

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

# РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

для выполнения лабораторных работ  
по дисциплине «Инженерная геодезия»  
для студентов 1 курса СФ и ФИСЭ  
(4-е издание, переработанное)



Группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_

Брест 2023

УДК 528.4(075.8)

Рассмотрены задания для лабораторных работ по дисциплине «Инженерная геодезия». Издание предназначено для студентов 1-го курса строительных специальностей, изучающих данную дисциплину.

Составители: Л. Ф. Зуева, к. т. н., доцент;  
С. Н. Кандыбо, к. т. н., доцент;  
Т. В. Смутько, ассистент

Рецензенты: заведующий кафедрой строительного производства  
УО «ГрГУ им. Я. Купалы», к. т. н., доцент Л. А. Черкас  
доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов  
УО «БрГТУ», к. т. н., доцент Т. П. Шалобыта

## Общие указания по ведению тетради

При выполнении лабораторных работ результаты геодезических измерений и вычислений заносятся в специальные журналы и ведомости по формам, принятым нормативными документами.

При записи результатов геодезических измерений и вычислений в журналах, таблицах необходимо соблюдать следующие правила:

- ведение записей выполняется четко и разборчиво шариковой либо гелевой ручкой синего или черного цвета; рисунки к задачам можно оформлять карандашом;
- неправильные (ошибочные) записи в журналах должны быть аккуратно зачеркнуты таким образом, чтобы зачеркиваемые результаты оставались полностью читаемыми;
- записи результатов полевых измерений производятся в строго отведенных формой журнале графах и строках. При этом в одной строке и графе можно записывать только один результат измерений. Повторные (верные) результаты измерений необходимо записывать в нижеследующих строках журнала;
- **запрещаются** записи в одной строке зачеркнутых и повторных результатов геодезических измерений, запись «цифра по цифре», а также исправление и подчистка.

### Единицы мер, применяемые в геодезии

Единицей измерения угла (горизонтального и вертикального) являются:

- **градус**, получающийся делением прямого угла на 90 равных частей. Один градус равен 60 минут, а одна минута – 60 секунд ( $1^\circ = 60' = 3600''$ );
- **радиан**, представляющий собой центральный угол, опирающийся на дугу, длина которой равна радиусу этой окружности. Значение радиана в градусной мере равно  $\rho = 57,3^\circ = 3438' = 206265''$ ;
- **град** (в настоящее время называют **гон**), получающийся делением прямого угла на 100 равных частей или окружности на 400 частей. Один град равен 100 десятичных минут, а одна десятичная минута – 100 десятичных секунд ( $1^g = 100^c = 10000^{cc}$ ).

За единицу линейных измерений (расстояний, горизонтальных проложений, отметок) в геодезии принят **метр**. 1 метр равен расстоянию, которое свет проходит в вакууме за  $1/299792458$  доли секунды; 1 км = 1000 м; 1 дм = 0,1 м; 1 см = 0,01 м; 1 мм = 0,001 м.

Превышения, полученные из геометрического нивелирования III и IV класса, технической точности (измеренные), имеют размерность **мм**.

Все результаты вычислений и измерений должны иметь принятую размерность (единицы измерений) и необходимую точность вычислений. Все результаты измерений, выполненных с одинаковой точностью, записываются с одинаковым числом знаков после запятой.

При записях результатов измерений или при действиях с числами часто прибегают к округлению чисел.

### Правила округления:

1. Если округляемая цифра меньше 0,5 единицы последнего знака, то её отбрасывают. Например, число 12,34 с точностью до 0,1 следует записать 12,3.
2. Если округляемая цифра больше 0,5 единицы последнего знака, то число увеличивается на единицу. Например, число 12,36 с точностью до 0,1 следует записать 12,4.
3. Если в числе округляемая цифра 5, то её округляют до четной цифры. Например, число 12,36 с точностью до 0,1 следует записать 12,4, а если округляемое число 12,45, то его следует записать 12,4.

## Часы на изучение дисциплины «Инженерная геодезия»

| специальность    | всего часов | лекции | лабораторные занятия | самостоятельная работа |
|------------------|-------------|--------|----------------------|------------------------|
| АД               | 200         | 34     | 50                   | 116                    |
| МиВХ             | 272         | 68     | 68                   | 136                    |
| ПГС, ПСИиК, ЭиУН | 110         | 34     | 34                   | 42                     |
| ТВиОВБ           | 108         | 34     | 34                   | 40                     |
| ВВиОВР           | 136         | 50     | 34                   | 52                     |

## Лабораторная работа № 1 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

Топографические карта и план являются уменьшенным изображением земной поверхности на плоскости.

**Карта** – построенное в картографической проекции, уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, поверхности другого небесного тела, показывающее расположенные на них объекты в определенной системе условных знаков. Топографические карты: крупномасштабные – 1:10 000; 1:25 000; 1:50 000; среднемасштабные – 1:100 000; 1:200 000; 1:300 000; мелкомасштабные – 1:500 000 и 1:1 000 000.

**Планом** называют изображение на плоскости в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизна уровенной поверхности не учитывается. Топографические планы создаются в масштабах 1:5000, 1:2000; 1:1000 и 1:500. Они предназначены для разработки генеральных планов, технических проектов и рабочих чертежей при обеспечении строительства различных инженерных сооружений.

### 1. Изучить масштабы: численный, именованный, линейный и поперечный

Масштабом называется степень уменьшения горизонтального проложения линии местности при изображении её на топографической карте или плане.

**Численный** масштаб выражают в виде простой дроби 1:M. Например, 1:10 000.

**Именованный** масштаб – это словесное выражение численного масштаба. При пользовании численным масштабом приходится выполнять вычисления.

а) определить точность, указанных в таблице масштабов.

**Таблица 1 – Определение именованного масштаба и его точности**

| Численный масштаб | Именованный масштаб     | Точность масштаба, м |
|-------------------|-------------------------|----------------------|
| 1:10 000          | 1 сантиметре 100 метров | 1                    |
| 1:5 000           |                         |                      |
| 1:2 000           |                         |                      |
| 1:1 000           |                         |                      |
| 1:500             |                         |                      |

Поперечный (графический) масштаб представляет собой систему линий, выгравированных на металлической основе.

б) подписать номограмму поперечного масштаба в соответствии с численным масштабом 1:500 и определить расстояния АВ, СД и нанести отрезки KL = \_\_\_\_\_; MN=\_\_\_\_\_

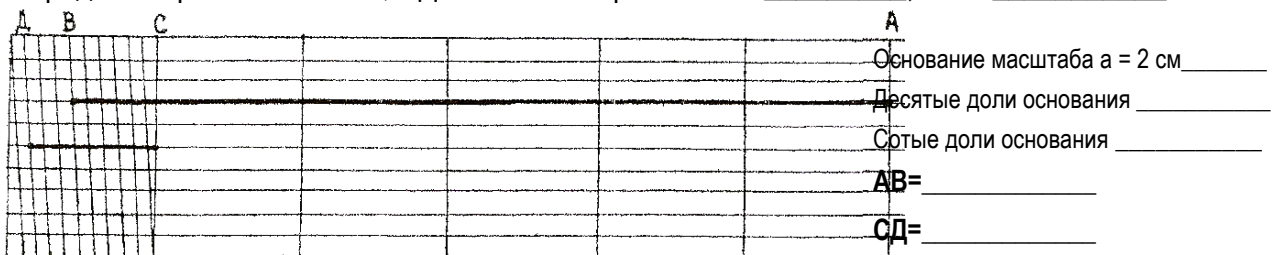


Рисунок 1 – Оцифровка номограммы для масштаба 1:500

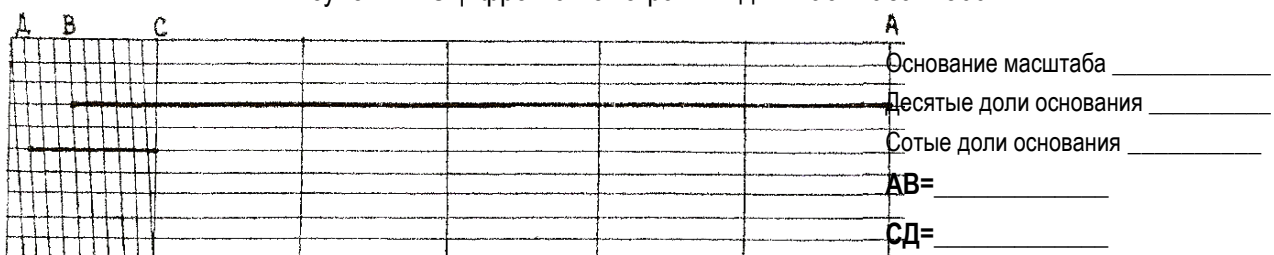


Рисунок 2 – Оцифровка номограммы для масштаба 1:10000

## 2. Определить плоские прямоугольные координаты точки

### а) на топографическом плане масштаба 1:500 в местной системе координат.

На плане ось X направлена вертикально (вверху плана – север), ось У направлена на восток – горизонтально. Координатная сетка на топографическом плане любого масштаба имеет размер 10 x 10 см. Координаты X, У (в метрах) записаны в углах плана в местной системе координат (могут быть как положительными, так и отрицательными).

Пользуясь координатной сеткой, определяют координаты  $X_0$  и  $Y_0$  юго-западного угла квадрата, в котором находится точка, они кратны 50 метрам для плана масштаба 1:500. Опускают перпендикуляры  $\Delta x$  и  $\Delta y$  на оси координат и измеряют отрезки  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , пользуясь поперечным масштабом. Вычисляют прямоугольные координаты определяемой точки по формулам  $X = X_0 + \Delta x$ ;  $Y = Y_0 + \Delta y$ .

Таблица 2 – Координаты точек на топографическом плане

| Наименование точки | $X_0$ , м | $\Delta x$ , м | X, м | $Y_0$ , м | $\Delta y$ , м | Y, м |
|--------------------|-----------|----------------|------|-----------|----------------|------|
|                    |           |                |      |           |                |      |
|                    |           |                |      |           |                |      |

### б) на карте масштаба 1:10000 определить плоские прямоугольные координаты точки (в проекции Гаусса-Крюгера) и географические координаты (широту и долготу).

Карты имеют координатную сетку, которая представляет собой систему линий, параллельных координатным осям (осевому меридиану и экватору). Для карт масштабов 1:50 000 и крупнее координатная сетка наносится через 1 км. Принимая за оси координат ближайшие километровые линии, опускают на них из определяемой точки перпендикуляры  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

У-34-37- В-в-4

Таблица 3– Координаты точек на топографической карте

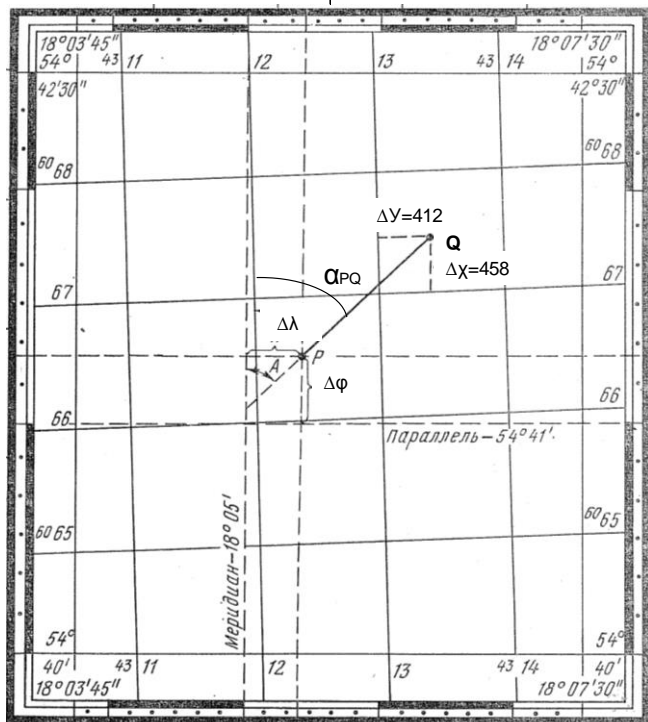


Рисунок 3 – Схема определения на карте прямоугольных и географических координат точек

|   |  |
|---|--|
| $X_0$ , км  |  |
| № зоны<br>(число, которое записывается перед сотнями километров в ординате) |  |
| $Y_0$ , км  |  |
| $\Delta x$ , м  |  |
| $\Delta y$ , м  |  |
| X, м  |  |
| Y, м  |  |
| $\varphi$<br>° ' "  |  |
| $\lambda$<br>° ' "  |  |

**Определение географических координат** выполняют, восстанавливая перпендикуляры на рамку карты. В углах карты указаны численные значения широт и долгот. По параллелям подписана широта, по меридианам долгота. При этом пользуются внутренней линией рамки (с разметкой минут), между внутренней и наружной рамкой имеется десяти секундная разметка в виде точек (секунды берут на глаз). Например, на рисунке выше географические координаты точки P таковы: широта  $\varphi = 54^\circ 41' 17''$  и долгота  $\lambda = 18^\circ 05' 25''$

**3. Познакомьтесь с ориентирными углами;** измерить на карте масштаба 1:10 000 с помощью геодезического транспортира дирекционный угол линии, вычислить румб, истинный и магнитный азимут прямого и обратного направлений.

