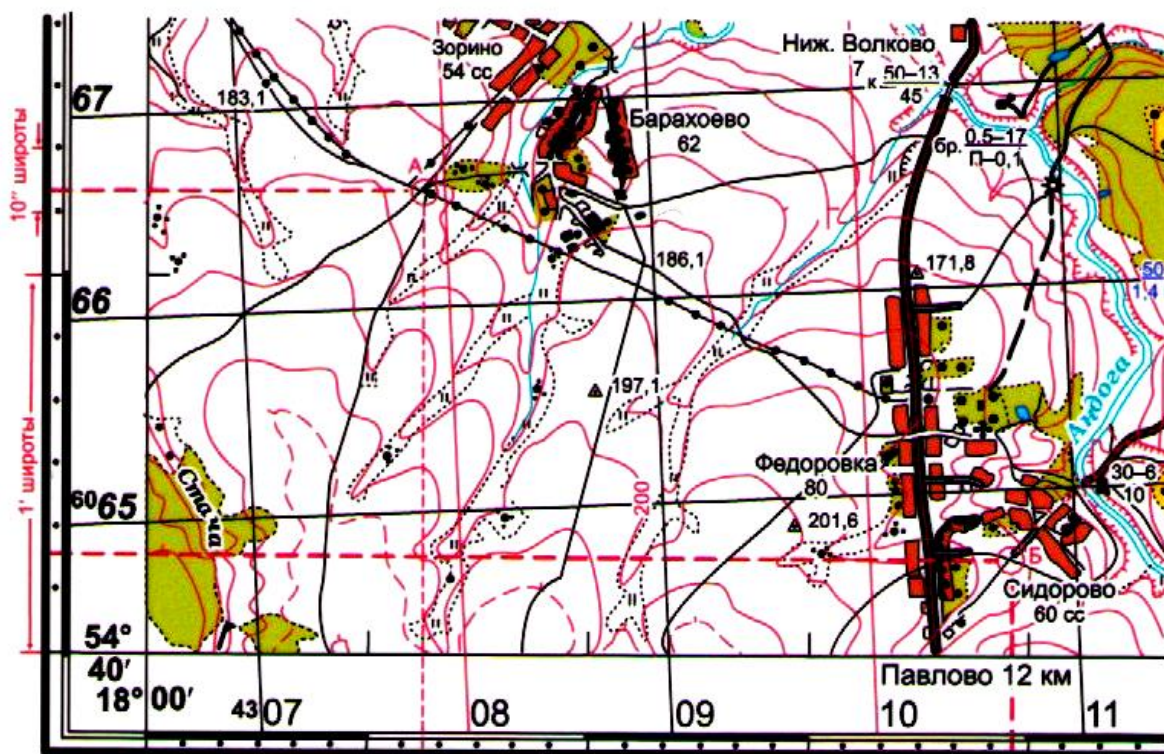


Рис. 7. Топографическая карта

**54° 40' – северная широта**  
**18° 00' – восточная долгота** } **Географические координаты юго-западного угла карты**

### **I. Определение широты и долготы точки А**

**$\lambda_A = 18^\circ 01' 15''$  восточной долготы**

**$\varphi_A = 54^\circ 41' 13''$  северной широты**

### **II. Определение положения любой точки на карте, зная географические координаты**

**Точка Б имеет широты 54° 40' 15'' и долготу 18° 03' 56''**

2. Определить прямоугольные координаты т.В и т.Г на топографической карте рис. 8.

Прямоугольные координаты точек определяют относительно километровых линий сетки.

Точка В имеет абсциссу нижней километровой линии квадрата  $x_0=6065$  км. Далее измеряют расстояние  $\Delta x$  и пользуясь линейным масштабом карты

определяют, чему оно равно на местности. Полученную величину 560 м складывают с величиной абсциссы линии.

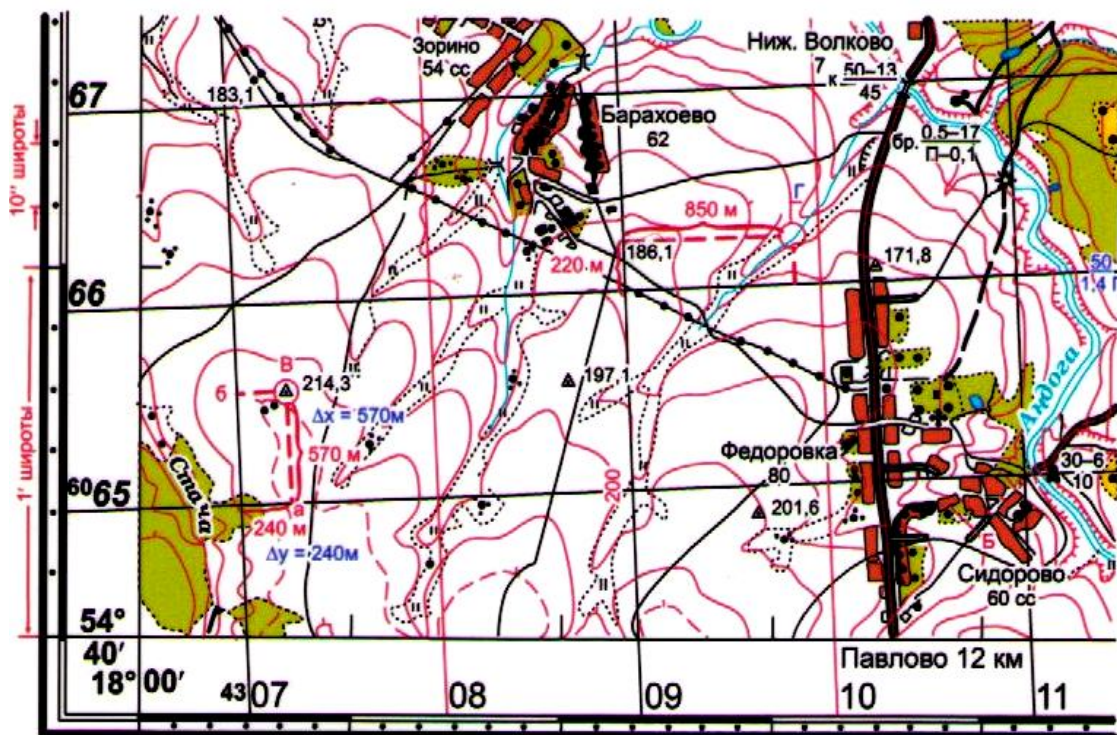


Рис. 8. Топографическая карта

6066 км –  $x$  } прямоугольные координаты  
4307 км –  $y$  } цифра 4 в числе 4307 – номер шестиградусной зоны

#### I. Определение прямоугольных координат точки В

$$x_B = x_0 + \Delta x$$

$$y_B = y_0 + \Delta y$$

где  $x_0$  – абсцисса нижней километровой линии квадрата

$y_0$  – ордината левой стороны квадрата

$\Delta x$  – расстояние в масштабе от точки В до абсциссы нижней километровой линии квадрата

$\Delta y$  – расстояние в масштабе от точки В до ординаты левой стороны квадрата

$$x_B = 6065000 \text{ м} + 570 \text{ м} = 6065570 \text{ м}$$

$$y_B = 4307000 \text{ м} + 240 \text{ м} = 4307240 \text{ м}$$

#### II. Нанесение точки на карту, зная прямоугольные координаты

Координаты точки Г:  $x_G = 6066220 \text{ м}$  и  $y_G = 4309850 \text{ м}$

$$x_0 = 6066000 \text{ м} \quad \Delta x = 220 \text{ м}$$

$$y_0 = 4309000 \text{ м} \quad \Delta y = 850 \text{ м}$$



**Лабораторная работа: 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 лабораторного задания студент должен:**

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

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

**Методика выполнения задания**

1. Подготовить теодолит к работе (см. рис. 9).

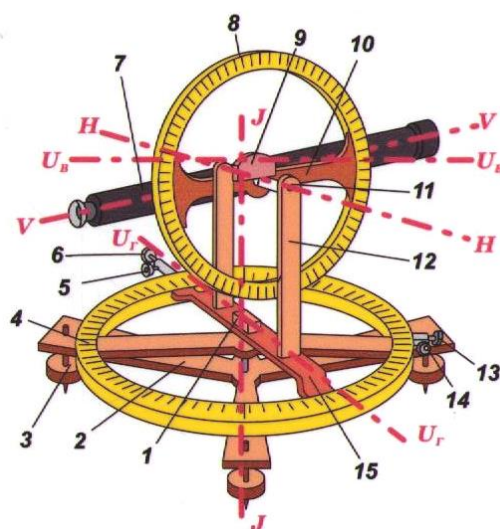
До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами.



Рис. 9

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 рис. 10).



Основные оси теодолита  
**JJ** – ось вращения прибора (вертикальная ось); **HH** – ось вращения трубы (горизонтальная ось);  
**VV** – визирная ось зрительной трубы;  
**U<sub>Г</sub>U<sub>Г</sub>U<sub>Г</sub>U<sub>Г</sub>** – оси уровней при горизонтальном и вертикальном кругах прибора

Рис. 10

Последовательность проверок теодолита следующая:

1. Ось цилиндрического уровня  $U_{Г}U_{Г}$  при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора JJ.

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).

2. Вертикальная нить сетки должна быть установлена отвесно.

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 проверку.

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:

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

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

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:

$$КЛ_{исп} = КЛ - C \text{ или}$$

$$КП_{исп} = КП + C$$

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

$$МО = 0,5 (КЛ + КП)$$

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

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:

$$КЛ_{исп} = КЛ - МО \text{ или}$$

$$КП_{исп} = КП - МО$$

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  $180^{\circ}$ , 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 11.

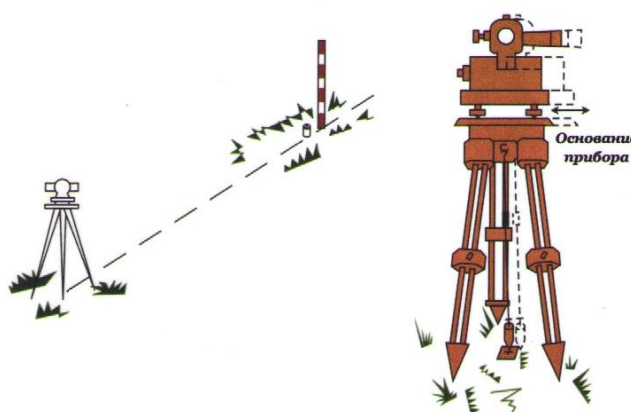


Рис. 11

### 4. Снять показания лимба горизонтального и вертикального круга (см. рис. 12).

Показания лимба горизонтального круга  $125^{\circ} 06'$ , лимба вертикального круга  $-0^{\circ} 26'$  (см. рис. 12А для теодолита 2Т30).

