

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  
(3-е издание, переработанное и дополненное)



группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_

УДК 528.4(075.8)

Рассмотрены задания для лабораторных и расчетно-графических 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  
Л.С. Крючкова, ассистент  
Т.В. Смутько, ассистент

Рецензент: зав. кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций,  
профессор, к.т.н. П.В. Шведовский

## 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;
- 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.

Все результаты измерений и вычислений должны иметь принятую размерность (единицы измерений) и необходимую точность вычислений. Округление – половина последнего разряда точности вычисления (0,5) – производится в четную сторону (к ближайшей четной цифре).

**Единицы мер, применяемые в геодезии.** При выполнении геодезических измерений применяются меры длины, угловые меры, площади, веса, температуры, давления и другие.

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**.

## Учебная нагрузка по дисциплине «Инженерная геодезия» и формы итоговой отчетности

Специальность / семестр, в котором изучается дисциплина	Количество часов			Форма отчётности
	лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа	
АД (1 и 2 сем.)	34	50	140	2 экзамена
ПГС (1 и 2 сем.)	34	50	112	диф. зачёт, экзамен
ЭиУН (1 и 2 сем.)	34	50	94	экзамен, зачёт
ПСИиК (2 сем.)	34	34	42	диф. зачёт
ТВиОВБ (2 сем.)	34	34	77	экзамен
ВВиОВР (2 сем.)	48	34	54	экзамен

## 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.

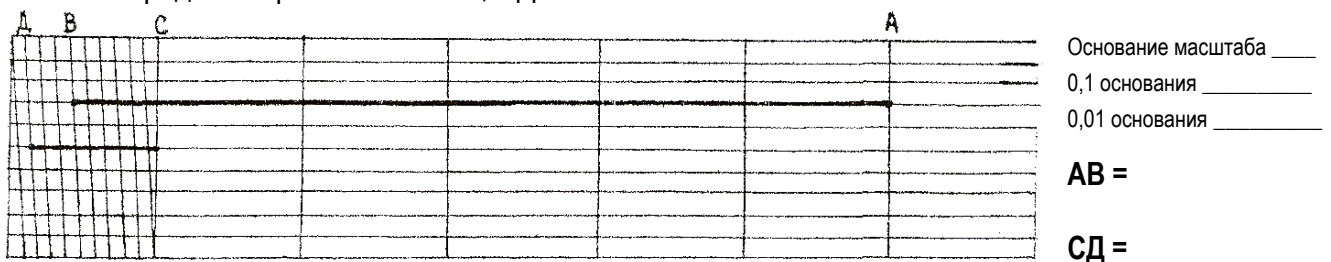
**Численный** масштаб выражают в виде простой дроби  $1 : M$ . Например, 1:10 000.

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

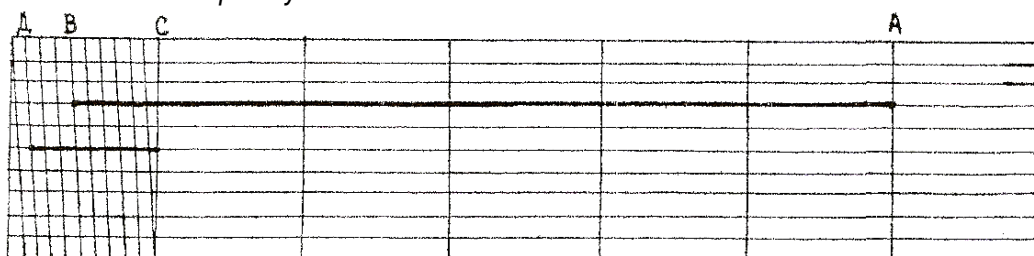
а) определить точность, указанных в таблице масштабов

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

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



подписать номограмму для масштаба 1:10 000



## 2. Определить плоские прямоугольные координаты точки

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

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)

Карта 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  $\Delta y$ .