Дирекционный угол  $\alpha$  – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного конца осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до заданного направления. На картах дирекционный угол измеряют транспортиром от северного направления линий координатной сетки по ходу часовой стрелки до заданного направления.

Дирекционный угол обратного направления можно вычислить  $\alpha_{обр} = \alpha_{пр} \pm 180^\circ$ .

Истинный азимут  $A$  отсчитывается от северного направления истинного (географического) меридиана и отличается от дирекционного угла  $\alpha$  на величину  $\gamma$  – сближение меридианов, т.е. на величину угла между географическим меридианом и линией километровой сетки (осевым меридианом зоны). Формула связи дирекционного угла и истинного азимута:  $A = \alpha + \gamma$ .

Магнитный азимут  $A_m$  отсчитывается от северного направления магнитного меридиана. Магнитная стрелка (компаса или буссоли) отклоняется от истинного меридиана на величину  $\delta$  – склонение магнитной стрелки. Формула связи истинного и магнитного азимутов:  $A = A_m + \delta$ .

Значения сближения меридианов  $\gamma$  и склонения магнитной стрелки  $\delta$  бывают западные (отрицательные) и восточные (положительные).

Для учебной карты 1:10 000 они таковы: \_\_\_\_\_

**Таблица 4 – Результаты измерений и вычислений ориентирных углов**

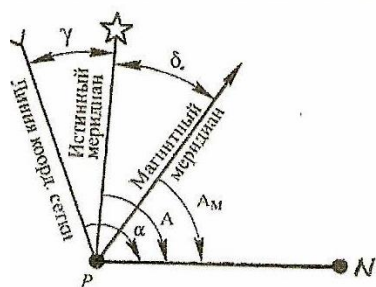


Рисунок 4 – Схема расположения меридианов на карте и определения ориентирных углов

| Наименование линии | Дирекционный угол $\alpha$ | Румб $r$ | Истинный азимут<br>Магнитный азимут |
|--------------------|----------------------------|----------|-------------------------------------|
|                    |                            |          |                                     |
|                    |                            |          |                                     |
|                    |                            |          |                                     |

Запишите формулы для вычисления азимутов, согласно схеме расположения меридианов

Румбом  $r$  называется острый угол между направлением ориентируемой линии и ближайшим (северным или южным) направлением меридиана. Величина румба сопровождается названием из двух букв, обозначающих стороны света и указывающих направление линии: например, СЗ:  $42^\circ 12'$ .

**Таблица 5 – Связь между дирекционными углами и румбами**

| Величина дирекционного угла | Румб<br>(вспомогательный ориентирный угол) |
|-----------------------------|--|
| 0 – $90^\circ$              | СВ: $r = \alpha$                           |
| 90 – $180^\circ$            | ЮВ: $r = 180^\circ - \alpha$               |
| 180 – $270^\circ$           | ЮЗ: $r = \alpha - 180^\circ$               |
| 270 – $360^\circ$           | СЗ: $r = 360^\circ - \alpha$               |

**4. Познакомьтесь с изображением рельефа на картах и планах и его численными характеристиками** (отметкой, уклоном и углом наклона).

**Рельефом** земной поверхности называется совокупность неровностей физической поверхности Земли. На топографических картах и планах рельеф изображают горизонталями, отметками и специальными условными знаками. **Горизонтали** (изогипсы) – замкнутые кривые линии, соединяющие точки с одинаковой высотой над уровнем моря и в совокупности отображающие рельеф местности. Гори-

зонталы бывают основные (толщиной 0,1 мм), утолщенные (толщиной 0,3 мм) и полугоризонталы (изображают штриховой линией), при их оформлении используют коричневый цвет. Отметки пунктов геодезических сетей и характерных точек местности записывают черным цветом;

а) определить отметки точек А и В (заданных преподавателем), расположенной между двумя горизонталями на топографической карте масштаба 1:10 000 с высотой сечения  $h = 2,5$  м.

**Отметка** – это **численное значение высоты** точки земной поверхности в принятой системе высот. Значения отметок в Балтийской системе высот записать в таблицу с точностью 0,1 м.

**Таблица 6 – Определение отметок точек**

| № точки | Отметки горизонталей |           | Расстояния |                 | Высота сечения $h$ , м | $\Delta h$ , м | Отметка точки $H$ , м |
|---------|----------------------|-----------|------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------------|
|         | $H_1$ , м            | $H_2$ , м | $d$ , мм   | $\Delta d$ , мм |                        |                |                       |
|         |                      |           |            |                 |                        |                |                       |
|         |                      |           |            |                 |                        |                |                       |

Формулы:  $\Delta h = \frac{\Delta d}{d} \cdot h$ ;  $H_{точки} = H_1 + \Delta h$ , где  $d$  – заложение,  $\Delta d$  – расстояние от горизонтали с меньшей отметкой до определяемой точки,  $\Delta h$  – превышение относительно меньшей горизонтали.

б) определить угол наклона и уклон линии, расположенной между соседними горизонталями.

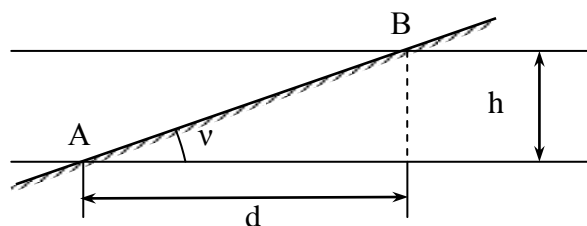


Рисунок 5 – Схема определения угла наклона и уклона местности

Уклон  $i$  – это тангенс угла наклона линии к горизонту или отношение превышения  $h$  между точками к горизонтальному проложению  $d$  (в метрах на местности), т.е.

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d} = \frac{H_B - H_A}{d_{AB}}$$

где  $v$  – угол наклона;  $h$  – превышение между концами отрезка;  $d$  – горизонтальное проложение отрезка.

Уклон и угол наклона могут принимать положительные и отрицательные значения.

Уклоны выражают в натуральных значениях тангенса угла наклона или в промилле (‰).

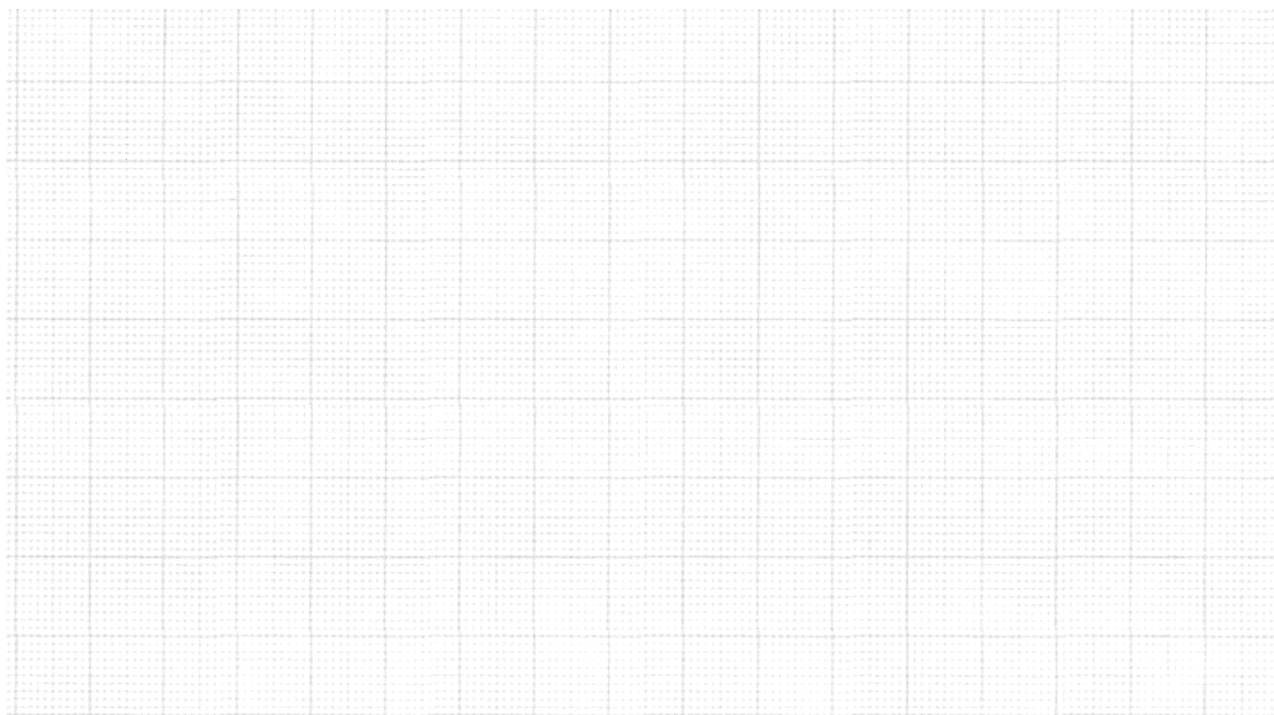
Углы наклона можно определять аналитически ( $v = \operatorname{arctg} i$ ) или графически. Для многократного определения углов наклона (уклонов) используют график заложений.

Под южной рамкой карты расположен график заложений для углов наклона. Для определения угла наклона на карте берут раствором циркуля отрезок, заключенный между двумя горизонталями, и переносят на график заложений, установив ножки измерителя между горизонтальной линией и кривой, и отсчитывают значение угла наклона с точностью до  $0,1^\circ$

**Таблица 7 – Определение уклона линии и угла наклона**

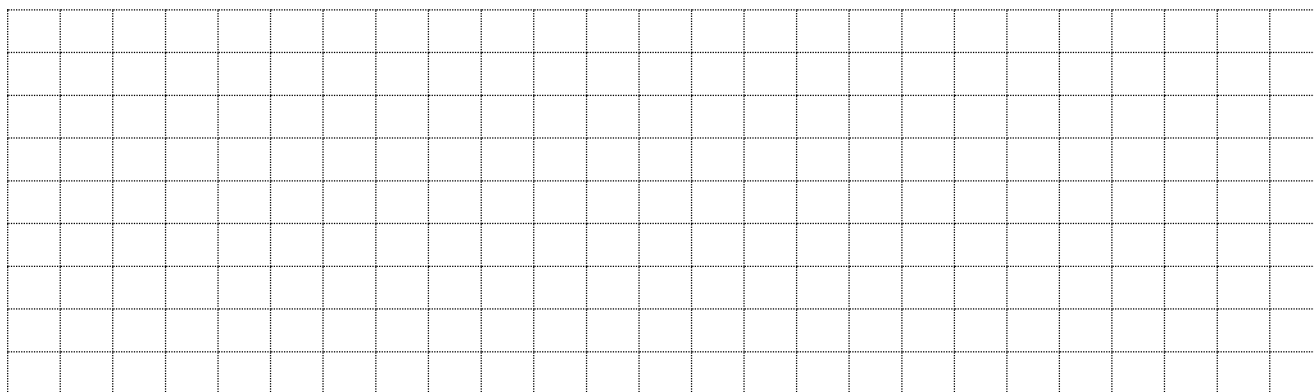
| Высота сечения $h$ , м                          | Горизонтальное проложение на местности (соответствующее заложению), м | $\operatorname{tg} v = \frac{h}{D} = i$ | Угол наклона $v$<br>а) $v$ аналитически<br>б) $v$ графически | Уклон $i$<br>а) натуральное число<br>б) промилле |
|---|---|---|--|--|
|   |   |   |  |  |
|   |   |   |  |  |
| Для линии СД, указанной преподавателем на карте |   |   |  |  |
| отметки точек, превышение                       |   |   |  |  |

5. Построить продольный профиль местности по направлению \_\_\_\_\_ (заданному преподавателем на карте) в масштабах: горизонтальный 1:10000, вертикальный 1: \_\_\_\_\_

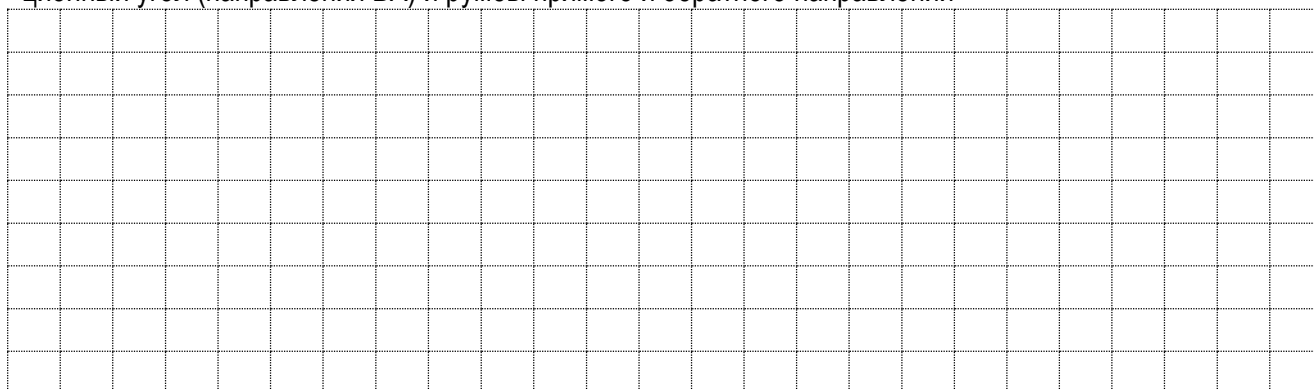


**Самостоятельно решить задачи, поясняя их рисунками**

**Задача 1.** На местности измерен магнитный азимут линии 1 – 2, он равен \_\_\_\_\_, сближение меридианов \_\_\_\_\_, склонение магнитной стрелки \_\_\_\_\_.  
Определить истинный азимут и дирекционный угол.