Показания лимба горизонтального круга  $70^{\circ} 05'$ , лимба вертикального круга  $-358^{\circ} 48'$  (см. рис. 12Б для теодолита Т30).



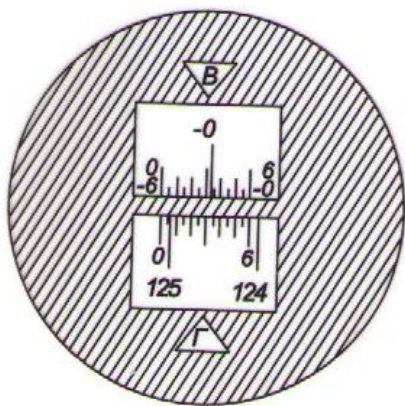


Рис. 12 А

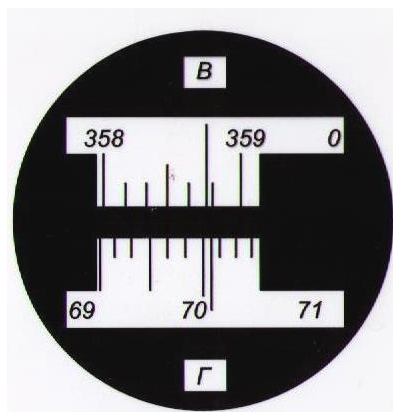


Рис. 12 Б

## ***Лабораторная работа: Измерение углов теодолитом.***

### ***Цель работы:***

- 1. Развить навыки измерения горизонтального угла одним полным приемом.*
- 2. Развить навыки измерения вертикального угла.*
- 3. Научиться вести полевой журнал и выполнять контроль измерений.*

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения лабораторного задания студент должен:**

**знать:** порядок измерений горизонтального и вертикального углов, алгоритмы вычислительной обработки измерений.

**уметь:** использовать теодолит для измерения горизонтального и вертикального углов.

### **Методика выполнения задания**

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. рис.13).

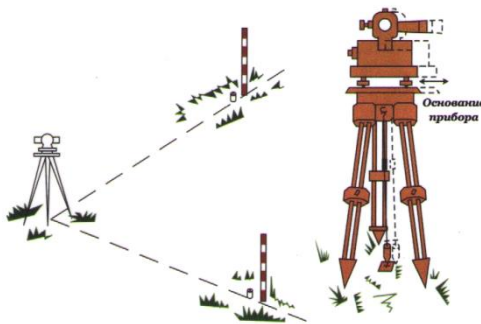


Рис. 13

3. Для измерения горизонтальных углов применяют способ приемов.

Теодолит установить в рабочее положение в вершине А угла и, закрепив лимб, навести трубу на «заднюю» точку С (см. рис. 14). 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.

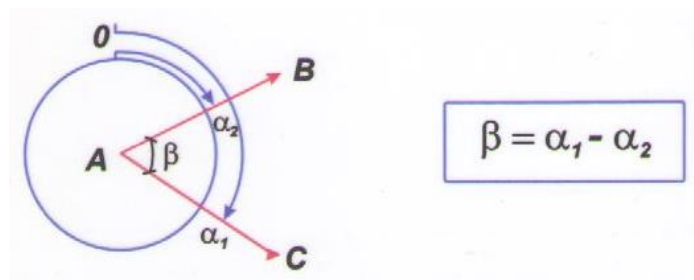


Рис. 14

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  $90^0$ . 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.

№ 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'		

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

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

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

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.

5. 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. рис. 15).

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.

### Измерение вертикального угла

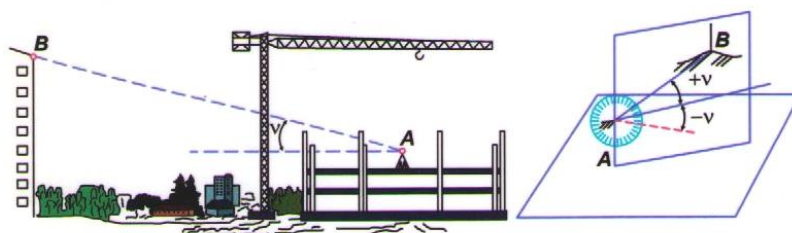


Рис. 15 Измерение вертикального угла

6. Данные по измерению вертикального угла занести в таблицу.

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

Для теодолитов *T30* и *4T30* с круговой оцифровкой  $0^{\circ} - 360^{\circ}$  используются следующие формулы:

$$МО = (КЛ + КП + 180^{\circ}) / 2;$$

$$v = КЛ - МО;$$

$$v = МО - КП - 180^{\circ};$$

$$v = (КЛ - КП - 180^{\circ}) / 2$$

В теодолитах *2T30П*, *3T30П*, *2T5*, *T5К*, *3T5КП* градусные деления вертикального круга разделены на четыре сектора, каждый оцифрован от  $0^{\circ}$  до  $75^{\circ}$  или  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  с указанием знака «минус» для отрицательных углов наклона, а формулы для вычисления значений МО и  $v$  имеет вид

$$МО = (КЛ + КП) / 2;$$

$$v = КЛ - МО;$$

$$\nu = MO - KP;$$

$$\nu = (KL - KP) / 2.$$

*Пример 1.* Вычислить угол наклона  $\nu$ , если при визировании на точку получены отсчеты  $L = 6^\circ 41'$ ;  $P = 173^\circ 21'$  (теодолиты Т30, 4Т30П).

*Решение полное.*  $MO = (6^\circ 41' + 360^\circ + 173^\circ 21' + 180^\circ) / 2 = (720^\circ 02') / 2 = 360^\circ 01' = 0^\circ 01'$ ;

$$\nu = L - MO = 6^\circ 41' - 0^\circ 01' = +6^\circ 40';$$

$$\nu = MO - P - 180^\circ = 360^\circ 01' - 173^\circ 21' - 180^\circ = +6^\circ 40';$$

$$\nu = (L - P - 180^\circ) / 2 = (6^\circ 41' + 360^\circ - 173^\circ 21' - 180^\circ) / 2 = (+13^\circ 20') / 2 = +6^\circ 40'.$$

*Решение сокращенное.*  $MO = (L + P + 180^\circ) / 2 = (6^\circ 41' + 173^\circ 21' + 180^\circ) / 2 = (360^\circ 02') / 2 = 180^\circ 01' + 180^\circ = 360^\circ 01' = 0^\circ 01'$ ;  $\nu = L - MO = 6^\circ 41' - 0^\circ 01' = +6^\circ 40'$ .

*Пример 2.* При визировании на точку получены отсчеты  $L = 354^\circ 02'$ ;  $P = 186^\circ 00'$  (теодолиты Т30, 4Т30П). Вычислить угол наклона.

*Решение сокращенное.*  $MO = (L + P + 180^\circ) / 2 = (354^\circ 02' + 186^\circ 00' + 180^\circ 00') / 2 = (720^\circ 02') / 2 = 360^\circ 01' = 0^\circ 01'$ ;

$$\nu = L - MO = 354^\circ 02' - 360^\circ 01' = -5^\circ 59'.$$

*Пример 3.* При визировании на точку М теодолитом 2Т30П получены отсчеты по вертикальному кругу  $L = -3^\circ 10'$ ,  $P = +3^\circ 12'$ . Вычислить угол наклона.

*Решение.*  $MO = (L + P) / 2 = (-3^\circ 10' + 3^\circ 12') / 2 = +0^\circ 01'$ ;  $\nu = L - MO = -3^\circ 10' - 0^\circ 01' = -3^\circ 11'$ .

$$\text{Контроль } \nu = MO - P = -3^\circ 11'.$$

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

## ***Лабораторная работа: Работа с нивелиром. Обработка результатов нивелирования.***

### ***Цель работы:***

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

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения лабораторного задания 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 становым 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.

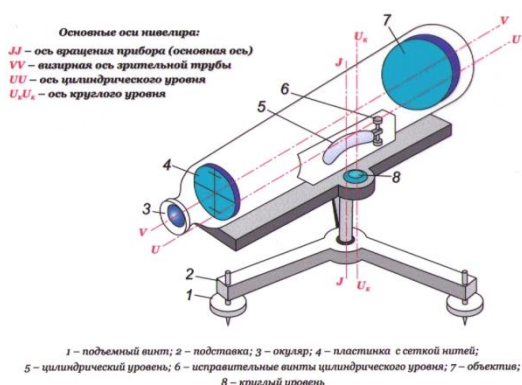
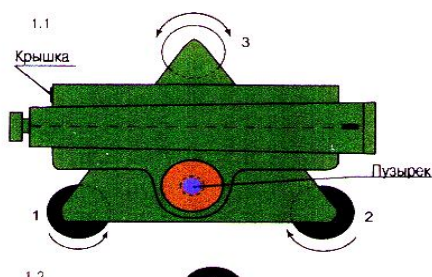
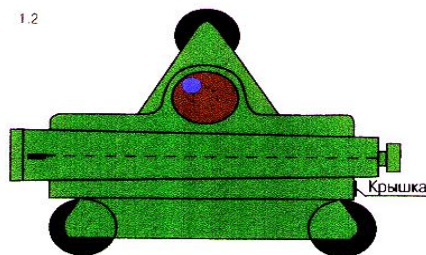


Рис. 16

### 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора

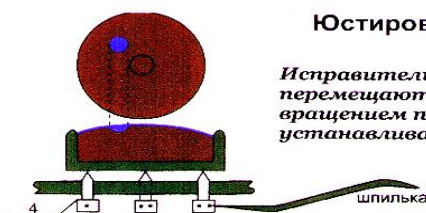


Пузырек круглого уровня приводится в нуль-пункт одновременным вращением подъемных винтов 1 и 2 в разных направлениях и винта 3.



Верхнюю часть нивелира поворачивают на  $180^\circ$ . При смещении пузырька с центра выполняют юстировку.