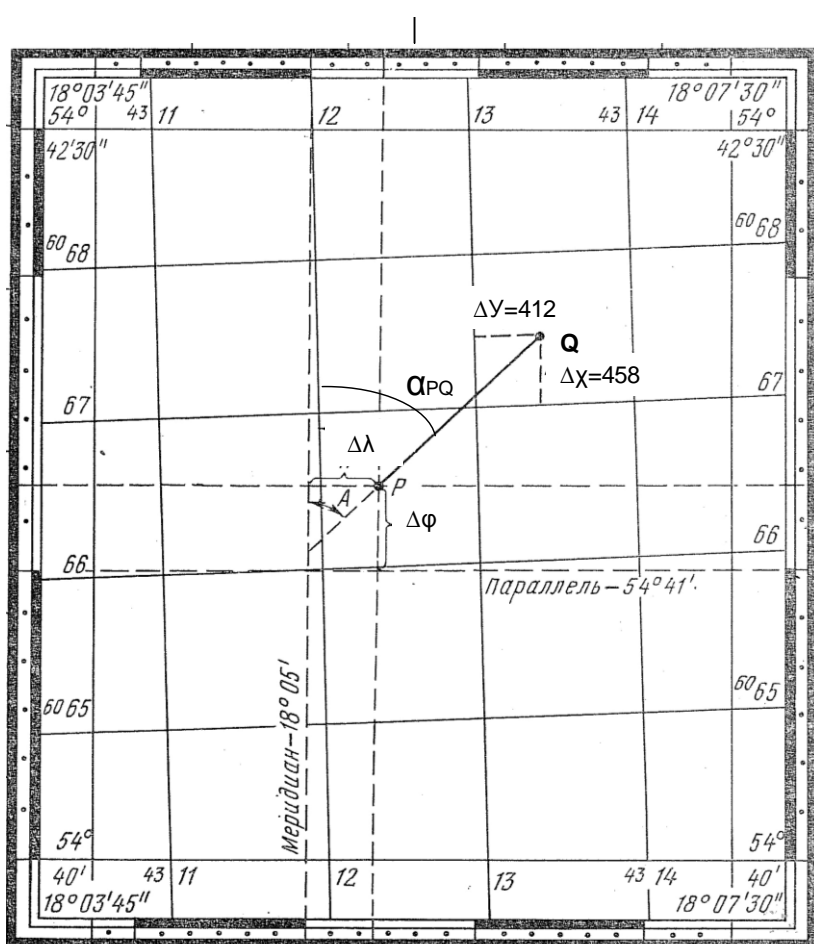


Схема определения на карте прямоугольных координат и дирекционного угла направления PQ

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

**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 выше приведенном рисунке географические координаты точки P таковы: широта  $\varphi = 54^\circ 41' 17''$  и долгота  $\lambda = 18^\circ 05' 25''$ .

**3. Ознакомиться 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 направления 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 (оси X) по ходу часовой стрелки до ориентирной линии (направления).

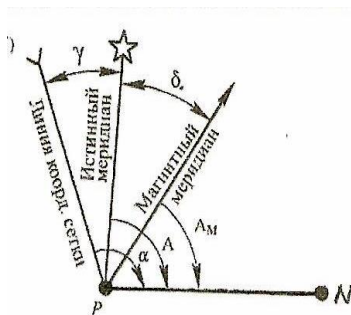
Дирекционный угол обратного направления можно вычислить  $\alpha_{обрат} = \alpha_{прям} \pm 180^{\circ}$

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: \_\_\_\_\_



Наименование линии	Дирекционный угол	Румб	Истинный азимут Магнитный азимут

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:  $42^{\circ}12'$ .

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

**4. Познакомиться 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. Горизонтали бывают основные (толщиной 0,1 мм), утолщенные (толщиной 0,3 мм) и полу горизонтالي (изображают штриховой линией), при их оформлении используют коричневый цвет.

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

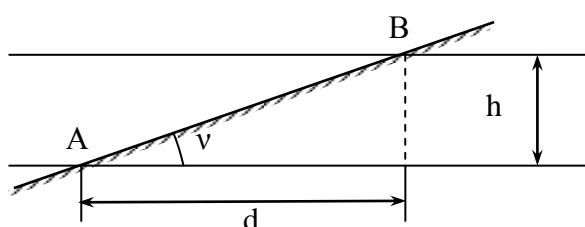
**Отметка** – это **численное значение высоты** точки земной поверхности в принятой системе высот. Значения отметок в Балтийской системе высот записать в таблицу с точностью 0,1 м.

Чтобы определить отметку точки нужно определить отметки ближайших горизонталей ( $H_1$  – меньшей,  $H_2$  – большей), а также измерить заложение  $d$  и расстояние от меньшей горизонтали до определяемой точки с точностью до 0,1 мм.

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

Формулы:  $\Delta h = \frac{\Delta d}{d} \cdot h$ ;  $H = H_1 + \Delta h$

б) определить угол наклона и уклон линии, расположенной между соседними горизонталями, а также для линии СД.