**Задача 2.** Дирекционный угол направления АВ равен \_\_\_\_\_. Определить обратный дирекционный угол (направления ВА) и румбы прямого и обратного направлений







# 1. Изучить устройство нивелиров и назначение его частей

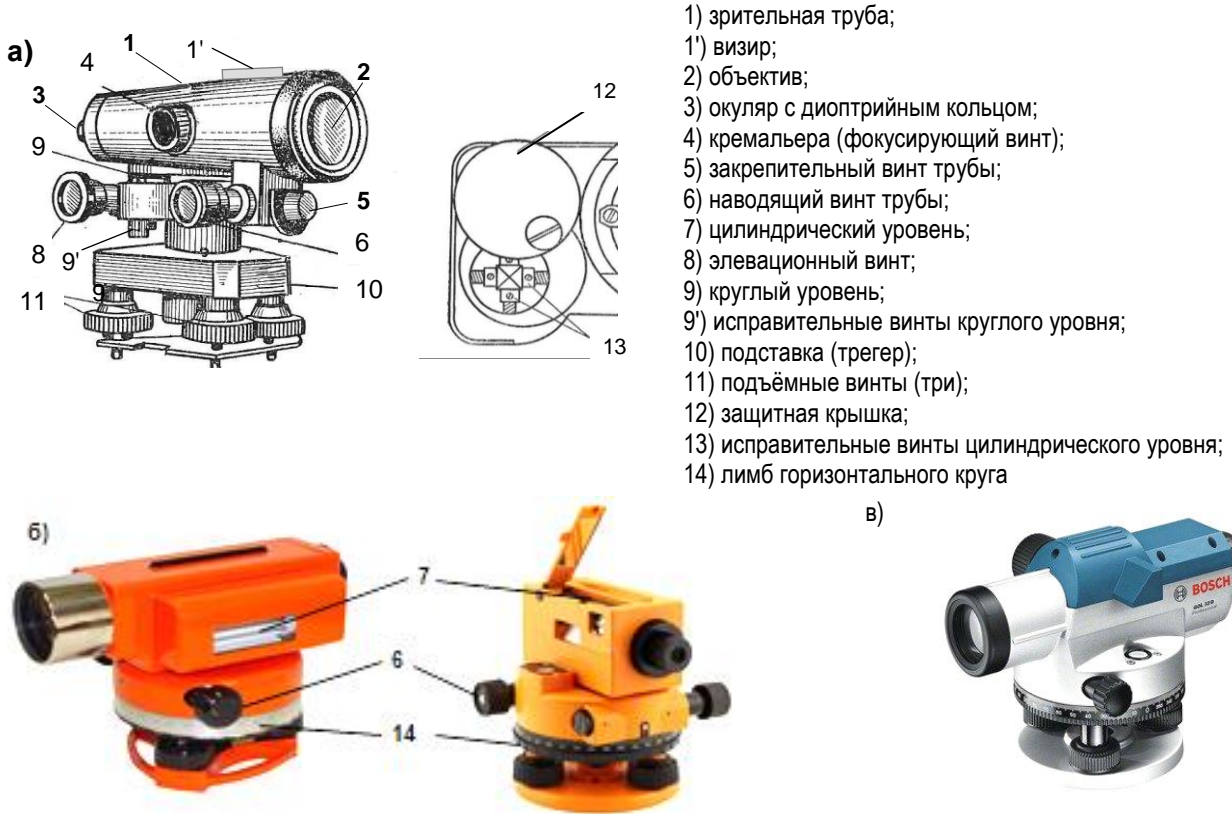


Рисунок 6 – Оптические нивелиры: а) нивелир Н-3; б) нивелир Ни-3 и ЗН-5Л; в) нивелир с компенсатором

**2. Привести нивелир в рабочее положение** (выполнив поверку круглого уровня); навестись трубой на рейку, привести в нуль-пункт пузырьёк цилиндрического уровня с помощью элевационного винта и **снять отсчеты по рейке** по верхней, средней и нижней нити по двум сторонам рейки. Записать их в таблицу и зарисовать полученные отсчёты по черной стороне рейки на рисунке 7 в.

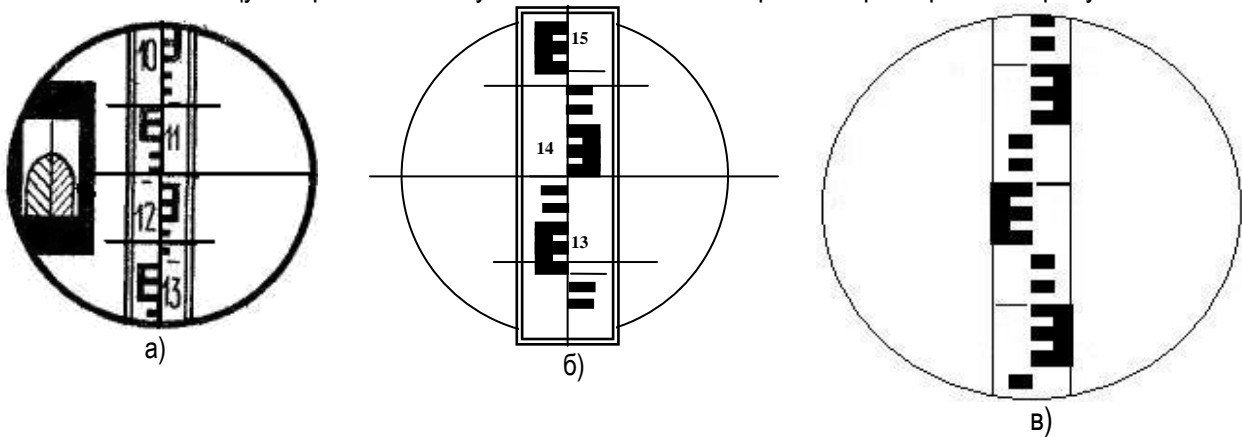


Рисунок 7 – Поле зрения трубы нивелиров а) с обратным изображением и контактным цилиндрическим уровнем; б) с прямым изображением (с компенсатором или накладным цилиндрическим уровнем); в) с прямым изображением (отсчеты по рейке зарисовать согласно индивидуального задания)

**Таблица 8 – Отсчеты по рейке, разность нулей пятки и расстояние по нитяному дальномеру**

| Наименование нити сетки нитей        | Отсчеты по рейке, мм |                | Разность нулей пятки рейки (PO) |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|
|                                      | Красная сторона      | Черная сторона |                                 |
| верхняя нить                         |                      |                |                                 |
| средняя нить                         |                      |                |                                 |
| нижняя нить                          |                      |                |                                 |
| Расстояние по нитяному дальномеру, м |                      |                | -                               |

Расстояние по нитяному дальномеру вычисляют по формуле

$$PO = O_{кр} - O_ч$$

$$d = K \cdot (O_в - O_н), \text{ где коэффициент дальномера } K=100$$

### 3. Выполнить проверки нивелира:

**а) установочного круглого уровня** (с помощью подъёмных винтов приводят в нуль-пункт пузырёк круглого уровня, он не должен выходить за пределы большой окружности);

**б) сетки нитей** (по нивелирной рейке проверяют перпендикулярность горизонтальной нити сетки нитей и оси вращения нивелира, разворот сетки нитей не должен превышать 2 мм);

**в) главного условия нивелира** можно выполнить двойным нивелированием «вперёд». На ровной местности на расстоянии 50 – 100 м друг от друга забивают колышки, на которые вертикально устанавливают нивелирные рейки. Нивелир вначале устанавливают вблизи (6 – 8 м) одной рейки и берут отсчеты по ближней  $B_1$  и дальней  $D_1$  рейкам. Затем вблизи другой рейки и также берут отсчеты по ближней  $B_2$  и дальней  $D_2$  рейкам. *Погрешность  $X$  не должна превышать  $\pm 5$  мм для расстояния 100 м.*

Также для выполнения проверки может использоваться способ, основанный на сочетании нивелирования «из середины» и «вперёд».

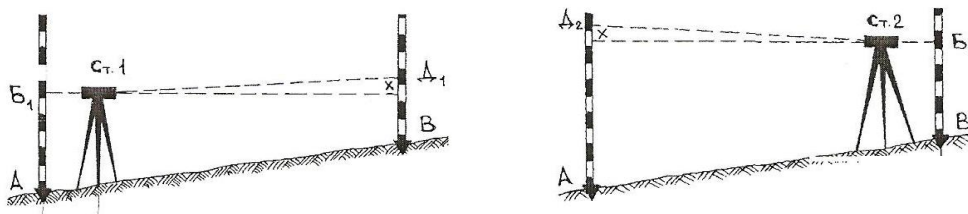


Рисунок 8 – Схема проверки главного условия нивелира

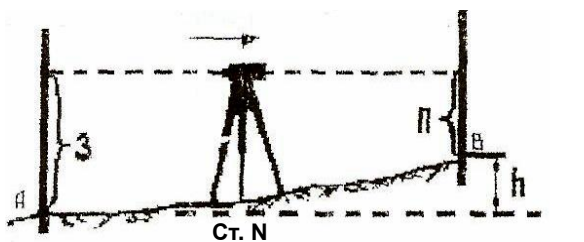
Таблица 9 – Определение не параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня

| № ст. | № точки | Рейка | Отсчеты по рейкам, мм |         |          | Вычисления   |
|-------|---------|-------|-----------------------|---------|----------|--|
|       |         |       | черная                | красная | контроль |  |
| 1     | A       | $B_1$ |                       |         |          | $X = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2}$ $X_ч =$ $X_{кр} =$ $X_{ср.} =$ |
|       | B       | $D_1$ |                       |         |          |  |
| 2     | B       | $B_2$ |                       |         |          | $X_{ср.} =$ $\text{Вывод: } \underline{\hspace{10em}}$                         |
|       | A       | $D_2$ |                       |         |          |  |

**Юстировка:** элевационным винтом устанавливают среднюю нить на вычисленный черный отсчет  $D_2^{уср.} = D_2 \text{ черн.} - X$ , затем исправительными вертикальными винтами цилиндрического уровня приводят пузырек в нуль-пункт, у нивелиров с компенсатором – исправительными винтами перемещают сетку нитей в вертикальной плоскости.

### 4. Измерить превышение между двумя точками геометрическим нивелированием способом «из середины». Показать на схеме отметки точек, результаты измерений записать в журнал.

Последовательность снятия отсчётов по рейкам в техническом нивелировании: \_\_\_\_\_



уровенная поверхность  
средн. уровень Балтийского моря  
Рисунок 9 – Нивелирование «из середины»

Журнал нивелирования

| № точки | Отсчеты, мм |          | Превышение, мм |         |
|---------|-------------|----------|----------------|---------|
|         | задний      | передний | вычисл.        | среднее |
| A       |             |          |                |         |
| B       |             |          |                |         |

Допуски:

Превышение равно разности отсчетов по рейкам, вертикально установленных на точках (отсчеты берут при горизонтальном положении визирной оси).

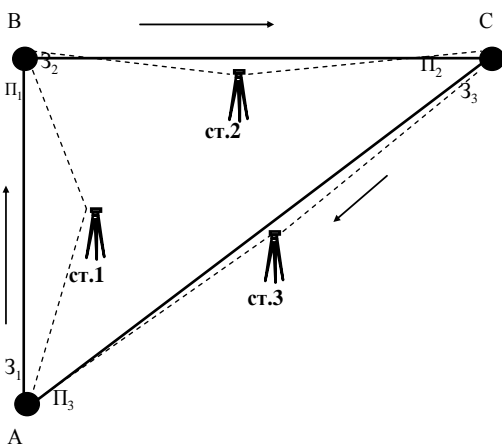
Записать формулы для определения превышения  $h = \underline{\hspace{2cm}}$  и отметки  $H_B = \underline{\hspace{2cm}}$

**5. Выполнить нивелирование на местности замкнутого нивелирного хода из 3-х станций и вычислить отметки точек** (отметка исходной точки А задается преподавателем).

В геометрическом нивелировании всех классов (кроме технического) в программу наблюдений на станции входит не только измерение превышения, но обязательное определение длины плеч (расстояний до реек), при использовании шашечных реек берут отсчеты по верхней и средней нитям сетки.