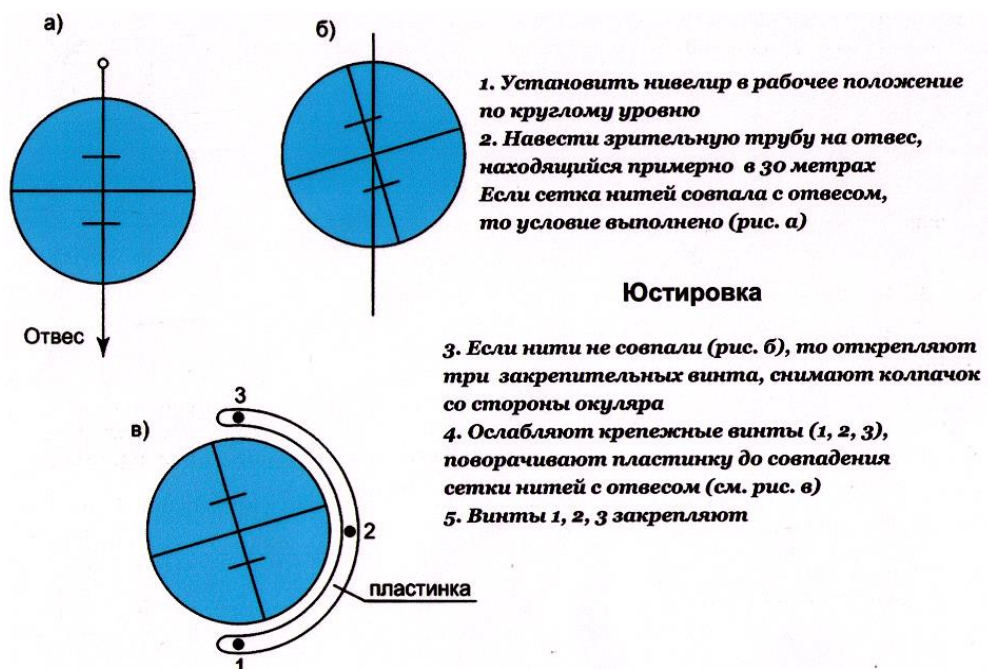
### Юстировка



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

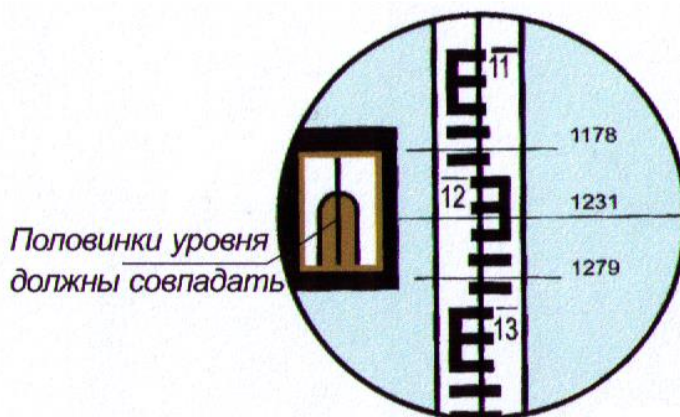


2. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира



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.

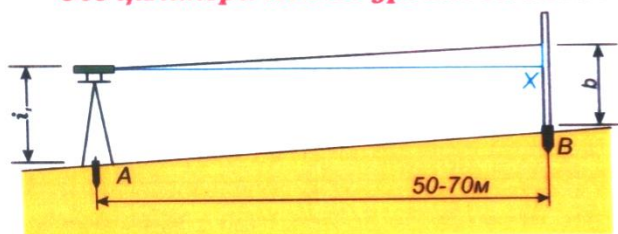


4. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы – главное условие нивелира

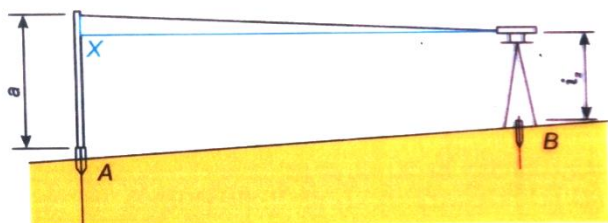
## Поверки нивелиров с цилиндрическим уровнем III

### Поверка цилиндрического уровня

*Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы*



**1.** На местности с небольшим уклоном забивают 2 колья 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  $x \leq \pm 4$ 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.** Снимают 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

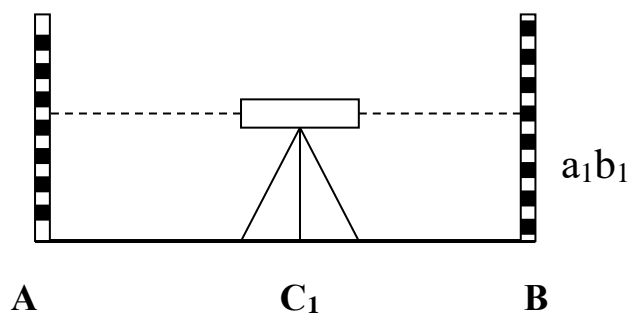


$$x = (1395 + 1385) : 2 - (1382 + 1390) : 2 = 4 \text{ мм}$$

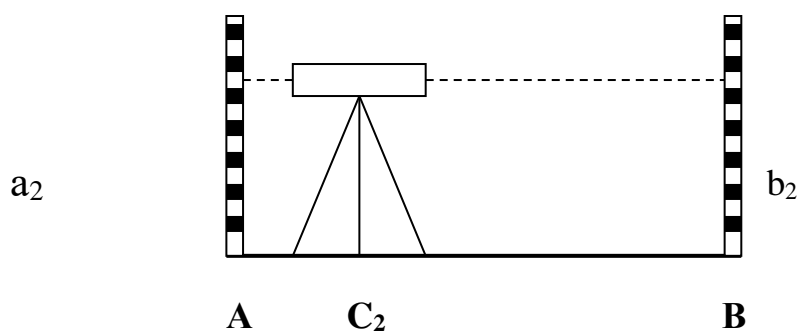
**5.** Проверка положения визирной оси (для самоустанавливающихся нивелиров).

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. рис. 17).

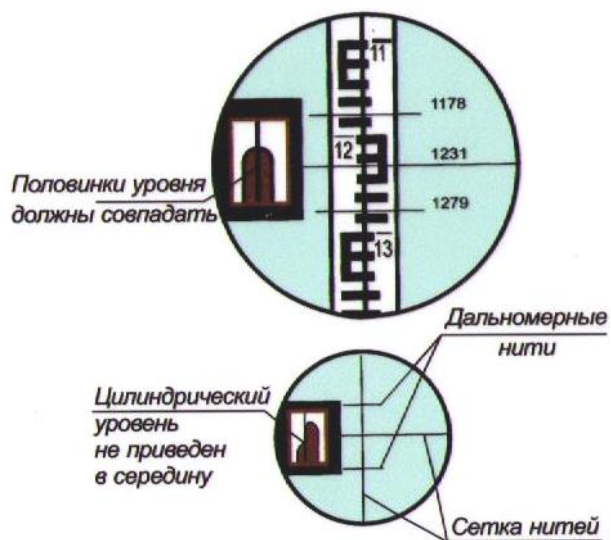


Рис. 17

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

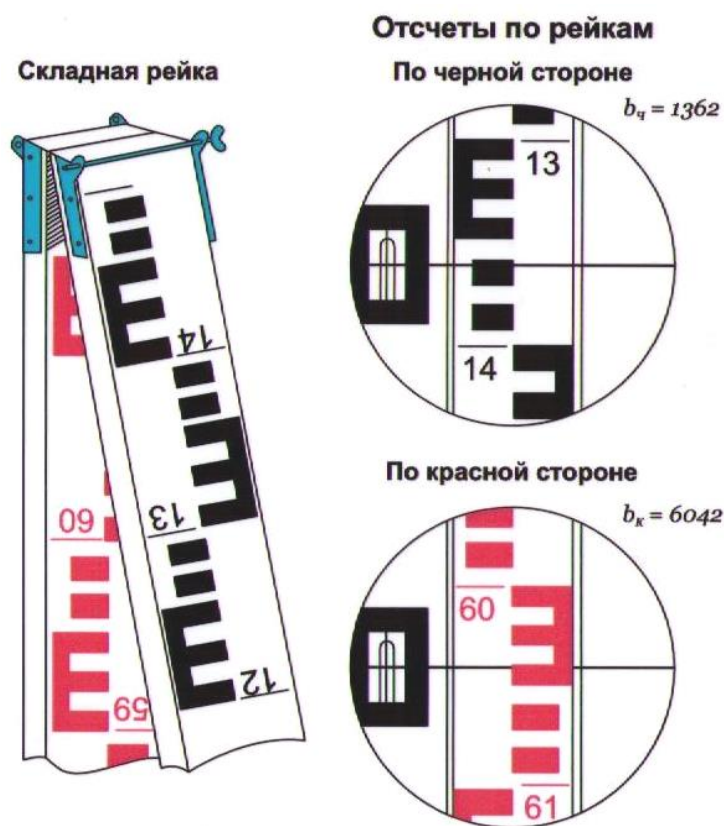


Рис. 18

#### 4. Проложить ход технического нивелирования.

Техническое нивелирование создается как съемочная сеть для производства топографической съемки обычно с высотой сечения рельефа через 0,25; 0,5 и 1 м.

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 5 мм. Отсчеты по рейкам записываются в журнал технического нивелирования, где вычисляются превышения, горизонт



Техническое нивелирование (см. рис. 20) производят по способу из середины в одном направлении (см. рис. 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 м.