Последовательность снятия отсчетов по рейкам:

- 1) \_\_\_\_\_
- 2) \_\_\_\_\_
- 3) \_\_\_\_\_
- 4) \_\_\_\_\_



Допуски:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Рисунок 10 – Схема нивелирного хода

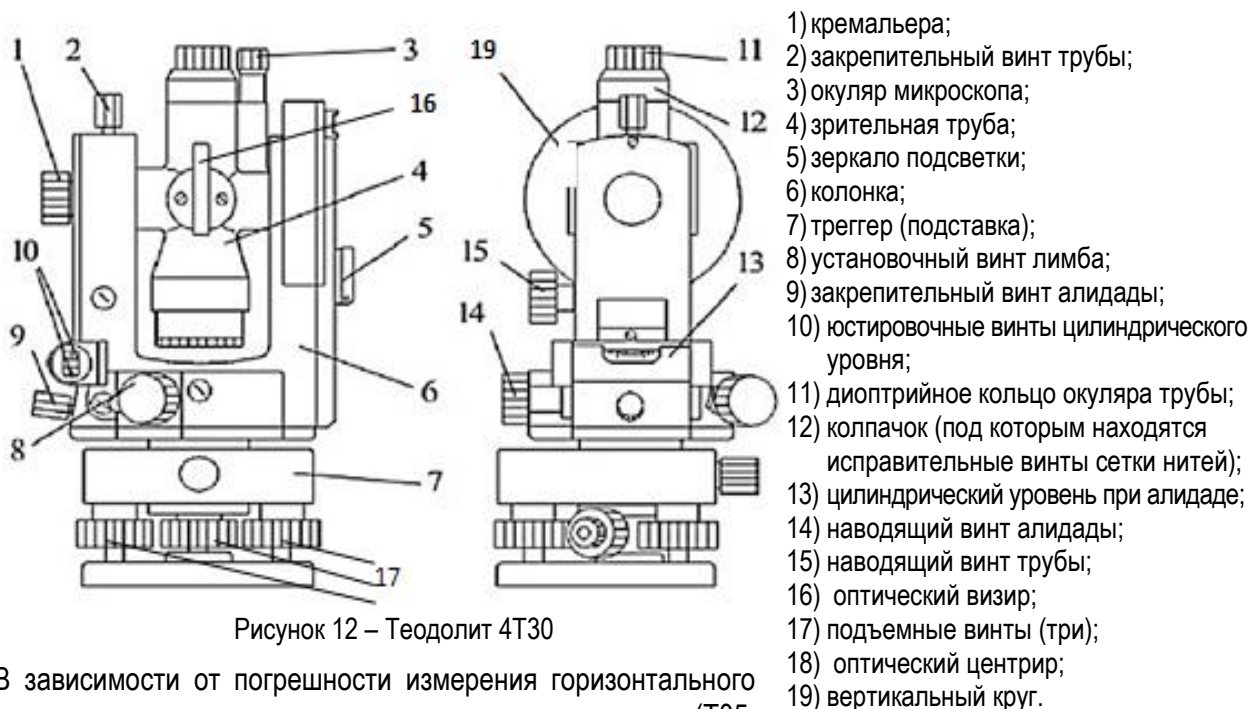
**Журнал геометрического нивелирования IV класса нивелир** \_\_\_\_\_ **№** \_\_\_\_\_

| Номер станции         | Номер точки | Дальномерное расстояние, м | Отсчеты по рейке, мм    |                         | Превышения, мм |                           |                        | Отметка точки H, м |
|-----------------------|-------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
|                       |             |                            | задний                  | передний                | вычисленное h  | среднее $h_{cp}$ поправка | уравненное $h_{уравн}$ |                    |
| 1                     | 2           | 3                          | 4                       | 5                       | 6              | 7                         | 8                      | 9                  |
| 1                     | А           |                            | .....<br>.....<br>..... |                         |                |                           |                        | _____              |
|                       | В           |                            |                         | .....<br>.....<br>..... |                |                           | .....                  |                    |
| 2                     | В           |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |
|                       | С           |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |
| 3                     | С           |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |
|                       | А           |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |
| Постраничный контроль |             |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |
| Невязки               |             |                            |                         |                         |                |                           |                        |                    |



## Лабораторная работа № 3 ТЕОДОЛИТ, устройство, проверки

### 1. Изучить устройство теодолита 4Т30П, назначение его частей



В зависимости от погрешности измерения горизонтального угла теодолиты подразделяются на **высокоточные** (Т05, Т1); **точные** (Т2 и Т5) и **технические** (Т15, Т30 и Т60).

### 2. Определить цену деления лимба и точность теодолита

1 деление = \_\_\_\_\_ точность измерения горизонтального угла \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ точность измерения вертикального угла \_\_\_\_\_

### 3. Изучить отсчетное устройство (шкаловый микроскоп), научиться брать отсчеты.

При снятии отчётов помните, что минуты считают от нуля шкалы.

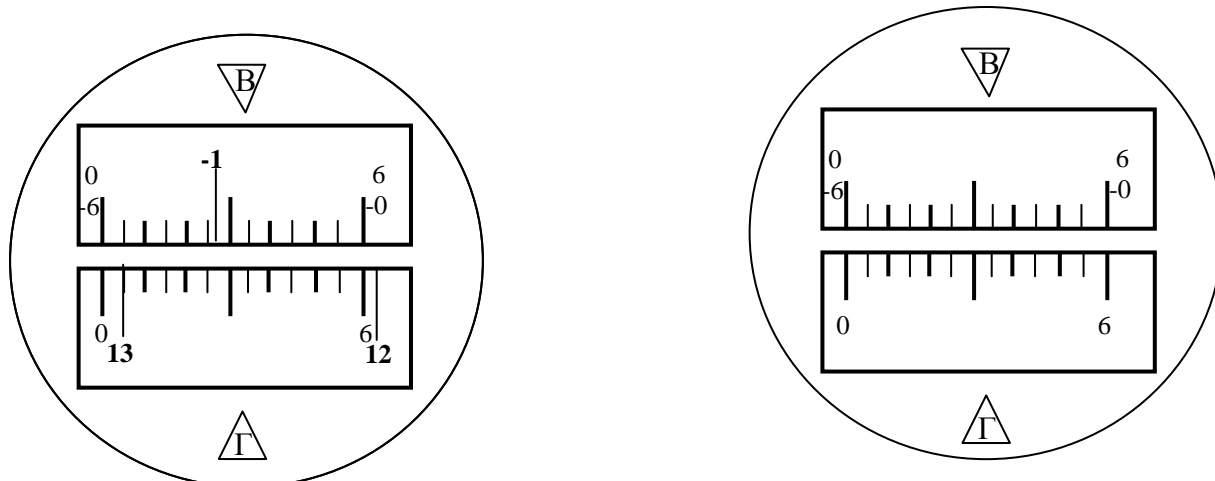


Рисунок 13 – Шкаловый микроскоп теодолита 4Т30

по вертикальному кругу:  $-1^{\circ} 33,0'$

по горизонтальному кругу:  $13^{\circ} 05,0'$

по вертикальному кругу: \_\_\_\_\_

по горизонтальному кругу: \_\_\_\_\_

**Теодолит имеет следующие оси:** ось вращения теодолита; ось цилиндрического уровня; ось вращения зрительной трубы; визирная ось зрительной трубы. В процессе выполнения проверок контролируют взаимное расположение осей.

## Оси теодолита

К теодолиту предъявляются следующие требования:

- Ось цилиндрического уровня  $U - U$  должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита  $Z - Z$ .
- Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита  $Z - Z$ .
- Ось вращения зрительной трубы  $H - H$  должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита  $Z - Z$ .
- Визирная ось трубы  $V - V$  должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы  $H - H$ .

### 4. Выполнить поверки теодолита 4Т30П № \_\_\_\_\_

а) **поверку цилиндрического уровня** (контролируют перпендикулярность оси уровня к оси вращения теодолита) – пузырёк уровня приводят в нуль-пункт с помощью подъёмных винтов (допустимое отклонение 1 деление);

б) **контролируют правильность установки сетки нитей** (по отвесу или по точке проверяют параллельность вертикальной нити сетки нитей и оси вращения теодолита);

в) **определить коллимационную погрешность.**

Коллимационная погрешность характеризует неперпендикулярность визирной оси к оси вращения

зрительной трубы  $C = \frac{KЛ - КП \pm 180^\circ}{2}$ . Допустимое значение  $C_{доп} =$  \_\_\_\_\_

**Таблица 10 – Определение коллимационной погрешности**

| № точек визирования | Положение вертикальн. круга | Отсчеты по горизонтальному кругу<br>о ' " | $\pm C$<br>' или " | Правильный отсчет<br>(необходим для уменьшения C) |
|---------------------|-----------------------------|---|--------------------|---|
|                     | КЛ                          |   |                    |   |
|                     | КП                          |   |                    |   |
|                     |                             |   |                    |   |
|                     |                             |   |                    |   |

**Вывод** по величине коллимационной погрешности: \_\_\_\_\_

**Исправление:** если  $C$  превышает допуск, тогда вычисляем правильный отсчет  $N = \frac{КП + КЛ \pm 180^\circ}{2}$  последнего

наблюдения и устанавливаем его на лимбе наводящим винтом алидады. При этом изображение точки в поле зрения трубы сместится с пересечения сетки нитей, действуя боковыми исправительными винтами сетки, перемещают её до совмещения центра нитей с изображением точки. После исправления поверку повторяют.

г) **перпендикулярность оси вращения трубы к оси вращения инструмента** контролируют на заводе-изготовителе и в метрологической лаборатории (исправляется в мастерской).

## Лабораторная работа № 4 ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Перед измерением угла теодолит центрируют над точкой, приводят его в рабочее положение, а трубу устанавливают для наблюдений (фокусируют):

а) **центрирование** – установка центра горизонтального круга над вершиной измеряемого угла, выполняемое с помощью нитяного отвеса или оптического центрира. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 1 – 5 мм.

б) приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, а оси вращения теодолита в отвесное (вертикальное) положение выполняется с помощью подъёмных винтов и цилиндрического уровня;

в) **при установке трубы для наблюдений** необходимо добиться четкого изображения сетки нитей вращением диоптрийного кольца, вращением фокусирующего винта – четкого изображения наблюдаемого предмета (визирной цели, вехи) и устранить параллакс сетки нитей.

Для измерения горизонтальных углов применяют способы: приёмов (измерение отдельного угла), круговых приёмов, повторений, всевозможных комбинаций, «от нуля».

### 1. Измерить теодолитом два горизонтальных угла способом приёмов

Полный прием состоит из двух полуприёмов, т.е. угол измеряется при двух положениях вертикального круга теодолита (КЛ и КП). Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла.

- Первый полуприём начинают, например, при КЛ. При закреплённом лимбе наводят трубу на правую точку и берут отсчёт по горизонтальному кругу, затем наводят трубу на левую точку и берут отсчёт. Угол  $\beta$  вычисляется как разность отсчетов.
- Перед вторым полуприёмом смещают лимб на несколько градусов ( $2 - 3^\circ$ ) наводящим винтом лимба (или с помощью рукоятки перестановки лимба).
- Переводят трубу через зенит и уже при КП в обратной последовательности выполняют визирование и берут отсчёты по горизонтальному кругу.
- Вычисляют значение угла из второго полу приема и сравнивают его со значением, полученным в первом полуприеме. Если расхождение значений не превышает допуска, то за окончательное значение угла принимают среднее арифметическое.

### Журнал измерения горизонтальных углов

| Схема измеряемого угла $\beta$ | Вершина угла | Положен. вертикал. круга КЛ и КП | №№ точек визирования | Отсчеты по горизонтальному кругу<br>о ' " | Измеренный угол в полуприёме |       | Среднее значение угла |       |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------|---|------------------------------|-------|-----------------------|-------|
|                                |              |                                  |                      |   | о ' "                        | о ' " | о ' "                 | о ' " |
| 1                              | 2            | 3                                | 4                    | 5   | 6                            |       | 7                     |       |
|                                |              |                                  |                      |   |                              |       |                       |       |
|                                |              |                                  |                      |   |                              |       |                       |       |
|                                |              |                                  |                      |   |                              |       |                       |       |

\* исправлять значения отсчетов в графе 5 запрещается  
Допустимое расхождение значений угла из полу приемов

### 2. Измерить магнитный азимут направления способом «от нуля»

Таблица 11 – Определение магнитного азимута

|    |                            |           |               |
|----|----------------------------|-----------|---------------|
| КЛ | север магнитного меридиана | 0° 00 ' " | $A_m =$ _____ |
|    | конец ориентируемой линии  |           |               |

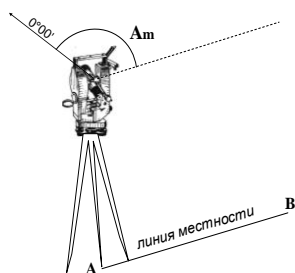


Рисунок 14 – Измерение магнитного азимута

**Магнитный азимут** измеряют **способом «от нуля»**, для этого устанавливают рабочее положение теодолита «круг лево» и крепят к нему ориентир-буссоль. Открыв алидаду, вращают теодолит до совмещения магнитной стрелки со штрихом буссоли (северное направление магнитного меридиана) и закрепляют алидаду. Устанавливают отсчёт 0°00' по горизонтальному кругу рукояткой перестановки лимба. Затем снова открывают алидаду и, вращая теодолит по ходу часовой стрелки, наводят на точку, которая является концом ориентируемой линии, берут отсчет по горизонтальному кругу. Полученный отсчет и будет значением магнитного азимута.

Переход к значению дирекционного угла  $\alpha = A_m + \delta - \gamma$



### 3. Измерить горизонтальные углы способом круговых приемов

Способ используется, когда в одной точке сходится более двух направлений, он позволяет измерять сразу несколько углов с равной точностью. Применяется при измерении горизонтальных углов в триангуляции; строительной геодезической сетке; в системах полигонометрических и теодолитных ходов с узловыми точками.

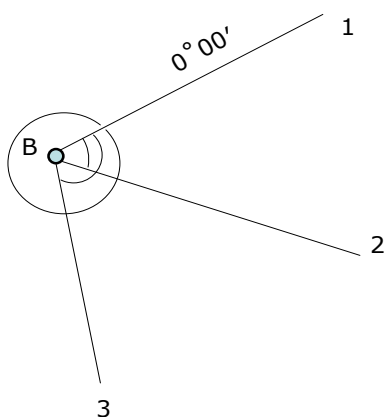


Рисунок 15 – Измерение горизонтальных углов способом круговых приемов

Контролем правильности измерения является графа 6. Колебания двойной коллимационной погрешности не должны превышать 1' (для теодолита Т30 и равноточных ему).

- Вычисляют средние значения отсчётов, полученных при КЛ и КП, по формуле  $N = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2}$ ,

причем значение в градусах берут от КЛ.

В средние значения направлений вводят поправку за не замыкание горизонта. Например,  $\Delta_{CP} = -19''$ , тогда поправки во второе направление +6'', в третье +12'', в первое (при завершении полу приема) +19''.

В графе 7 получают направления, подсчитанные по формуле  $N_i = O_i - O_1$ , где  $i = 1, 2, 3$  – номера направлений, причем первое направление принимают за 0°00''.

Таблица 12 – Измерение углов способом круговых приемов

| Вершина угла        | №№ точек визирования | Положение вертикальн. круга | * Отсчёты по горизонтальному кругу |                 | 2С | Направления |
|---------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|----|-------------|
|                     |                      |                             | о                                  | '               |    |             |
| 1                   | 2                    | 3                           | полученный                         | средний         | 6  | 7           |
|                     |                      | КЛ                          |                                    |                 |    | 0°00'       |
|                     |                      | КП                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КЛ                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КП                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КЛ                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КП                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КЛ                          |                                    |                 |    |             |
|                     |                      | КП                          |                                    |                 |    |             |
| Замыкание горизонта |                      | $\Delta_{Л} =$              | $\Delta_{ПР} =$                    | $\Delta_{СР} =$ |    |             |

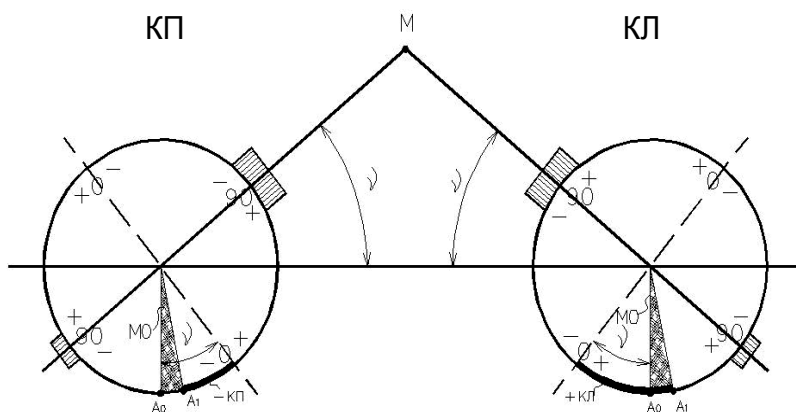
Значения углов вычисляют как разность между значениями последующего и предыдущего направлений, их записывают на схему. В качестве контроля вычислений служит полюсное условие: сумма углов равна 360°.

## Лабораторная работа № 5 ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ.

### 1. Изучить устройство вертикального круга теодолита

**Местом нуля (МО)** вертикального круга теодолита называют отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы.

Вертикальный круг теодолита 2Т30 и 4Т30П разделен на четыре сектора диаметрами 0°–0° и 90°–90°, скреплён со зрительной трубой по диаметру 90°–90° и оцифрован в обе стороны от 0° до 75°. Против хода часовой стрелки подписаны положительные значения, а по ходу часовой стрелки – отрицательные со знаком минус (–).



$A_0$  – положение отсчётного индекса при  $МО = 0$ ;

$A_1$  – положение отсчётного индекса при  $МО \neq 0$

Рисунок 16 - Вертикальный круг теодолита 2Т30

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2} \quad (1)$$

$$\nu = КЛ - МО \quad (2)$$

$$\nu = МО - КП \quad (3)$$

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2} \quad (4)$$

### 2. Определить место нуля (МО) и измерить вертикальные углы

Журнал определения МО и вертикальных углов

| Номера точек визирования | Положение вертик. круга | Отсчет по вертикальному кругу | МО | Угол наклона $\nu$<br>Зенитное расстояние Z |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|----|---|
|                          | КЛ                      |                               |    |   |
|                          | КП                      |                               |    |   |
|                          |                         |                               |    |   |
|                          |                         |                               |    |   |

**Место нуля теодолита 4Т30П, 2Т5К имеет значение, близкое к 0° (допуска нет), и должно быть постоянным в процессе измерений конкретным теодолитом.**

При необходимости исправления МО определяют правильный отсчет  $N_0$ , вычисленный по последнему наблюдению  $N_0 = N - МО$ . Устанавливают правильный отсчет  $N_0$  по вертикальному кругу наводящим винтом зрительной трубы. Юстируют исправительными вертикальными винтами сетки нитей, совмещая центр сетки нитей и визирную точку.

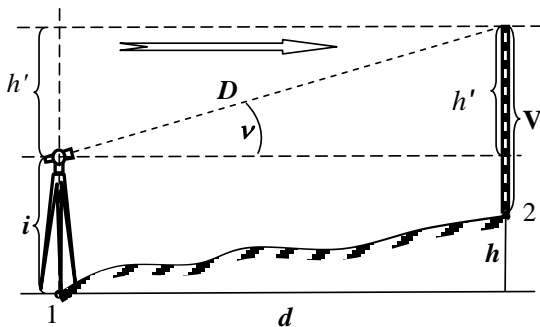
Если вертикальный круг оцифрован от 0° до 360° (например, теодолит 4Т15П), то значение места нуля близкое к 90°.

Для измерения вертикального угла необходимо дважды (при двух положениях вертикального круга) навестись на определяемую точку и взять отсчёты по вертикальному кругу, т.е. измерение выполняют способом приёмов.

### 3. Определить превышение тригонометрическим нивелированием

Данный метод нивелирования позволяет определить превышение между точками по измеренному углу наклона и расстоянию. Над точкой 1 устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструмента  $i$  (расстояние от точки 1 до оси вращения зрительной трубы) с помощью нивелирной рейки с точностью до 0,01 м. В точке 2 устанавливают нивелирную рейку и наводят на неё зрительную трубу.

По черной стороне рейки отсчитывают *высоту визирования*  $V$  – расстояние от пятки рейки до средней горизонтальной нити сетки. Нитяным дальномером измеряют наклонное расстояние  $D$  от теодолита до рейки. Теодолитом способом приемов измеряют угол наклона  $\nu$ .



Формулы тригонометрического нивелирования

$$h + V = h' + i \quad \text{или} \quad h = h' + i - V.$$

Неполное превышение из решения прямоугольного треугольника можно найти по формулам:

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu \quad \text{или} \quad h' = \frac{D}{2} \cdot \sin 2\nu,$$

где  $d$  – горизонтальное проложение,  
 $D$  – наклонное расстояние.

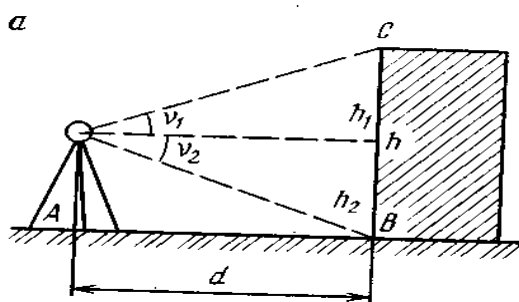
Запишите формулу для вычисления наклонного расстояния по нитяному дальномеру.

Рисунок 17 – Тригонометрическое нивелирование

Таблица 13 – Определение превышений тригонометрическим нивелированием

| Высота инструмента, м | Высота наведения, м | Отсчеты по дальномерным нитям, мм | Отсчеты по вертикальному кругу, ° | Угол наклона, ° | Превышения, м |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
|                       |                     |                                   | КЛ                                |                 | $h' =$        |
|                       |                     |                                   | КП                                |                 | $h =$         |
|                       |                     | $D =$                             | МО =                              |                 |               |

### 4. Выполнить определение высоты сооружения (или вертикального размера конструкции, элемента интерьера). Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.



Расстояние до объекта измерим лазерной рулеткой  
 $d =$  \_\_\_\_\_

Формулы для определения вертикальных элементов из тригонометрического нивелирования:

$$h = d \cdot (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2),$$

для случая, изображенного на рисунке 17:

$$h = d \operatorname{tg} \nu_1 + d |\operatorname{tg} \nu_2|.$$

Рисунок 18 – Измерение магнитного азимута

Таблица 14 – Определение высоты сооружения

| № станции               | № точек визирован. | Положение верт. круга | Отчеты по вертик. кругу | МО | Угол наклона $\nu$ | $\operatorname{tg} \nu$ | $d \cdot \operatorname{tg} \nu$ |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|----|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1                       | 2                  | 3                     | 4                       | 5  | 6                  | 7                       | 8                               |
| А                       | верх С             | КЛ                    |                         |    |                    |                         |                                 |
|                         | верх С             | КП                    |                         |    |                    |                         |                                 |
|                         | низ В              | КЛ                    |                         |    |                    |                         |                                 |
|                         | низ В              | КП                    |                         |    |                    |                         |                                 |
| Высота сооружения $h =$ |                    |                       |                         |    |                    |                         |                                 |

## Лабораторная работа № 6 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Для измерения расстояний используют мерные проволоки, землемерные ленты, стальные и лазерные рулетки, светодальномеры, радиодальномеры, электронные тахеометры.

### 1. Изучение устройства и работа с лазерными рулетками

Технические характеристики лазерной рулетки фирмы DISTO™A5 фирмы LEICA (Швейцария): дальность измерений 0,05 – 200 м; точность измерения ±(1,5 мм – 2 мм).

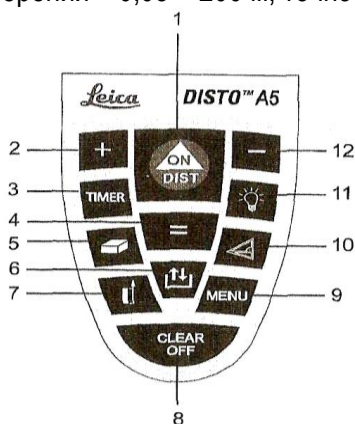


Рисунок 19 – Клавиатура лазерной рулетки DISTO™A5

- Клавиатура:
1. ON/DIST – включить/измерить;
  2. «+» – плюс;
  3. TIMER – таймер;
  4. «=» – равно;
  5. – площадь/объем;
  6. – память;
  7. – точка отсчета;
  8. CLEAR/OFF – стереть/выключить;
  9. MENU – меню;
  10. – косвенные измерения;
  11. – подсветка;
  12. «-» – минус.

Нажимают клавишу DIST, включая лазер. Лазерный луч направляют на объект и снова нажимают клавишу DIST. Измеренное расстояние высвечивается на дисплее.

Таблица 15 – Результаты измерений

| Выполнить серию измерения расстояния, м | Определить площадь аудитории, м <sup>2</sup> | Определить объем аудитории, м <sup>3</sup> |
|---|--|--|
| 1.                                      | Длина  | Длина                                      |
| 2.                                      |  | Ширина                                     |
| 3.                                      | Ширина                                       | Высота                                     |
| 4.                                      |  |  |
| Среднее значение                        | Площадь                                      | Объем                                      |

### 2. Определение недоступных расстояний на местности по измеренным базисам и горизонтальным углам по теореме синусов

$d_{AB} = \frac{b}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta$  или косинусов  $d_{AB} = \sqrt{b^2 + b_1^2 - 2bb_1 \cos \beta}$ .