# Техническое нивелирование

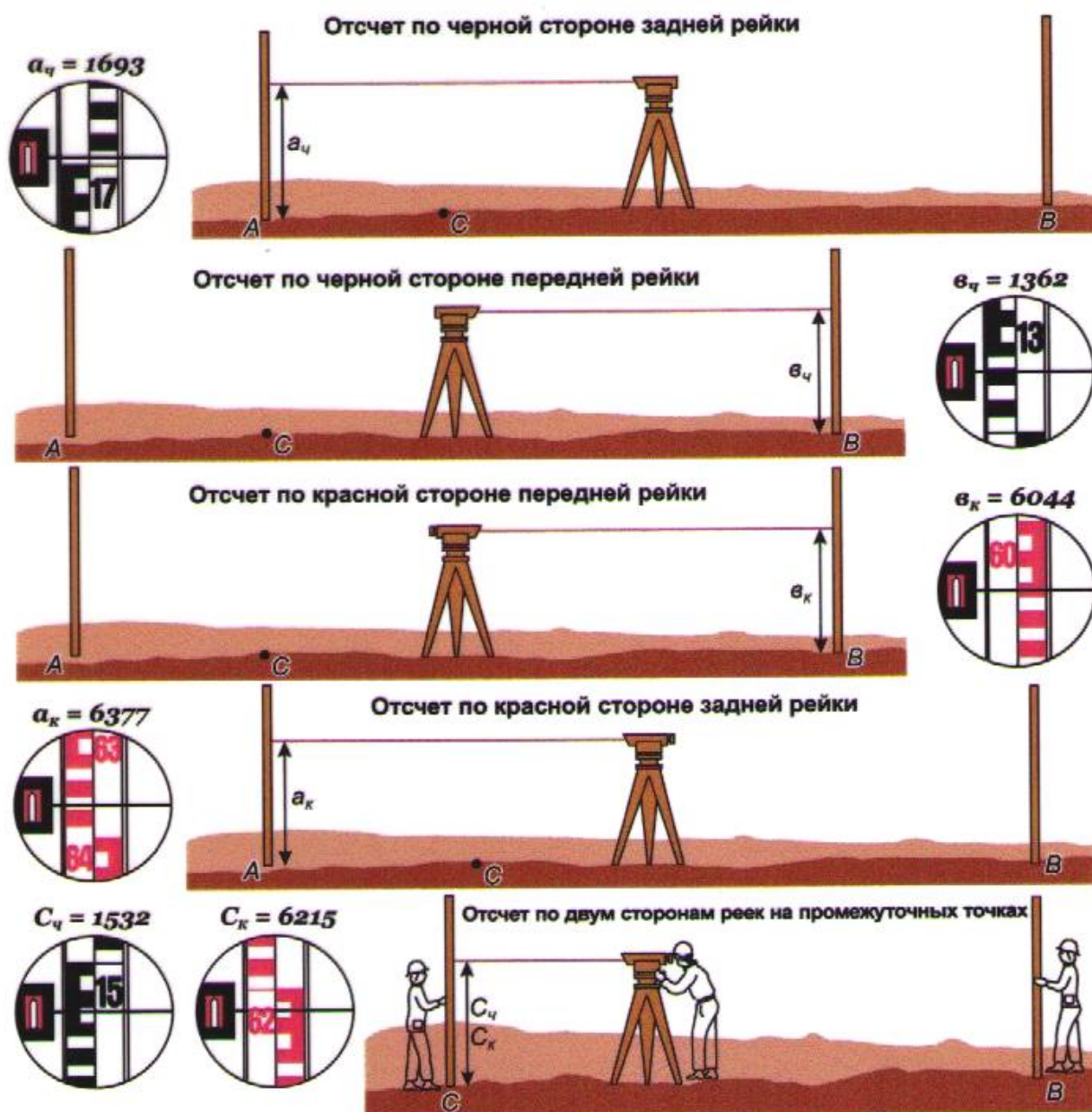


Рис. 20

5. Выполнить обработку полевого журнала технического нивелирования.

№ стан-ции	№ точек	Отсчеты по рейке, мм			Превыше-ние, мм		Сред-нее превы-шение $h_{cp}$ , мм	Гори-зонт инстру-мента $H_i$ , м	Отмет-ки точек, м
		Зад-ние	Пе-ред-ние	Про-ме-жу-точ-ные	+	-			
1	A	1693							128,552
	C	6377		1532	0331				
	B		1362	6215	0333		+0332	130,245	128,713
			6044						128,884

$$h_{\text{ч}} = 1693 - 1362 = 0331 \text{ мм}$$

$$h_{\text{к}} = 6377 - 6044 = 0333 \text{ мм}$$

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

$$H_B = 128,552 + 0,332 = 128,884 \text{ м}$$

$$H_i = 128,552 + 1,693 = 130,245 \text{ м}$$

$$H_C = 130,245 - 1,532 = 128,713 \text{ м}$$

## ***Практическая работа: Вычислительная обработка теодолитного хода.***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода.*

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения практического задания 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 занятия**

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.

1. Выбрать исходные данные:



-данные полевых измерений углов поворота и длин линий взять в таблице

№ 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. стр. 57) 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  $\Sigma\beta_{\text{пр.}}$  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.

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.

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  $f_{\text{абс}}$  по формуле:

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

и допустимость относительной невязки:

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

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  $Y_1$ .

### Ведомость вычисления координат

N точек	$\beta_{изм.}$	Поп- равки	$\beta_{исправ.}$	$\alpha$ 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														

$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2) = 540^\circ 00'$  Длина хода  $\Sigma D = 100,71$   $+32,33$   $+31,649$   $+32,326 + 31,634$   $x_s = x_i + \Delta X$   
 Угловая невязка  $-32,32$   $-31,624$   $-32,326 - 31,634$   $y_s = y_i + \Delta Y$   
 $f\beta_{\Sigma} = \Sigma \beta_{\Sigma} - \Sigma \beta_{теор} =$  Невязки приращений  $f_{\Delta X} = 0,01$   $f_{\Delta Y} = 0,025$   $f_{\Delta X} = 0$   $f_{\Delta Y} = 0$   
 $= 540^\circ 02' - 540^\circ 00' = 0^\circ 02'$

Абсолютная невязка хода  $f_{абс} = \sqrt{(f_{\Delta X})^2 + (f_{\Delta Y})^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,025^2} = 0,026926$  м  
 Допустимость относительной невязки  $f_{относ} = f_{абс} / \Sigma D \leq 1 / 2000$   
 $f_{относ} = 0,026926 \text{ м} / 100,71 = 0,000267 \leq 1 / 2000 = 0,0005$   
 Угловая невязка  $f_{угл} = 2t \sqrt{n} =$   
 $= 2 * 0^\circ 00' 30'' \sqrt{5} = 0^\circ 02' 14''$   
 $t = 0^\circ 00' 30''$  n – число углов

### ***Практическая работа: Нанесение точек 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:***

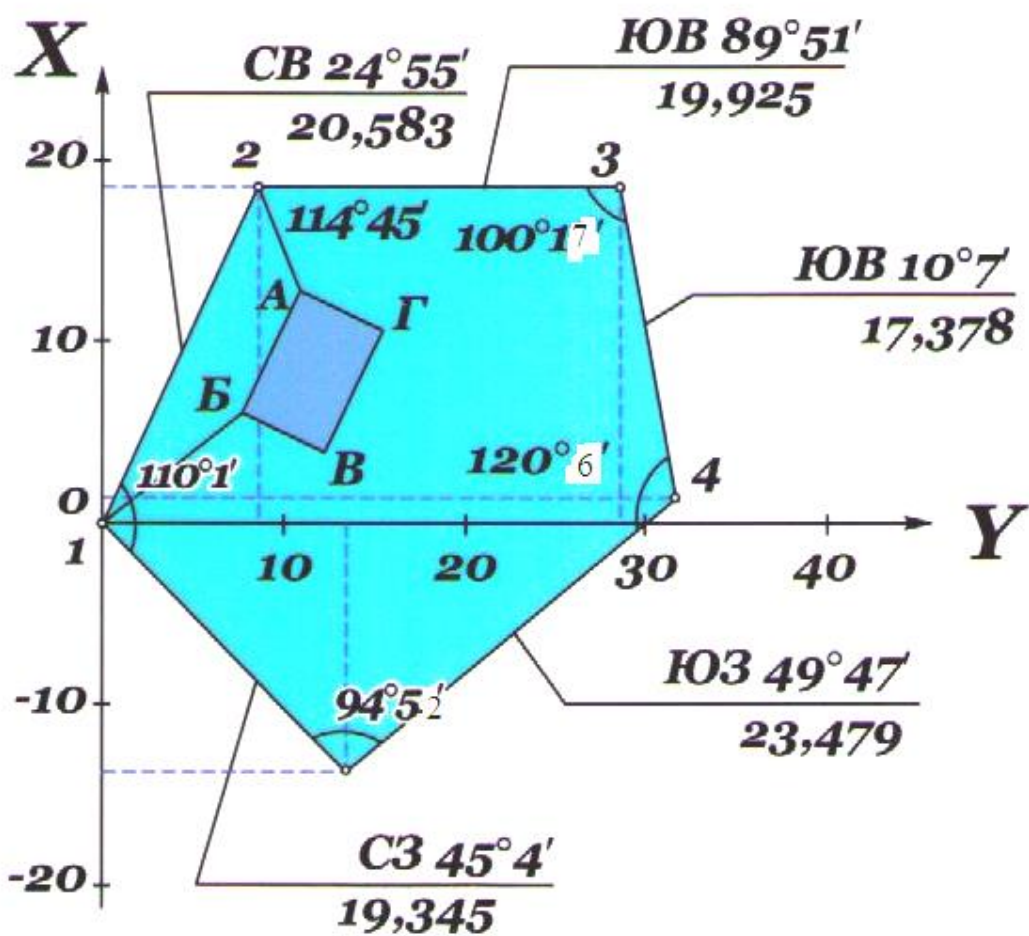
**знать:** последовательность измерений при проложении теодолитного хода, суть контроля угловых и линейных измерений в теодолитных ходах, алгоритмы вычислительной обработки.

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

#### **Методика выполнения работы.**

1. Построить на чертежной бумаге координатную сетку в М 1: 500 (см. рис. 21). 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. 57).

# Схема теодолитного хода



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

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

Рис. 21

## ***Практическая работа: Составление проекта вертикальной планировки участка***

### ***Цель работы:***

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

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** алгоритмы вычислительной обработки результатов нивелирования поверхности по квадратам; методику выполнения расчетов по проектированию горизонтальной площадки.

**уметь:** используя справочную литературу, выполнить расчет проектной высоты горизонтальной площадки, составить картограмму земляных работ.

### **Методика выполнения задания**

Нивелирование поверхности производится в целях получения точного плана участка, с изображением рельефа в крупном масштабе, необходимого для составления проектов вертикальной планировки, подсчета объемов земляных работ, для проектирования и строительства различных инженерных сооружений, а также для текущего учета земляных работ и получения исполнительных данных об осуществленном благоустройстве территории.

Нивелирование поверхности по квадратам – наиболее распространенный и точный вид вертикальной съемки в строительстве.

Местность съемки разбивают на 6 квадратов. Стороны квадратов длиной 20м. Отметки вершин квадратов получают нивелированием.



Сетку квадратов строят так. В точке А (см. рис. 22) ставят вешку, в точке 9 – теодолит. Отмеряют прямой угол и в точке В ставят еще вешку. По линиям 9 – А и 9 – В лентой отмеряют отрезки, равные стороне квадрата. В точках 9, 5, 1 и 10, 11, 12 забивают сторожки. Затем инструмент переносят в точку 1, отмеряют прямой угол и в точке С ставят вешку. По линии 1 – С отмеряют стороны квадратов и закрепляют сторожками. Вершины сторон квадратов на линии 4 – 12 находят промером из точки 4 на веху, поставленную в точке 12. Вершины квадратов внутри прямоугольника находят промером с вехи на веху. На всех сторожках пишут номер точки. Нивелирование производят с одной станции.

Отсчеты производились по красной и черной сторонам рейки.

1. Построить сетку квадратов в М 1:500, записать отсчеты по черной и красной сторонам рейки.