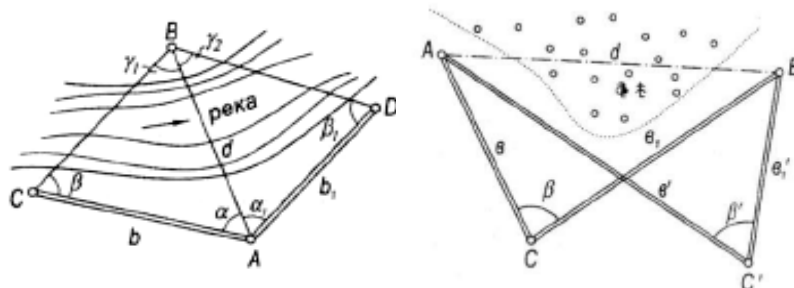


Рисунок 20 – Схема определения недоступных расстояний

Таблица 16 – Вычисление недоступных расстояний

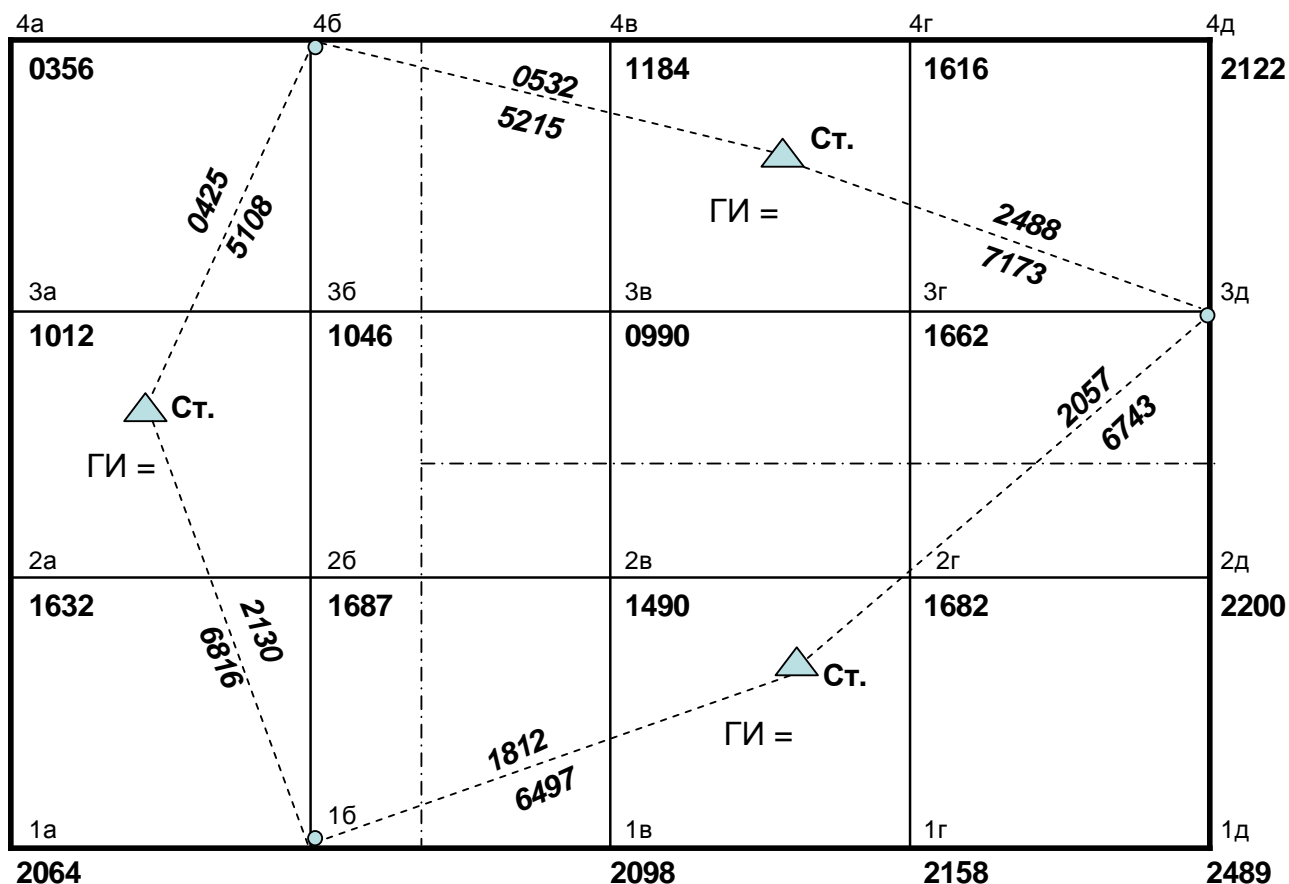
|                   |                   |                     |                   |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| b=                | b <sub>1</sub> =  | b=                  | b/=               |
| β=                | β <sub>1</sub> =  | b <sub>1</sub> =    | b <sub>1</sub> '= |
| α=                | α <sub>1</sub> =  | β=                  | β/=               |
| γ=                | γ <sub>1</sub> =  | d <sub>AB</sub> =   | d <sub>AB</sub> = |
| d <sub>AB</sub> = | d <sub>AB</sub> = | d <sub>ABcp</sub> = |                   |

d<sub>ABcp</sub>=



## Лабораторная работа № 7 ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА МЕСТНОСТИ

**Исходные данные:** полевая схема-журнал нивелирования поверхности по квадратам; сторона квадрата равна \_\_\_\_\_ метров; репер расположен в вершине квадрата \_\_\_\_\_.



1. По результатам измерений и исходной отметке репера  $H =$  \_\_\_\_\_ м вычислить отметки связующих точек и записать их на схему.

Таблица 17 – Ведомость вычисления отметок связующих точек

| №№ станций | №№ точек | Отсчеты, мм |          | Превышения, мм |                    |            | Отметка $H$ , м | №№ точек |
|------------|----------|-------------|----------|----------------|--------------------|------------|-----------------|----------|
|            |          | задний      | передний | вычислен.      | среднее (поправка) | уравненное |                 |          |
| I          | Рп       |             |          |                |                    |            |                 | Рп       |
|            |          |             |          |                |                    |            |                 |          |
| II         |          |             |          |                |                    |            |                 |          |
|            |          |             |          |                |                    |            |                 |          |
| III        |          |             |          |                |                    |            |                 |          |
|            | Рп       |             |          |                |                    |            |                 | Рп       |

$$\sum \Sigma 3 = \quad \quad \quad \sum \Sigma \Pi = \quad \quad \quad \sum h_{в} = \quad \quad \quad \sum h_{ср} =$$

Контроль:  $\Sigma \Sigma 3 - \Sigma \Sigma \Pi = \Sigma h_{в} = 2 \Sigma h_{ср}$

Невязка  $f_h = \Sigma h_{ср} =$

$$fh_{дон} = 10_{мм} \sqrt{n} = \pm 17_{мм}, \text{ где } n - \text{ число станций.}$$

2. Вычислить горизонт инструмента станций нивелирования и записать его на схему.

Горизонт инструмента равен отметке задней точки плюс черный отсчет по рейке, установленной на этой точке  $ГИ_{СТ} = H_{Зад} + a_{Зад}^{ЧЕР}$ .

3. Вычислить отметки земли ( $H_{\text{ФАКТ}}$ ) промежуточных точек (вершин квадратов) через горизонт инструмента и записать в схему  $H_{\text{ФАКТ}} = ГИ_{\text{СТ}} - a^{\text{ЧЕР}}$ .

4. Вычислить отметку центра тяжести участка и принять ее значение за исходную проектную отметку ( $H_{\text{ЦТ}} = H_{\text{ПРОЕКТ}}$ ).

$$\Sigma H_1 = \quad ; \quad \Sigma H_2 = \quad ; \quad \Sigma H_4 = \quad .$$

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \cdot \Sigma H_2 + 4 \cdot \Sigma H_4}{4n} = \quad ,$$

Где  $n$  – число квадратов, в нашем примере равно 12.

**Преобразование существующего рельефа в проектный (искусственный) рельеф, отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории называется вертикальной планировкой местности.**

5. Построить план организации рельефа в масштабе 1: \_\_\_\_\_ (задается преподавателем) с высотой сечения рельефа  $h = 0,5$  м, который включает в себя топографический план и картограмму земляных работ. В выбранном масштабе карандашом на листе ватмана формата А-4 изображают сетку квадратов. Подписывают черным цветом фактические отметки.

Построение горизонталей существующего рельефа на плане можно выполнить, используя **графическую интерполяцию**. Палетка – это ряд параллельных линий, нанесенных на кальке через равные расстояния (5 или 10 мм), каждая линия обозначается отметками кратными, например, 0,5 м. Палетку накладывают на линию, например АВ, и поворачивают ее так, чтобы точки с известными отметками заняли положение, соответствующее их отметкам. Затем точки пересечения линии АВ с линиями на кальке, условно имеющими отметки горизонталей, накалывают на план (в нашем случае 30,0; 30,5; 31,0).

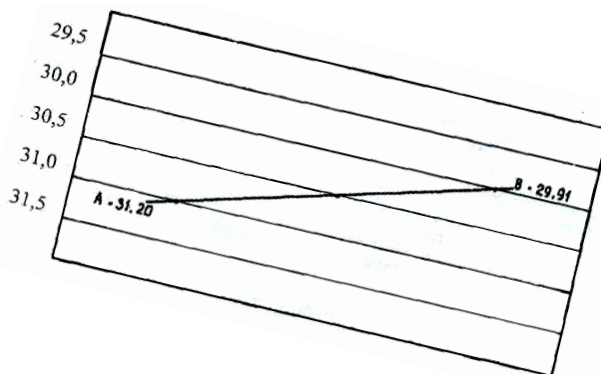


Рисунок 21 – Графическая интерполяция с помощью палетки

Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями – горизонталями, их изображают коричневым цветом и оцифровывают следующим образом: при высоте сечения 0,5 метра каждую четвертую, причем целую метровую, горизонталь утолщают и подписывают в разрыве (например, 30).

6. При проектировании наклонной площадки вычислить проектные отметки вершин квадратов по известной стороне квадрата и заданному уклону по формуле  $H_{\text{ПОСЛЕДУЮЩ}} = H_{\text{ПРЕДЫД}} + i \cdot d$ . Сначала получают проектные отметки вершин квадратов, расположенных рядом с центром тяжести участка, а от них проектные отметки других вершин. Затем по значениям проектных отметок строят проектные горизонталю в виде прямых параллельных линий. Для их построения применяют аналитическую интерполяцию, т.е. рассчитывают расстояния до горизонталей. **Проектные горизонталю оформляют красным цветом.**

\* При проектировании горизонтальной площадки уклон равен нулю и проектные отметки всех вершин квадратов равны отметке центра тяжести.

7. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов  $\pm h_p = H_{\text{ПРОЕКТ}} - H_{\text{ФАКТ}}$  и записать их с точностью до см на картограмме земляных работ и по этим данным построить линию нулевых работ.

Все результаты вычислений оформляют непосредственно на плане, при этом проектные (вычисленные) отметки записывают красным цветом, топографические (фактические) – черным, рабочие – синим. Линию нулевых работ (границу выемки и насыпи) тоже оформляют синим цветом.

## Лабораторная работа № 8

### ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПЛАНОВОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ.

#### СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

Плановое съемочное обоснование создают различными геометрическими построениями (триангуляция, полигонометрия, теодолитные ходы), в которых измеряются углы и длины линий. Наиболее распространено проложение одиночных *теодолитных ходов* или системы ходов. Отметки точек съемочное обоснование определяют методом геометрического нивелирования или тригонометрического нивелирования.

**Исходные данные** (выдаются преподавателем): схема замкнутого теодолитного хода с результатами измерений; абрис съемки; координаты исходного пункта \_\_\_\_\_, дирекционный угол начального направления \_\_\_\_\_.

Рисунок 22 – Схема теодолитного хода

Рисунок 23 – Абрис тахеометрической съемки (вклеить)

**1. Выполнить обработку результатов геодезических измерений приближенным методом** в таблице 18 «Ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода», вычислив и распределив угловую невязку, а также линейные невязки (по осям координат). В качестве допущения, характеризующего точность геодезических построений, используется относительная погрешность.

**2. Вычислить координаты точек теодолитного хода**, используя формулы прямой геодезической задачи  $X_{n+1} = X_n + \Delta x$ ;  $Y_{n+1} = Y_n + \Delta y$ , где  $\Delta x = d \cdot \cos \alpha$ ;  $\Delta y = d \cdot \sin \alpha$ ;

$$\alpha_{\text{послед.}} = \alpha_{\text{предыд.}} + 180^\circ - \beta_{\text{уравн.}} \quad (\text{формула для правых по ходу горизонтальных углов}).$$

**3. Построить топографический план**

План составляют на ватмане формата А3 или А2 (*масштаб задается преподавателем*). Сначала на листе строят координатную сетку 10x10 см, затем по вычисленным координатам наносят точки теодолитного хода, используя поперечный масштаб и измеритель. После чего, пользуясь абрисом, наносят на план характерные точки местности (элементы застройки, дороги, ЛЭП, контура растительности и др.). Оформляют план в соответствии с действующими условными знаками, используя черный и зеленый цвета.