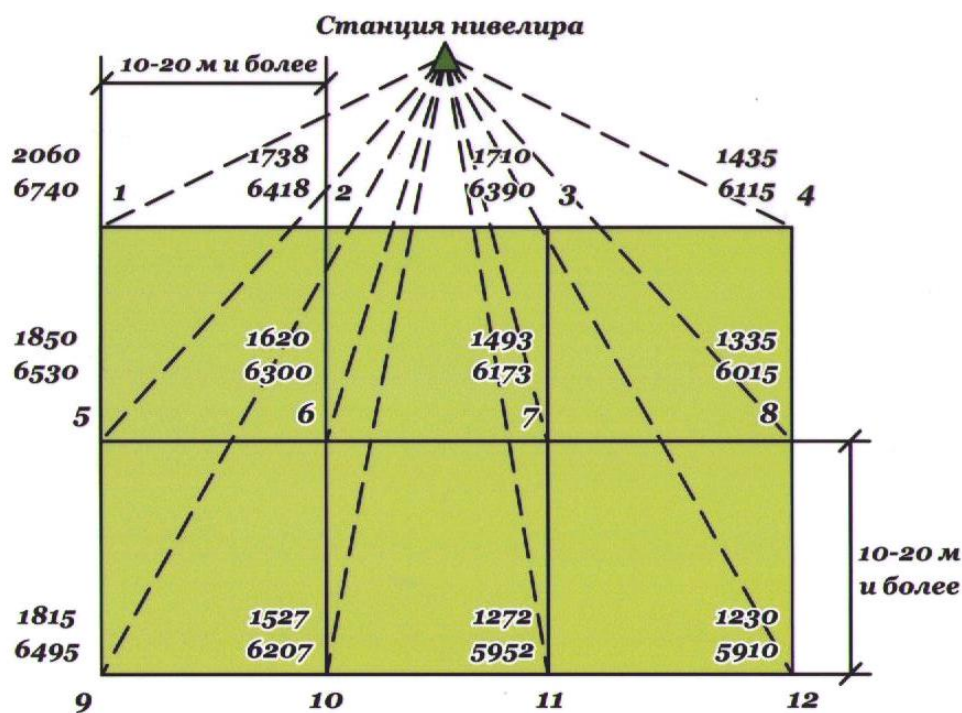


Рис. 22

2. Данные по нивелированию вершин квадратов заносятся в таблицу 12.

3. Определить горизонт инструмента по формуле:

$$H_i = H_R + OP,$$

где  $H_R$  - отметка репера, м

ОР – отсчет по черной стороне рейки, стоящей на репере, м

$$H_i = 224,248 + 1,374 = 225,622$$

4. Вычислить отметки точек вершин квадратов по формуле:

$$H = H_i - b,$$

где  $H_i$  - горизонт инструмента, м

$b$  - отсчет по черной стороне рейки, м

$$H_1 = 225,622 - 2,060 = 223,562$$

$$H_2 = 225,622 - 1,738 = 223,884$$

$$H_3 = 225,622 - 1,710 = 223,912$$

$$H_4 = 225,622 - 1,435 = 224,187$$

$$H_5 = 225,622 - 1,850 = 223,772$$

$$H_6 = 225,622 - 1,620 = 224,002$$

$$H_7 = 225,622 - 1,493 = 224,129$$

$$H_8 = 225,622 - 1,335 = 224,287$$

$$H_9 = 225,622 - 1,815 = 223,807$$

$$H_{10} = 225,622 - 1,527 = 224,095$$

$$H_{11} = 225,622 - 1,272 = 224,350$$

$$H_{12} = 225,622 - 1,230 = 224,392$$

Полученные данные занести в таблицу

№ ст.	Нивелир. точки	Отсчеты по рейке			Горизонт инструм. $H_i$ , м	Абсолютная отметка $H$ , м
		черные	красные	рабочие		
I	1	2060	6740	4680	225,622	223,562
	2	1738	6418	4680		223,884
	3	1710	6390	4680		223,912
	4	1435	6115	4680		224,187
	5	1850	6530	4680		223,772
	6	1620	6300	4680		224,002
	7	1493	6173	4680		224,129
	8	1335	6015	4680		224,287
	9	1815	6495	4680		223,807
	10	1527	6207	4680		224,095
	11	1272	5952	4680		224,350
	12	1230	5910	4680		224,392

5. Построить топографический план участка методом интерполяции с сечением рельефа 0,1 м.

На листе бумаги в заданном масштабе строят сетку квадратов, наносят ситуацию и у каждой вершины квадрата пишут его отметку с округлением до 1 см. По отметкам точек проводят горизонтали заданного сечения.

Сетку квадратов, если ее оставляют, обводят синим цветом, ситуацию – черным. Горизонтали и отметки точек – коричневым. На плане подписывают масштаб, сечение рельефа и показывают направление меридиана.

При проведении горизонталей полагают, что сторона каждого квадрата и диагонали, указанные на схеме стрелкой, имеют ровный скат. Поэтому путем интерполирования между отметками можно найти положение горизонталей на сторонах и диагоналях квадратов.

Возьмем верхний левый квадрат (рис. 23). По отметкам вершины видно, что на его левой и правой сторонах и на диагонали есть точки с отметкой горизонтали 9,9 м. Чтобы найти их поступаем так. Делим левую сторону пополам, получаем точку а с отметкой 9,9 м, так как разность отметок  $10 - 9,8 = 0,2$ . Разность отметок правой стороны 11 см, а диагонали 15 см. Делим сторону на 11. Диагональ – на 15 частей. От точки с отметкой 9,85 вверх по стороне и диагонали отложим 5 делений, получим точки д и в с отметкой 9,9 м. Таким же порядком найдем в смежных квадратах точки г, д, е с отметкой 9,9 и точки ж, и с отметкой 9,8 м. Соединив плавной кривой точки с равными отметками, будем иметь горизонтали на весь план.

Математическое интерполирование требует много времени. Проще разметку точек, лежащих на горизонталях, сделать графически, по палетке.

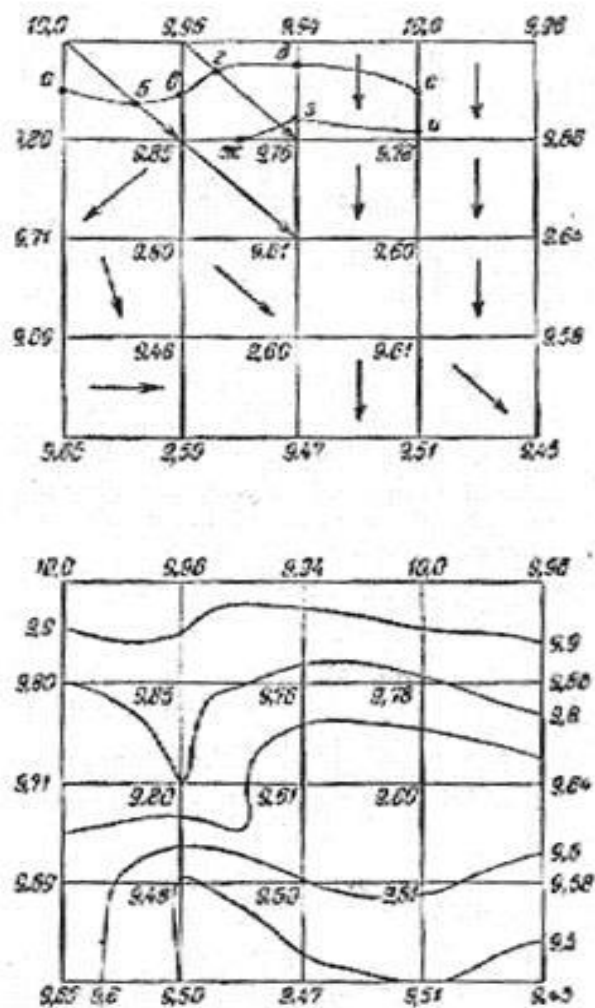


Рис. 23 Построение плана нивелирования поверхности

Построить топографический план участка методом интерполяции по палетке с сечением рельефа 0,1 м (рис. 24).

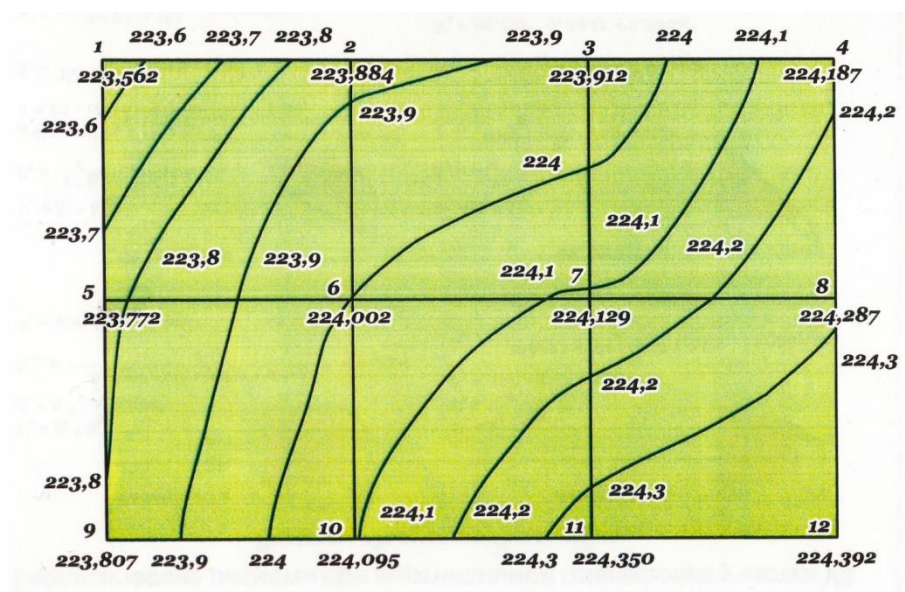


Рис. 24 Построение плана по палетке

При этом применяют миллиметровую бумагу или кальку. На кальке наносим ряд параллельных линий на расстоянии 2-3 мм, у концов прямых надпишем отметки через 0,1 м, так как в данном задании высота сечения рельефа через 0,1 м. Для нахождения положения горизонталей на прямой 12 (с отметками 223,562 и 223,884 м) накладываем кальку на прямую 12 так, чтобы положение точек 1 и 2 соответствовало их отметкам. Пересечение прямой с линиями кальки будет соответствовать положению горизонталей с отметками 223,6; 223,7; 223,8 на данной прямой.

Таким способом определяют положение горизонталей на всех прямых, проведенных на плане.

Точки с одинаковыми отметками, расположенные на сторонах прямоугольников, соединяют плавными кривыми линиями – горизонталями.

6. Определить среднюю отметку планировки участка с известными черными отметками вершин квадратов по формуле:

$$H_{np} = \frac{4\sum a_i + 2\sum b_i + \sum c_i}{4 \cdot n}$$

где  $a_i$ – отметки вершин квадратов расположенных внутри контура участка, м

$b_i$ – отметки вершин квадратов расположенных по контуру участка, м

$c_i$ – отметки угловых точек участка, м

$n$  - число квадратов

$$H_{np} = \frac{4 (H_6 + H_7) + 2 (H_2 + H_3 + H_5 + H_8 + H_{10} + H_{11}) + (H_1 + H_4 + H_9 + H_{12})}{4 \cdot 6}$$

$$= \frac{1792,524 + 2688,6 + 895,948}{24} = 224,045$$

7. Подсчитать рабочие отметки всех вершин квадратов по формуле

$$a_1 = H_{np} - H_1$$



где  $H_{\text{пр}}$  - средняя отметка планировки участка, м

$H_1$  - абсолютная отметка точки 1, м

$$a_1 = 224,045 - 223,562 = 0,483$$

$$a_2 = 224,045 - 223,884 = 0,161$$

$$a_3 = 224,045 - 223,912 = 0,133 \text{ и т.д.}$$

Рабочие отметки остальных точек определяются аналогично.

Далее составляют картограмму земляных масс. У каждой вершины квадратов выписывают рабочие отметки, показывающие высоты насыпей или глубины выемок и проводят линию, разграничивающую насыпи от выемок называемую линией нулевых работ.

Точки нулевых работ, расположенные на сторонах квадратов, определяют методом интерполяции между смежными рабочими отметками, имеющими разные знаки.

8. Определить границы выемки и насыпи по формуле и отобразить на рисунке 25.

$$X_{3-4} = \frac{a_3}{a_3 + a_4} * L$$

где  $a_3$  – рабочая отметка точки 3, м

$a_4$  – рабочая отметка точки 4, м

$L$  - длина стороны квадрата, м

$$x_{3-4} = \frac{a_3}{a_3 + a_4} * l = \frac{0,133}{0,133 + 0,142} * 20 = 9,67 \quad x_{3-7} = \frac{a_3}{a_3 + a_7} * l = \frac{0,133}{0,133 + 0,084} * 20 = 12,26$$

$$x_{6-7} = \frac{a_6}{a_6 + a_7} * l = \frac{0,043}{0,043 + 0,084} * 20 = 6,77 \quad x_{6-10} = \frac{a_6}{a_6 + a_{10}} * l = \frac{0,043}{0,043 + 0,050} * 20 = 9,25$$

$$x_{9-10} = \frac{a_9}{a_9 + a_{10}} * l = \frac{0,238}{0,238 + 0,050} * 20 = 16,53$$

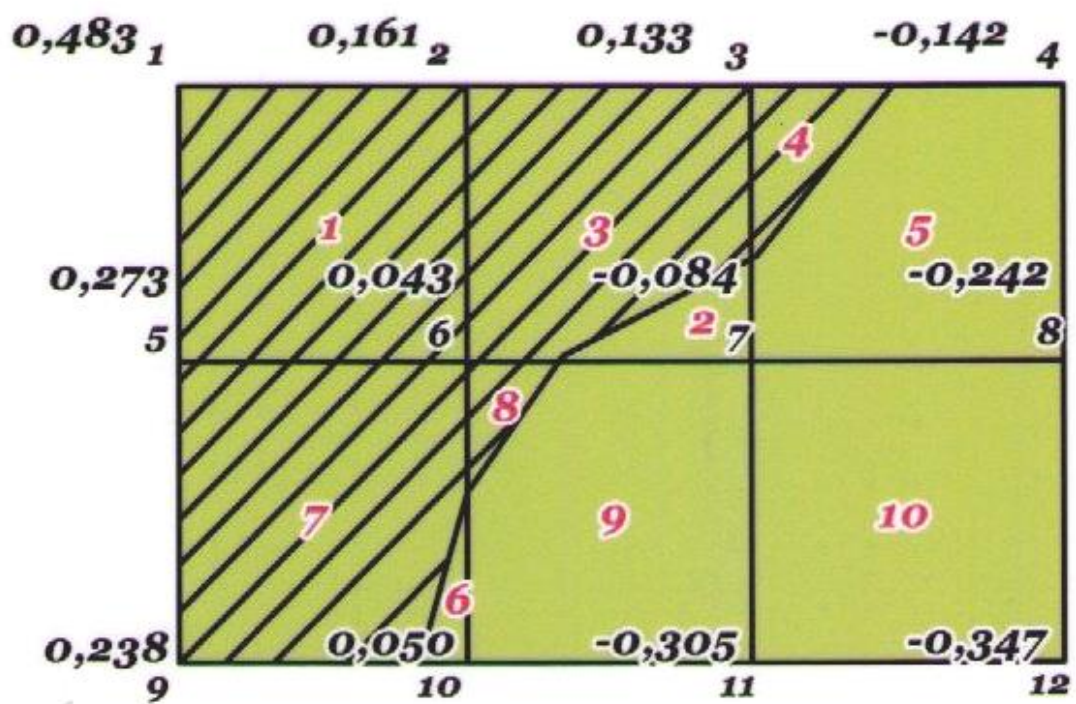


Рис. 25

## ***Практическая работа: Обработка материалов полевого трассирования.***

### ***Цель работы:***

*1. Научиться выполнять обработку полевого журнала нивелирования трассы.*

### ***Обеспечение:***

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

### **В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** методику обработки результатов нивелирования трассы.

**уметь:** обрабатывать полевой журнал нивелирования трассы.

### **Методика выполнения задания**

Линейными называются инженерные сооружения, имеющие значительную протяженность по длине и занимающие узкую полосу земной поверхности. Строительству этих сооружений, как и других, предшествует составление проекта. Для этого необходимо иметь данные об относительных высотах точек земной поверхности по оси будущего сооружения и в пределах полосы, занимаемой им, а также данные об элементах ситуации и предметах местности в пределах этой полосы (строения и сооружения различного назначения, сельскохозяйственные угодья, зеленые насаждения, водоемы и т.п.), т.е. необходимо иметь продольный профиль по оси проектируемого сооружения.

Для получения этого документа как основы для проектирования строительства сооружения необходимо:

1. подготовить ось будущего сооружения для нивелирования, т.е. выполнить разбивку пикетажа по оси трассы;
2. выполнить нивелирование по продольной оси;
3. обработать материалы и составить продольный профиль.



Начальную и конечную точки трассы привязывают к имеющимся на местности пунктам геодезического планового обоснования. На трассе отмечают точки через 100 м одна от другой, эти точки называются пикетами, а действия, связанные с их установкой, - разбивкой пикетажа. Пикеты закрепляют на местности деревянными кольями, забиваемыми вровень с землей. Эти колья называются точками. Рядом с точками забивают второй, более длинный кол, называемый сторожкой, на верхней стесанной грани которого пишут номер пикета. Начало трассы обозначают нулевым пикетом ПК0. Последующие пикеты обозначают в порядке возрастания номеров: ПК1, ПК2 и т.д. При разбивке пикетажа на всех характерных перегибах скатов местности устанавливают дополнительные точки, называемые плюсовыми (+ 70; +55 см. рис. 26).

#### Нивелирование между реперами

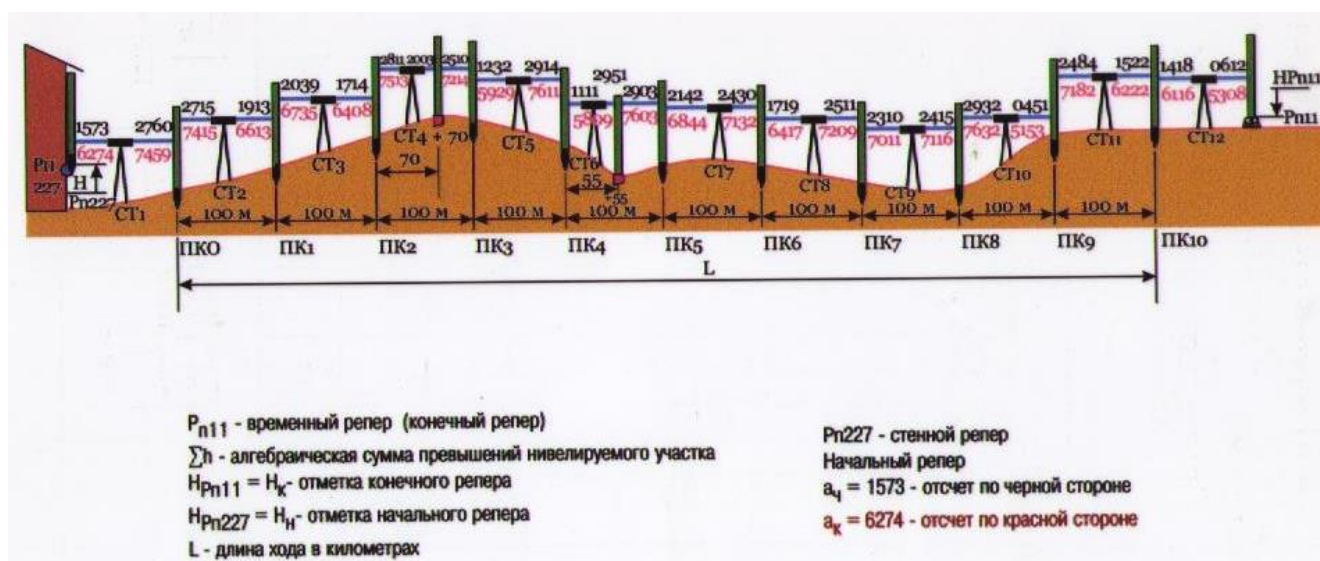


Рис. 26

Все точки разбитого на местности пикетажа нивелируют

Нивелирование по трассе проводилось нивелиром по одной паре двусторонних реек способом «из середины». Далее осуществляют обработку нивелирования трассы.

1. Выбрать отметку начального репера в журнал технического нивелирования по трассе (см. табл. стр. 68).

Полученные исходные отметки записывают в графу № 14 журнала технического нивелирования (см. табл. стр. 68), против номеров соответствующих опорных реперов.

2. В графах 6 и 7 записать вычисленные на станции превышения  $h$ , мм, по формулам, вычислить превышения  $h_{\text{ч}}$ , по отчетам черной и  $h_{\text{к}}$ , мм, красной сторон реек между связующими точками нивелирного хода:

$$h_{\text{ч}} = h_{\text{чст1}} = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}};$$

$$h_{\text{к}} = h_{\text{кст1}} = a_{\text{к}} - b_{\text{к}},$$

где  $a_{\text{ч}}$ ,  $a_{\text{к}}$  - отчеты по задней рейке, мм;

$b_{\text{ч}}$ ,  $b_{\text{к}}$  - отчеты по передней рейке, мм.