Таблица 18 – Ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода

| №№ точек | Измеренные горизонтальные углы, поправки |   | Уравненные горизонтальные углы $\beta_{ур}$ |   | Дирекционные углы $\alpha$ румбы $r$ |   | Cos $\alpha$<br>Sin $\alpha$ | Горизонт. проложение<br>d, м | Приращения координат       |            |               |            | Координаты точек, м |   | №№ точек |
|----------|--|---|---|---|--------------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------|---------------|------------|---------------------|---|----------|
|          | о  | ' | о   | ' | о                                    | ' |                              |                              | вычисленные, (поправки), м |            | уравненные, м |            | X                   | Y |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              | $\Delta x$                 | $\Delta y$ | $\Delta x$    | $\Delta y$ |                     |   |          |
| 1        | 2  | 3 | 4   | 5 | 6                                    | 7 | 8                            | 9                            | 10                         | 11         | 12            | 1          |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |
|          |  |   |   |   |                                      |   |                              |                              |                            |            |               |            |                     |   |          |

$\Sigma \beta_{np} =$        $\Sigma \beta_{ур} =$        $P = \Sigma d =$        $f_x = \Sigma \Delta x =$        $f_y = \Sigma \Delta y =$

$\Sigma \beta_r =$

$f_\beta =$        $f_{\beta_{оон}} = \pm 1' \sqrt{n} =$        $|f_\beta| \leq |f_{\beta_{оон}}|$        $f_{a\delta c} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$        $f_{оми} = \frac{f_{a\delta c}}{P} =$        $\leq \frac{1}{2000}$

## Лабораторная работа № 9

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОМУ ПЛАНУ (КАРТЕ)

Способы определения площадей: разбиение участка на простейшие геометрические фигуры; с помощью палетки (в виде сетки квадратов); по координатам контурных точек участка (по формулам аналитической геометрии); механический способ (с помощью полярного планиметра).

**1. Определить площадь фигуры геометрическим способом**, используя топографический план.

Измерить линейные элементы (основание и высоты). Погрешность измерения соответствует точности масштаба плана.

Результаты измерений: \_\_\_\_\_

Формула площади треугольника: \_\_\_\_\_

Значения площадей двух треугольников:

$S_I =$

$S_{II} =$

Общая площадь многоугольника равна сумме площадей фигур

$S_{общ} =$

Вычисление площадей фигур выполнить с точностью до 0,1 м<sup>2</sup>, а общей – до целых м<sup>2</sup>.

Рисунок 24 – Схема многоугольника (участка местности) с делением на простые фигуры (треугольники)

**2. Вычислить площадь многоугольника аналитическим способом** по координатам X, Y контурных точек, используя формулы:

$$2S = \sum_1^k X_k (Y_{k+1} - Y_{k-1}) =$$

$$2S = \sum_1^k Y_k (X_{k-1} - X_{k+1}) =$$

контроль вычислений:  $\sum_1^k (Y_{k+1} - Y_{k-1}) = 0, \quad \sum_1^k (X_{k-1} - X_{k+1}) = 0.$

Будем использовать координаты точек теодолитного хода (стр. 25, графы 11 и 12).

**Таблица 19 – Ведомость вычисления площади многоугольника по координатам его вершин**

| Номер вершин<br>k   | Координаты, м |       | Разность координат, м |                     | $X_k(Y_{k+1} - Y_{k-1})$ | $Y_k(X_{k-1} - X_{k+1})$ |
|---------------------|---------------|-------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | $X_k$         | $Y_k$ | $Y_{k+1} - Y_{k-1}$   | $X_{k-1} - X_{k+1}$ |                          |                          |
|                     |               |       |                       |                     |                          |                          |
|                     |               |       |                       |                     |                          |                          |
|                     |               |       |                       |                     |                          |                          |
|                     |               |       |                       |                     |                          |                          |
| Контроль вычислений |               | 0,00  | 0,00                  |                     | 2 S                      | 2 S                      |

Площадь S = \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>                      S = \_\_\_\_\_ га



## Лабораторная работа № 11 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ, ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

**Задание:** по данным пикетажного журнала и журнала технического нивелирования составить профиль трассы дороги и нанести проектную линию.

**Исходные данные:** (выдаются преподавателем) отметки реперов; пикетажный журнал; угол поворота трассы  $\phi$  и радиус закругления; журнал нивелирования трассы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Обработка журнала технического нивелирования.
2. Рассчитать элементы круговой кривой (Т, К, Д, Б) и пикетажные значения для главных точек кривой (НК, СК, КК).
3. Построить профили трассы дороги (продольный и поперечные) в масштабах, заданных преподавателем;
4. Нанести проектную линию на продольный профиль, *соблюдая следующие условия:*
  - а) проектная отметка начала трассы ПК0 должна совпадать с фактической отметкой (земли), также и в конце трассы (рассмотрим вариант ремонта дороги);
  - б) объём земляных работ должен быть минимальным и сбалансированным;
  - в) продольный уклон линии не должен превышать предельного значения уклона, который задаётся преподавателем;
  - г) проектная линия должна состоять из 2-х участков с разными уклонами.
5. Вычислить проектные и рабочие отметки.
6. Вычислить расстояние до точек нулевых работ и их отметки.
7. Оформить продольный и поперечные профили цветом (черный, красный, синий).

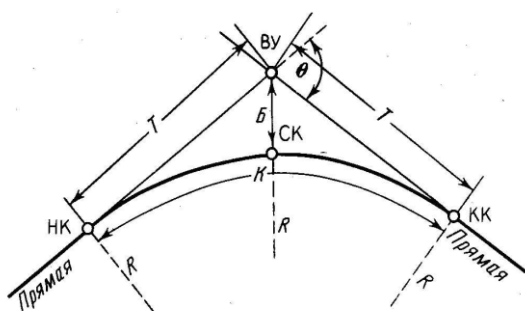


Рисунок 25 – Круговая кривая

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

$$K = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot \theta^\circ$$

$$B = R \cdot \left( \sec \frac{\theta}{2} - 1 \right)$$

$$D = 2 \cdot T - K$$

**Параметры кривой № 2**

$\theta =$   $R =$

**Элементы кривой**

$T =$   $K =$

$D =$   $B =$

**Вычисление пикетажных значений главных точек кривой**

ПК ВУ2 =  $\frac{\quad - T}{\quad}$

ПК НК =  $\frac{\quad + K}{\quad}$

ПК КК =  $\frac{\quad - 0,5 K}{\quad}$

ПК СК =  $\quad$

Контроль:

ПК ВУ 2 =  $\frac{\quad + T}{\quad}$

ПК КК =  $\frac{\quad - D}{\quad}$

**Примечание** – При выполнении задания используйте «Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Инженерная геодезия» на тему «Трассирование линейных сооружений» / Л.Ф. Зуева, С.Н. Кандыбо. – Брест: БрГТУ, 2018.

**Построение продольного профиля трассы автодороги.** После вычисления отметок всех точек по трассе приступают к построению продольного профиля и поперечников. Профиль строят на миллиметровой бумаге формата А3, где все размеры откладывают без измерителя. Масштабы для вертикальных линий обычно принимают в десять раз крупнее масштаба для горизонтальных линий, благодаря чему профиль приобретает большую наглядность. Для профиля автодороги рекомендуется взять масштабы: горизонтальный 1:2000 или 1:1000; вертикальный масштаб, как правило, выбирают в 10 и более раз крупнее горизонтального, например, 1:200 или 1:100.

**Профили поперечников** строят в одинаковых масштабах для горизонтальных и вертикальных расстояний 1:100 или 1:200. Располагают поперечные профили на том же листе миллиметровки с продольным профилем трассы в наглядном месте (в нашем примере) над сеткой профиля левее шкалы отметок. Данными для построения профиля являются расстояния между точками поперечника и их фактические отметки из нивелирного журнала, которые выписываются на поперечном профиле.

В середине на поперечном профиле располагается точка трассы, на которой определялся (разбивался) поперечник и подписывается ее пикетажное значение.

**Оформление профилей.** Профиль вычерчивается разными цветами. При этом профильная сетка и наименования её граф вычерчивается черным цветом. Сверху чертежа подписывают "Продольный профиль автодороги" и внизу масштабы горизонтальный и вертикальный.

Черным цветом оформляются номера пикетов в графе 1, графы 2 и 3; линии продольного и поперечного профиля, построенные по фактическим отметкам уровня земли.

Красным цветом оформляют проектные отметки (графа 4), проектные уклоны и длины участков проектной линии (графа 5), в графе 6 красным цветом проводится осевая линия (условного плана трассы) и выписываются все параметры круговой кривой. Рабочие отметки выписываются красным цветом около линии профиля. Синим цветом оформляют отметки точек нулевых работ и расстояния от них до ближайших пикетов.

## Лабораторная работа № 12

### ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА (полевые работы)

Топографические съемки предназначены для составления топографических планов и цифровых моделей местности (ЦММ).

Сегодня съемку выполняют одним из методов:

- тахеометрическая (планово-высотная) для создания топографических планов небольших по площади участков местности. Для съёмки можно применить теодолит или электронный тахеометр;
- аэрофототопографическая (аэросъёмка с самолета для создания и обновления топографических карт);
- лазерное сканирование на застроенной территории и промышленных площадках.

#### 1. Изучить сущность тахеометрической съёмки

Тахеометрическая съёмка является самым распространенным методом наземных топографических съемок, на основе которой составляют инженерно-топографические планы масштабов 1:500 и 1:1000, которые используют для проектирования зданий и сооружений.

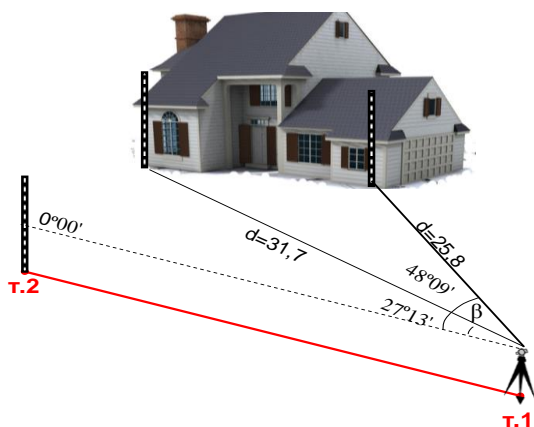


Рисунок 26 – Определение планового положения точек полярным способом

Ее высокая производительность обеспечивается тем, что все измерения, необходимые для определения пространственных координат (X, Y, H) характерных точек местности, выполняют с использованием одного геодезического прибора – теодолита либо тахеометра.

Плановое положение точек на местности определяют полярным способом, а высотное – тригонометрическим нивелированием.

Сначала создают съёмочное планово-высотное обоснование в виде одиночных линейно-угловых ходов или системы ходов (теодолитные или тахеометрические хода). Точки съёмочного обоснования закрепляют на местности и используют при выполнении полевых измерений как станции.

### Порядок работы на станции:

1. Устанавливают теодолит над точкой съёмочного обоснования (т. 1), центрируют, приводят в рабочее положение и измеряют высоту инструмента с помощью нивелирной рейки с округлением до 1 см. Перед началом съёмочных работ определяют место нуля вертикального круга теодолита.

2. Рабочее положение теодолита – «круг лево» (КЛ). Ориентируют лимб по стороне 1 – 2 съёмочного обоснования, для чего нуль алидады совмещают с нулём лимба, закрепляют алидаду и, вращением лимба вместе с алидадой, наводят трубу на точку 2. Закрепив лимб и открепив алидаду, наводят трубу на рейку, устанавливаемую поочередно на реечные точки (пикеты).

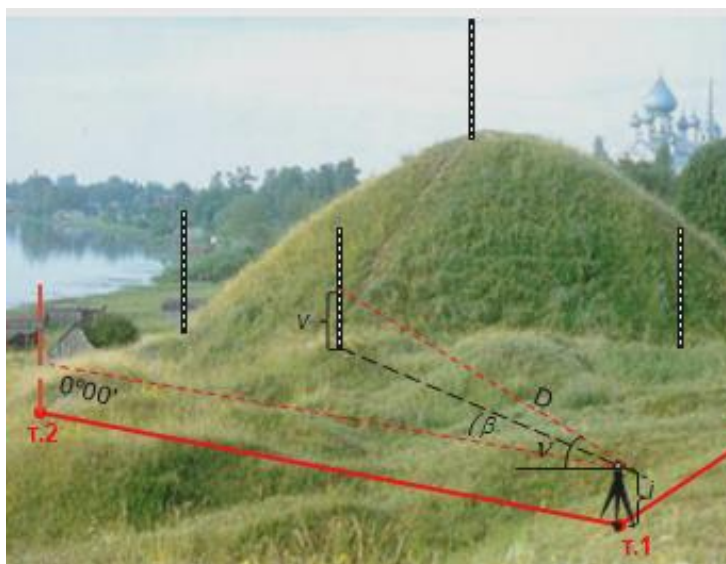


Рисунок 27 – Сущность тахеометрической съёмки

3. *Измерения:* берут *отсчёты по средней нити* (высота наведения) и *по дальномерным нитям* (для определения расстояния от станции до пикета), *по горизонтальному и вертикальному кругам*. Результаты полевых измерений заносят журнал. В качестве пикетов могут быть элементы ситуации и рельефа.

4. *Полевой контроль.* По окончании съёмки на станции снова наводят трубу на точку 2, по которой был ориентирован лимб, и берут контрольный отсчёт, который не должен отличаться от  $0^\circ$  более чем на  $1,5'$ .