Если превышения получаются со знаком «плюс», их записывают в графу № 6, если со знаком «минус», в графу № 7. Так последовательно вычисляют в журнале на каждой станции все превышения между связующими точками хода. Допустимая погрешность  $f$ , мм, между превышениями определяется по формуле и не должна превышать + 5 мм;

$$f = h_{\text{к}} - h_{\text{ч}}.$$

Вычисляют среднее значение превышения  $h_{\text{ср}}$ , мм, по формуле:

$$h_{\text{ср}} = (h_{\text{ч}} - h_{\text{к}}) / 2$$

3. Перед тем как вычислить отметки связующих точек нивелирного хода, необходимо в журнале технического нивелирования выполнить постраничный контроль правильности вычислений средних превышений, для чего:

- сложить результаты отсчетов по рейкам, записанные отдельно в вертикальных графах № 3, 4, 6, 7, 8 и 9. Результаты сумм по каждой графе записать под каждой графой данной страницы;

- разность сумм по графам № 3, 4 должна быть равна сумме превышений, подсчитанных по графам № 6 и 7, т.е. получаем формулу:

$$(a)_3 - (b)_4 = (h)_6 + (h)_7;$$

- сумма средних превышений по графам № 8 и 9 должна быть равной половине суммы превышений по графам № 6 и 7, т.е. получаем формулу:

$$(h)_8 + (h)_9 = 0,5 \{ (h)_6 + (h)_7 \}.$$

4. После выполнения постраничного контроля вычислить невязку  $f_h$ , мм, суммы превышений  $h_{cp}$  по нивелирному ходу по формулам:

$$\Delta h_{\phi} = \{ (\Sigma h)_8 + - (\Sigma h)_9 \} - (H_{P11} - H_{P227})$$

или

$$\Delta h_{\phi} = \Sigma h_{cp} - (H_{кон} - H_{нач}),$$

5. Вычислить допустимую величину невязки  $F_{hдоп.}$ , мм, сумм превышений нивелирного хода по формуле:

$$[\Delta h] = \pm (50 * L),$$

где  $L$  – длина хода, км.

6. Убедившись, что величина невязки хода меньше допустимой  $\Delta h_{\phi} \leq [\Delta h]$ , вычислить поправки средних превышений  $V_{hcp}$ , мм, по формуле:

$$V_{hcp} = - \Delta h_{\phi} / n,$$

где  $n$  – число средних превышений в нивелирном ходе.

7. По исправленным превышениям вычисляют отметки  $H$ , м, точек (пикетов) по формуле:

$$H_{пк0} = H_{P227} + h_{ст1}.$$

Полученную отметку записывают в графу № 14. В такой последовательности вычислить отметки всех остальных связующих точек, записывая их значения в графу № 14.

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек служит получение исходной отметки конечного репера.

# Журнал технического нивелирования трассы

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм						Горизонт инструмента, м	Высота точек, м	
		Задние	Передние	Промежуточные	Вычисленные		Средние		Исправленные			Вычисленная	Исправленная
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Рп 227	1573 6274				1187 1185		- 2 1186		1188			170,006
	ПК0		2760 7459										168,818
2	ПК0	2715 7415			0802 0802		-1 0802		0801				
	ПК1		1913 6613										169,619
3	ПК1	2039 6735			0325 0327		-1 0326		0325				
	ПК2		1714 6408										169,944
4	ПК2	2811 7513		2003			-1 0300		0299		172,7 55		169,944
	+70				0301 0299								170,752
	ПК3		2510 7214										170,243
5	ПК3	1232 5929				1682 1682		-4 1682		1686			
	ПК4		2914 7611										168,557
6	ПК4	1111 5809		2951		1792 1794		-4 1793		1797	171,4 75		168,524
	ПК5		2903 7603										166,760

7	ПК5 ПК6	2142 6844	2430 7132			0288 0288		-1 0288		0289			166,471
---	------------	--------------	--------------	--	--	--------------	--	------------	--	------	--	--	---------

Постраничный контроль													
$\Sigma a$		$\Sigma b$		$\Sigma(+)$		$\Sigma(-)$		$\Sigma(+)$		$\Sigma(-)$			
60142		67184		2856		9898		1428		4949			
$\Sigma a - \Sigma b$				$2856 - 9898$				$1428 - 4949$					
2				2				2					
= -3251				= -3521				= -3521					

Продолжение таблицы

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм						Горизонт инструмента, м	Высота точек, м	
		Задние	Передние	Промежуточные	Вычисленные		Средние		Исправленные			Вычисленная	Исправленная
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	ПК6	1719						-2					166,471
	ПК7	6417	2511 7209			0792 0792		0792		0794			165,677
9	ПК7	2310						-1					
	ПК8	7011	2415 7116			0105 0105		0105		0106			165,571
10	ПК8	2932					-4						
	ПК9	7632	0451 5153		2481 2479		2480		2476				168,047
11	ПК9	2484					-2						
	+70 ПК10	7182	1522 6222		0962 0960		0961		0959				169,006

12	ПК10 Рп11	1418 6116	0612 5308	0806 0808	-2 0807	0805				169,811
----	--------------	--------------	--------------	--------------	------------	------	--	--	--	---------

Продолжение таблицы

Постраничный контроль							
$\Sigma a$ 45221	$\Sigma b$ 38519	$\Sigma(+)$ 8496	$\Sigma(-)$ 1794	$\Sigma(+)$ 4248	$\Sigma(-)$ 897		
$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} =$ = 3351		$\frac{8496 - 1794}{2} =$ = 3351		$\frac{4248 - 897}{2} =$ = 3351			
Контроль по ходу							
$\Sigma a = 105363$	$\Sigma b = 105703$	$\Sigma + h_{выч} = 11352$	$\Sigma - h_{выч} = 11692$	$\Sigma + h_{ср} = 5576$	$\Sigma - h_{ср} = 5846$	$\Sigma + h_{исп} = 5665$	$\Sigma - h_{исп} = -5860$
$\Sigma h = (\Sigma a - \Sigma b)/2 =$ = -170 мм		$\Sigma h_{выч}/2 =$ = -170 мм		$\Sigma h_{ср}/2 =$ = -170 мм		$\Sigma h_{исп} = 195$ мм	
$H_K - H_H = -0,195$ мм							

#### Примеры вычислений:

Превышение  $h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}$ :

$$h_{СТ1} = 1573 - 2760 = -1187 \text{ (мм)}$$

$h_K = a_K - b_K$ :

$$h_{КСТ1} = 6276 - 7459 = -1185 \text{ (мм)}$$

Отметка

$$H_{ПК0} = H_{РП227} + h_{СТ1} = 170,006 + (-1,188) = 168,818 \text{ (м)}$$

Горизонт инструмента

$$Г.И. = П_{ПК2} + a_{ч}$$

$a_{ч}$  - задний отсчет на ПК2 по черной стороне

$$Г.И. = 169,944 + 2,811 = 172,755 \text{ (м)}$$

Отметка плюсовой точки

$$H_{+70} = Г.И. - c = 172,755 - 2,003 = 170,752$$

### Контроль при нивелировании между реперами

$$\Delta h_{\phi} = \sum h - (H_K - H_H) = -0,170 - (169,811 - 170,006) =$$

$$= -0,170 - (-0,195) = +25 \text{ мм}$$

$$[\Delta h] = \pm 50 \text{ мм} \times \sqrt{L}$$

Если  $\Delta h_{\phi} \leq [\Delta h]$ , нужно распределить невязку +25 мм по средним превышениям с обратным знаком.

### *Практическая работа: Построение профиля и расчет проектных элементов.*

#### **Цель работы:**

1. Развить навыки построения профиля по результатам полевого трассирования.
2. Научиться вычислять проектные элементы для варианта проектной линии.

#### **Обеспечение:**

- рабочая тетрадь;
- письменно - чертежные принадлежности.

#### **В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** методику расчета проектных величин для нанесения на профиль проектной линии.

**уметь:** строить и читать профиль, вычислять необходимые проектные элементы

### **Методика выполнения работы**

1. Вычислив отметки всех точек трассы, приступить к построению продольного профиля трассы на проектируемом участке, т.е. наносят черную (естественную) линию профиля местности в заданных масштабах.

Исходные данные для составления профиля необходимо выбрать из журнала технического нивелирования по трассе и пикетажного журнала.



2. Для построения профиля на миллиметровой бумаге подготавливается подпрофильная таблица (стр 73).

3. В графе «расстояние» отложить в принятом горизонтальном масштабе 1:5000 пикетажные расстояния, подписать в необходимых точках.

4. В графу «отметка земли» выписать из журнала технического нивелирования отметки точек против соответствующих ординат на профиле. Отметки округлять до 0,001.

По этим отметкам в принятом масштабе 1:500 отложить вверх от условного горизонта величины ординат. Точки верхних концов ординат соединяют последовательно отрезками прямой, в результате получают черную ломанную линию естественного профиля местности и рассчитывают для нее уклон по формуле:

$$i = (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}) / L,$$

где  $L$  – расстояние между крайними точками участка, м.

Величину уклона записываем в графу «уклоны».

5. Наносят проектную (красную) линию, проектируемую ось.

6. Вычисление значений проектных отметок для варианта проектной линии.

$$h_{\text{прпк1}} = h_{\text{прпко}} - i \cdot L,$$

$$i = 4\text{‰}$$

где  $L$  – расстояние между крайними точками участка, м.

$$h_{\text{прпк1}} = 170 - 0,004 \cdot 100 = 169,6 \text{ м};$$

$$h_{\text{прпк2}} = 169,6 - 0,004 \cdot 100 = 169,2 \text{ м};$$

7. Выполнение расчета рабочих отметок для варианта проектной линии по формуле:

$$h_{\text{пк}}^{\text{пк}} = h_{\text{пр}} - h_{\text{з}},$$

где  $h_{\text{пр}}$  – отметка проектной линии, м

$h_{\text{з}}$  – абсолютная отметка земли (пикетов), м.

Рабочие отметки подписывают на профиле трассы.

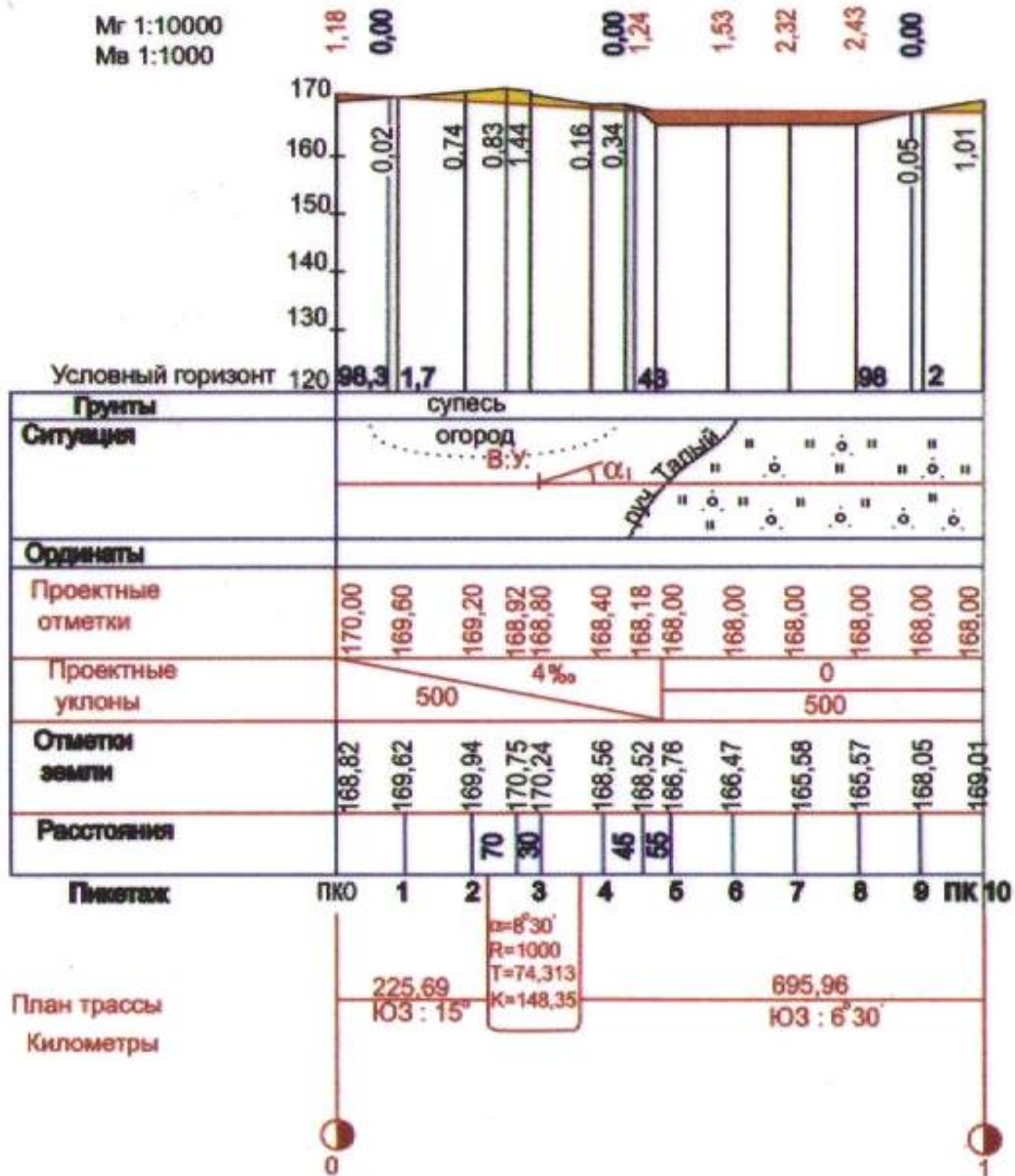
$$h_{\text{пр}}^{\text{пк}} = h_{\text{пр}} - h_3$$

$$h_{\text{пр}}^{\text{пк0}} = 170,00 - 168,82 = 1,18 \text{ (м)}$$

$$h_{\text{пр}}^{\text{пк1}} = 169,60 - 169,62 = -0,02 \text{ (м)}$$

$$h_{\text{пр}}^{\text{пк2}} = 169,20 - 169,94 = -0,74 \text{ (м)}$$

## Подробный продольный профиль



### ***Лабораторная работа: Вынос в натуру проектных элементов.***

#### ***Цель работы:***

- 1. Научиться выполнять расчеты по подготовке данных для выноса в натуру линии заданного направления и проектной длины.*
- 2. Научиться выполнять необходимые расчеты для выноса в натуру проектной высоты точки.*

#### ***Обеспечение:***

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

#### **В результате выполнения практического задания студент должен:**

**знать:** алгоритм подготовки данных для 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;
- построение на местности осевых точек (точек пересечения осей) сооружений.

1. Вычисление направления и длины линий между точками по их координатам составляет обратную геодезическую задачу.

Если известны координаты точки 1 (0 ; 0) и координаты точки Б (+ 6 ; + 7,8),

то можно определить длину линии 0Б.

Если известны координаты точки 2 ( +18,665 ; + 8,667) и координаты точки А (+ 12,8 ; + 10,9) , то можно определить длину линии А2.

- определить приращение координат по формуле:

$$\Delta x = x_B - x_1 \quad \Delta x = x_A - x_2$$

$$\Delta y = y_B - y_1 \quad \Delta y = y_A - y_2$$

где  $x_1, x_2, x_B, x_A$  – координаты абсцисс точек 1, 2, А, Б.

$y_B, y_1, y_A, y_2$  – координаты ординат точек Б, 1, А, 2.

- находим  $\text{tg}\alpha$  по формуле:

$$\text{tg}\alpha = \Delta y / \Delta x$$

где  $\Delta y, \Delta x$  – приращение координат

- по значению  $\text{tg}\alpha$  находим величину угла  $\alpha$ .
- название румба определяют по знакам приращений координат.

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

$\Delta Y$	+	+	-	-
------------	---	---	---	---

- длину горизонтального проложения определяют по следующим формулам:

$$d = \Delta y / \sin r$$

$$d = \Delta x / \cos r,$$

где  $\Delta y, \Delta x$  – приращения координат.

2. Все полученные данные занести в таблицу.

$N$ точек	Координаты				$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$	$r$	$\alpha$	$\cos r$	$\sin r$	$d = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	$d_{\text{ср.}}$
	$X$	$Y$	$\Delta X$	$\Delta Y$								
<b>A</b>	+12,8	+10,9	-5,865	+2,233	0,3807	<b>ЮВ</b> 20°50'	159°10'	0,9346	0,3557	6,2778	6,2754	6,277
<b>2</b>	+18,665	+8,667										
<b>Б</b>	+6,0	+7,8	+6,0	+7,8	1,3000	<b>СВ</b> 52°26'	52°26'	0,6097	0,7926	9,8410	9,8409	9,841
<b>1</b>	0	0										

3. Вычислить горизонтальные углы по формулам:

$$\beta_{A21} = \alpha_{21} + \alpha_{A2} = 24^{\circ}55' + 180^{\circ} - 159^{\circ}10' = 45^{\circ}45'$$

$$\beta_{B21} = \alpha_{B1} + \alpha_{12} = 52^{\circ}26' - 24^{\circ}55' = 27^{\circ}31'$$

4. Вынос в натуру проектной линии.

Вынести на местности ось здания CD (рис. 27) способом полярных координат от условного пункта геодезической основы АВ на основании исходных данных.



Рис. 27

*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.

№ 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. рис. 28).

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).

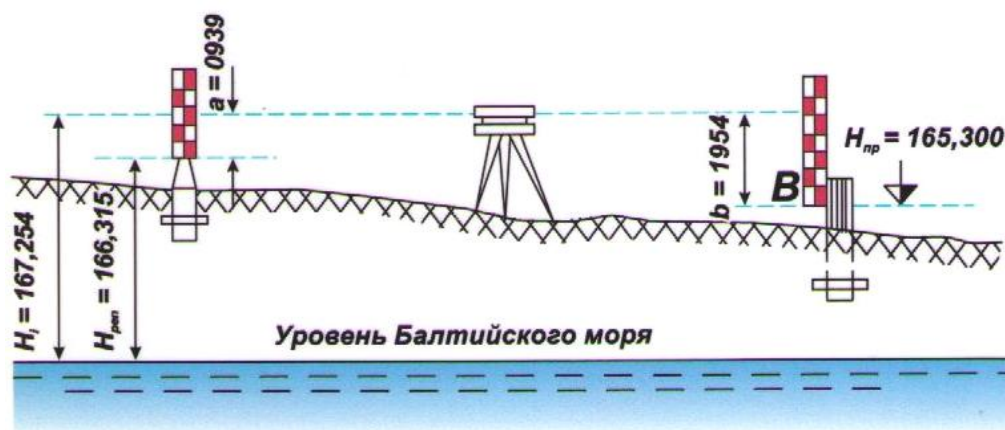


Рис. 28

*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.

№ 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				

### Критерии оценки выполнения студентами отчетных работ

№ п.п.	Оцениваемые навыки	Метод оценки	Граничные критерии оценки	
			Отлично	Неудовлетворительно
1	2	3	4	5
1	Отношение к работе.	Наблюдение руководителя, просмотр материала.	Все материалы представлены в указанный срок, не требуют дополнительного времени на завершение.	В отведенное для работы время не уложился. Демонстрирует полное безразличие к работе, требует постоянного давления для выполнения задания.
2	Способность выполнять вычисления.	Просмотр материалов.	Четко заполняет журналы измерений и выполняет вычисления. Без затруднений выполняет вычисления в ведомостях.	Не способен использовать даже простейшие арифметические действия для получения конкретного результата. Большое число ошибок в вычислениях, требуется доскональная проверка результатов.

3	Умение использовать полученные ранее знания и навыки для решения контрольных задач.	Наблюдение руководителя, просмотр материалов.	Без дополнительных пояснений (указаний) использует навыки и умения, полученные при изучении дисциплины: «математика», «инженерная графика», «Информатика».	Не способен использовать знания из одного раздела при решении задач разделов смежных дисциплин.
4	Оформление работы	Просмотр материалов	Все материалы оформлены согласно стандартным требованиям инструкций, графика на высоком уровне	Работа оформлена в высшей степени, небрежно Демонстрируемые записи вычислений просто не могут не привести к дополнительным ошибкам
5	Умение отвечать на вопросы, пользоваться профессиональной и общей лексикой при сдаче отчетной работы	Собеседование	Грамотно отвечает на поставленные вопросы, используя профессиональную лексику. Может обосновать свою точку зрения по проблеме. Четко видит цель.	Показывает незнание предмета при ответе на вопросы, низкий интеллект, узкий кругозор, ограниченный словарный запас. Четко выраженная неуверенность в ответах и действиях

## Литература

### Основные источники:

1. Киселев М.И. Геодезия: учебник / М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев. - 14-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2018. - 384 с.

### Дополнительные источники:

2. Учебное пособие по дисциплине "Основы геодезии". Ч.1 / И.В. Халилова; Юж.-Урал. гос. техн. колледж. - Челябинск, 2017. - 143 с.

3. Учебное пособие по дисциплине "Основы геодезии". Ч. 2 / сост. И.В. Халилова; Юж.-Урал. гос. техн. колледж. - Челябинск, 2017. - 135 с.

4. Халилова, И. В. Электронный учебник «Основы геодезии» [Электронный ресурс]: по спец. «Стр-во и эксплуатация зданий и сооружений» / И. В.

Халилова; Челяб. ин-т развития проф. образования. – Режим доступа:

<http://85.202.8.68/moodle/course/view.php?id=36>

5.СНиП 3.01.03.84. Геодезические работы в строительстве.

6.СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания в строительстве.

### Интернет-ресурсы:

<http://lib.chistopol.net/library/book/14741.html> -Публичная электронная библиотека

<http://libgost.ru/gost/> -Библиотека гостей и нормативных документов