*Для контроля качества съёмки с каждой станции определяют 2 – 3 контрольных точки в полосе перекрытия съёмки со смежных станций.*

### 3. Выполнить съёмку местности, записать измерения в журнал и вычислить отметки реечных (пикетных) точек.

Полевые съёмочные работы выполняются бригадами по 3 человека на местности во время аудиторных занятий.

Обработка результатов измерений заключается в вычислении углов наклона, превышений и отметок реечных точек.

На станции в процессе измерений составляют схематический чертёж (**абрис**), на котором зарисовывают элементы ситуации, скаты, формы рельефа. В процессе измерения полярных углов и расстояний на абрис наносятся и подписываются номера реечных точек (пикетов).

Рисунок 28 – Абрис съёмки (сделать карандашом)

## Журнал тахеометрической съемки

Станция А

$i =$

$H_{см.} =$

МО =

КП =

Горизонтальный круг ориентирован на точку В ( $0^\circ$  по ГК)

КЛ =

| №№ реечных точек    | Высота наведения<br>$V$ | Дальномерное<br>расстояние $D$ | Отсчеты                   |                           | Угол<br>наклона<br>$\nu$ | Горизонтальное<br>проложение<br>$d = D \cdot \cos^2 \nu$ | Неполное превышение<br>$h' = 1/2 \cdot D \cdot \sin 2\nu$ | $i - V$ | Превышение<br>$h = h' + i - V$ | Отметка<br>$H_{лик} = H_{см} + h$ |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--|---|---------|--------------------------------|-----------------------------------|
|                     |                         |                                | по горизонтальн.<br>кругу | по вертикальному<br>кругу |                          |  |   |         |                                |                                   |
| 1                   | 2                       | 3                              | 4                         | 5                         | 6                        | 7  | 8   | 9       | 10                             | 11                                |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
|                     |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |
| Замыкание горизонта |                         |                                |                           |                           |                          |  |   |         |                                |                                   |

Вычисления ведут, удерживая шесть знаков после запятой в тригонометрических функциях, численные значения горизонтальных положений, превышений и отметок вычисляют, округляя до см (0,01 м).

\* Горизонтальные проложения вычисляют, если углы наклона превышают  $\pm 1,5^\circ$  (в этом случае значения наклонного и горизонтального расстояний будут отличаться).

**3. Индивидуальное задание: выполнить обработку журнала тахеометрической съемки, построить рельеф горизонталями на топографическом плане (лабораторная работа № 8), изобразить рельеф горизонталями с высотой сечения \_\_\_\_\_ м. Задание выдается преподавателем лично каждому студенту и выполняется самостоятельно.**

Для построения горизонталей можно применять как графическую интерполяцию (палетку), так и аналитическую интерполяцию (расчет расстояния до горизонтали с конкретной отметкой).

**Лабораторная работа № 13**  
**ПОДГОТОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА ПРОЕКТНЫХ**  
**ТОЧЕК НА МЕСТНОСТЬ**

Задание: для проектных точек А и В (точки, лежащие на оси сооружения) выполнить аналитический расчет разбивочных элементов для полярного способа от стороны теодолитного хода \_\_\_\_\_.

**1. Определить графически** (используя поперечный масштаб), **с точностью масштаба топографического плана, прямоугольные координаты проектных точек**

$$X_A = \quad Y_A = \quad X_B = \quad Y_B =$$

**2. Составить схему для выноса проектных точек А и В от линии теодолитного хода.** Показать на схеме разбивочные углы  $\beta$  и расстояния  $d$ . Графически от вертикальной оси (северного направления оси X) по ходу часовой стрелки показать дирекционные углы направлений, по которым вычисляются разбивочные углы.

**3. Записать формулы для разбивочных углов  $\beta$  через дирекционные углы направлений, составляющих этот угол.**

**4. Из ведомости "Вычисления координат точек теодолитного хода" записать значения дирекционных углов направлений, составляющих разбивочные углы.**

Для обратных направлений формула:  $\alpha_{\text{обрат}} = \alpha_{\text{прям}} \pm 180^\circ$ , ( $0^\circ < \alpha < 360^\circ$ ).

**5. Определить дирекционные углы направлений Т-П (от теодолитной точки до проектной),** которые необходимо знать для вычисления разбивочных углов, **и расстояния.** Вычислить значение дирекционного угла  $\alpha_{\text{Т-П}}$ , расстояния  $d_{\text{Т-П}}$  из решения обратной геодезической задачи по формулам:

$$\Delta X_{\text{Т-П}} = X_{\text{П}} - X_{\text{Т}}; \quad \Delta Y_{\text{Т-П}} = Y_{\text{П}} - Y_{\text{Т}};$$

$$\text{tgr}_{\text{Т-П}} = \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\Delta X_{\text{Т-П}}}; \quad r_{\text{Т-П}} = \arctg \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\Delta X_{\text{Т-П}}}; \quad d_{\text{Т-П}} = \frac{\Delta X_{\text{Т-П}}}{\cos r_{\text{Т-П}}} = \frac{\Delta Y_{\text{Т-П}}}{\sin r_{\text{Т-П}}}.$$

По знаку  $\pm \Delta X$ ,  $\pm \Delta Y$  определить четверть и от румба перейти к дирекционному углу  $\alpha_{\text{Т-П}}$ .



**Таблица 21 – Расчет данных для разбивочных элементов**

| № п/п | Формулы<br>и<br>обозначения                                 | Название направления Т-П |  |  |
|-------|---|--------------------------|--|--|
|       |   |                          |  |  |
| 1     | $Y_{II}$  |                          |  |  |
| 2     | $Y_T$   |                          |  |  |
| 3     | $\Delta Y = Y_{II} - Y_T;$                                  |                          |  |  |
| 4     | $X_{II}$  |                          |  |  |
| 5     | $X_T$   |                          |  |  |
| 6     | $\Delta X = X_{II} - X_T;$                                  |                          |  |  |
| 7     | $tg r_{T-II} = \frac{\Delta Y}{\Delta X};$                  |                          |  |  |
| 8     | $r_{T-II} = arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \alpha_{T-II}$ |                          |  |  |
| 9     |   |                          |  |  |
| 10    | $\sin \alpha_{T-II}$  |                          |  |  |
| 11    | $\cos \alpha_{T-II}$  |                          |  |  |
| 12    | $d_{T-II} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{T-II}}$            |                          |  |  |
| 13    | $d_{T-II} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{T-II}}$            |                          |  |  |

**6. Вычислить разбивочные углы** по формулам из пункта 3:

$\beta =$

$\beta =$

**7. Нанести разбивочные элементы на топографический план**, подписав красным цветом величины разбивочных углов и расстояний для выноса на местность точек А и В.

Традиционно после аналитического расчёта разбивочных элементов составляют *разбивочный чертёж в крупном масштабе* (например, 1:1000 или 1:500). **Разбивочный чертёж** – это основной документ для разбивки главных и основных осей зданий и сооружений в натуре (на местности). На чертеже показывают пункты геодезической разбивочной основы; положение главных и основных осей с их координатами и величинами разбивочных элементов; контуры сооружений с длинами сторон и углами поворота. Также на чертеже надо указывать координаты пунктов разбивочной основы и точек пересечения основных осей (обычно в виде таблицы), чтобы можно было проверить значения разбивочных элементов. Чертёж ориентируем – север сверху листа.

При выполнении разбивочных работ могут быть использованы: *линейная или угловая засечки, полярный способ, способ прямоугольных координат, створно-линейный способ, створная засечка, способ бокового нивелирования в зависимости от имеющейся на стройплощадке геодезической разбивочной основы.*

## Лабораторная работа № 14 ПОЛЕВЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

### 1. Вынесение в натуру проектной отметки с помощью нивелира

Для выноса в натуру точки с проектной отметкой  $H_{пр}$  устанавливают нивелир примерно посередине между репером с известной отметкой  $H_{рп}$  и выносимой точкой (с заданной проектной отметкой).

На исходном репере устанавливают рейку, взяв отсчет  $a$  по рейке по черной стороне, определяют горизонт прибора

$$ГИ = H_{рп} + a.$$

Чтобы установить точку на проектную отметку  $H_{пр}$ , необходимо знать величину отсчета  $b$  по рейке на выносимой точке. Его вычисляют так:  $b = ГИ - H_{пр}$ .

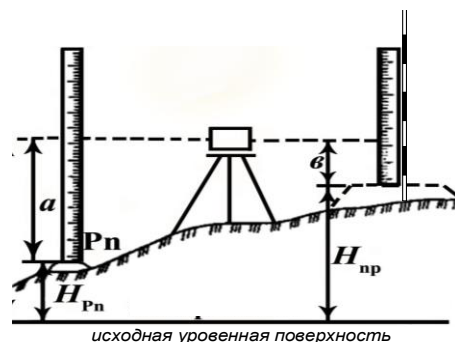


Рисунок 29 – Вынос проектной отметки

Вычислив проектный отсчет  $b$ , рейку поднимают или опускают до тех пор, пока отсчет по средней нити сетки зрительной трубы нивелира не будет равен вычисленному. В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной отметке, которую фиксируют, забивая колышек и ввинчивая болт до уровня пятки рейки или проводя черту на строительной конструкции.

Таблица 22 – Вынос и контроль выноса проектной отметки

| Вынос проектной отметки |           |                       |                 | Контроль выноса проектной отметки |           |                       |                  |
|-------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|-----------------------|------------------|
| Отметки, м              |           | Отсчеты по рейкам, мм |                 | Отметки, м                        |           | Отсчеты по рейкам, мм |                  |
| репера                  | проектная | на репере             | проектной точки | репера                            | проектная | на репере             | проектный отсчет |
|                         |           |                       |                 |                                   |           |                       |                  |
| ГИ <sub>1</sub> =       |           |                       |                 | ГИ <sub>2</sub> =                 |           |                       |                  |

Точность выноса проектной отметки составляет 3-10 мм. В случае недопустимых расхождений работу выполняют заново.

Для контроля, нивелируют способом «из середины», определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают её значение с проектной отметкой или повторяют передачу при другом горизонте инструмента или передают проектную отметку от другого рабочего репера стройплощадки.

**2. Разбивка на местности** точек пересечения основных осей (углы здания прямоугольной формы) по готовому разбивочному чертежу полярным способом. Положение проектной точки находят на местности путем отложения от стороны разбивочной сети проектного угла  $\beta$  и расстояния  $d$ . Построение проектных углов выполняют способом «от нуля».

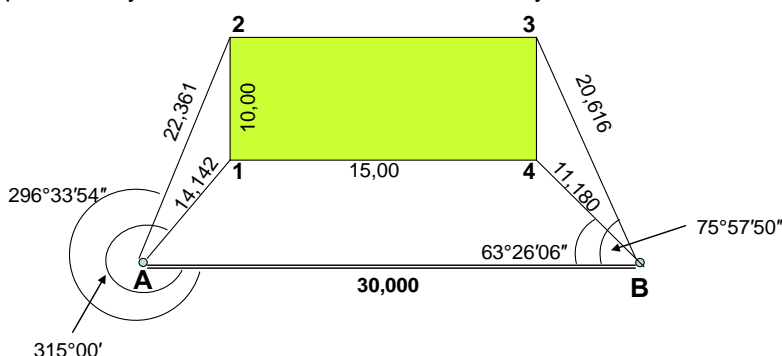


Рисунок 30 – Разбивочный чертеж здания

**Контроль разбивки** выполняют, используя стальную или лазерную рулетку. Измеряют габаритные размеры здания (ширину и длину) и длину диагоналей. Результаты контрольных измерений показать на чертеже

Разбивку считают законченной, если отклонение от проектных размеров составляет в относительной мере 1/2000 — 1/5000.

Например, для выноса на местность точки 1 теодолит устанавливают в точке А, ориентируют нуль лимба горизонтального круга по стороне АВ, установив в точке В веху. Открепляют алидаду и поворачивают теодолит до тех пор, пока отсчет по микроскопу не будет равен проектному углу  $315^{\circ}00'$ , закрепляют алидаду (точно устанавливают отсчет наводящим винтом алидады).

В полученном направлении устанавливают веху и откладывают стальной рулеткой расстояние 14,142 м в створе, построенного теодолитом направления. Таким же образом, выносят точку 2.

Точки 3 и 4 разбивают аналогично, установив теодолит в точке В.

Учебное издание

**Составители:**

*Зуева Людмила Фёдоровна  
Кандыбо Светлана Николаевна  
Смутько Татьяна Владимировна*

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ**  
**для выполнения лабораторных работ**  
**по дисциплине «Инженерная геодезия»**  
**для студентов 1 курса СФ и ФИСЭ**  
(4-е издание, переработанное)

Ответственный за выпуск: Зуева Л. Ф.  
Редактор: Митлошук М. А.  
Компьютерная вёрстка: Кандыбо С. Н.  
Корректор: Дударук С. А.

---

Подписано в печать 01.02.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arii Narrow». Усл. печ. л. 4,19. Уч. изд. л. 4,50. Заказ № 74. Тираж 20 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.