**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 (‰).

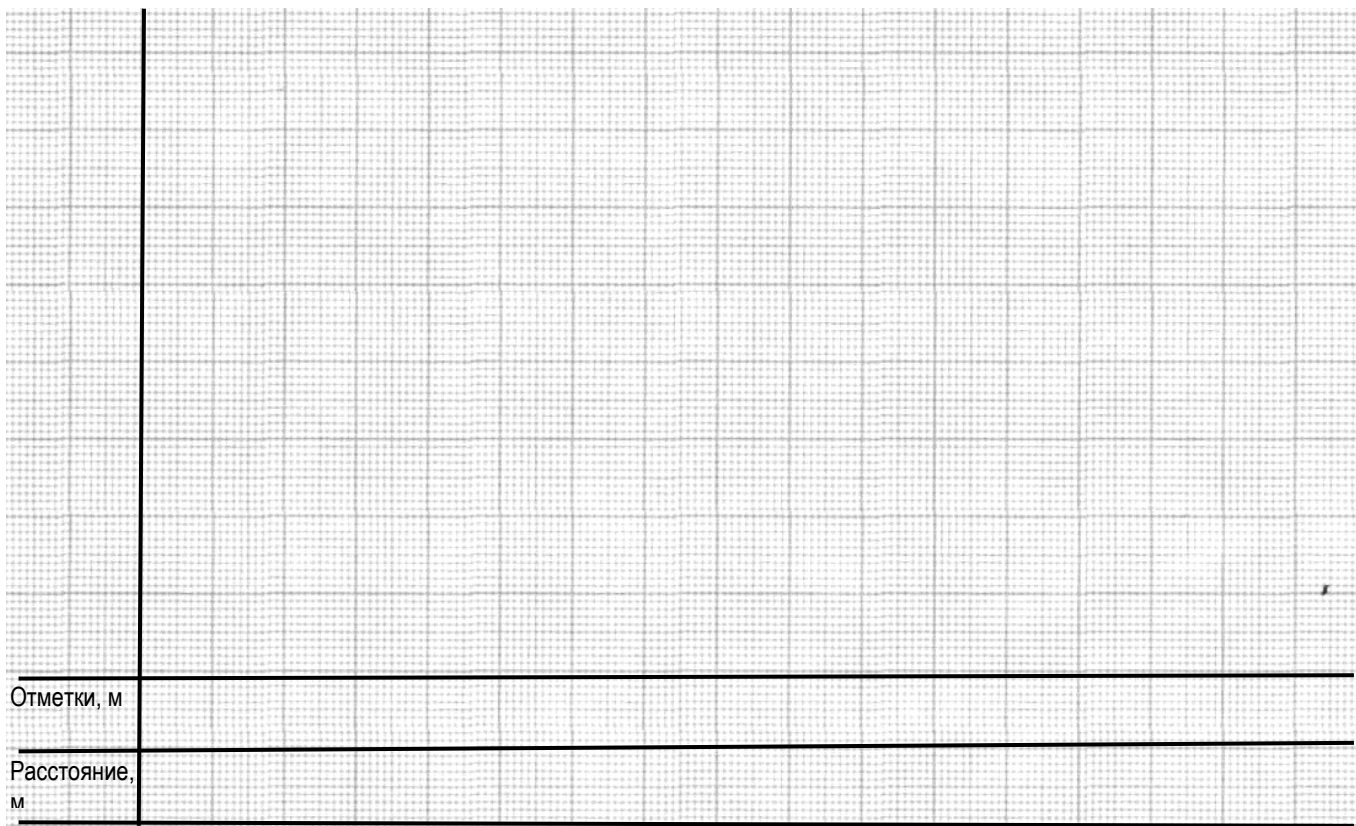
Углы наклона можно определять аналитически ( $v = \operatorname{arctg} i$ ) или графически. Для многократного определения углов наклона (уклонов) используют график заложений. Под южной рамкой карты расположен график заложений для углов наклона. Для определения угла наклона на карте берут раствором циркуля отрезок, заключенный между двумя горизонталями, и переносят на график заложений (под южной рамкой карты), установив ножки измерителя между горизонтальной линией и кривой, и отсчитывают значение угла наклона с точностью до 0,1°

Наименование точки	Высота сечения $h$ , м	Горизонтальное проложение на местности (соответствующее заложению), м	$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d} = i$	Угол наклона $v$ а) $v$ аналитически б) $v$ графически	Уклон $i$ а) натуральное число б) промилле

Для линии СД, указанной преподавателем на карте

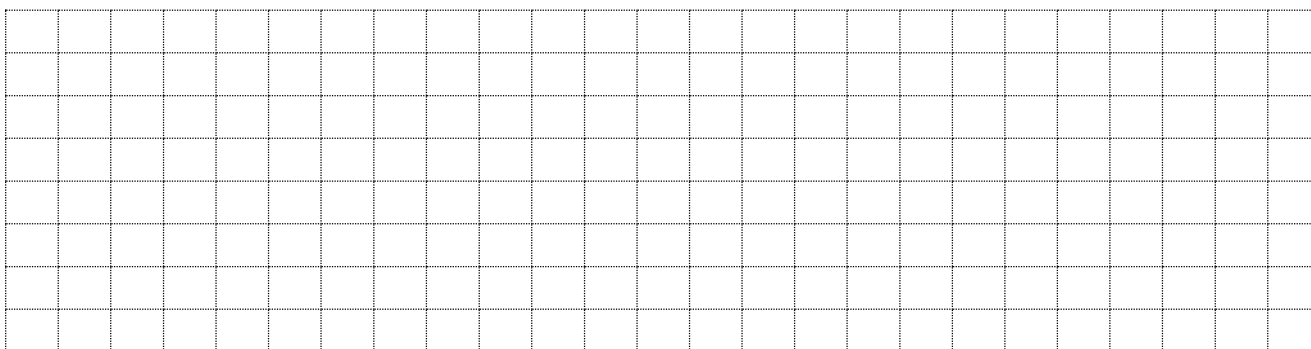
отметки точек, превышение					
---------------------------	--	--	--	--	--

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

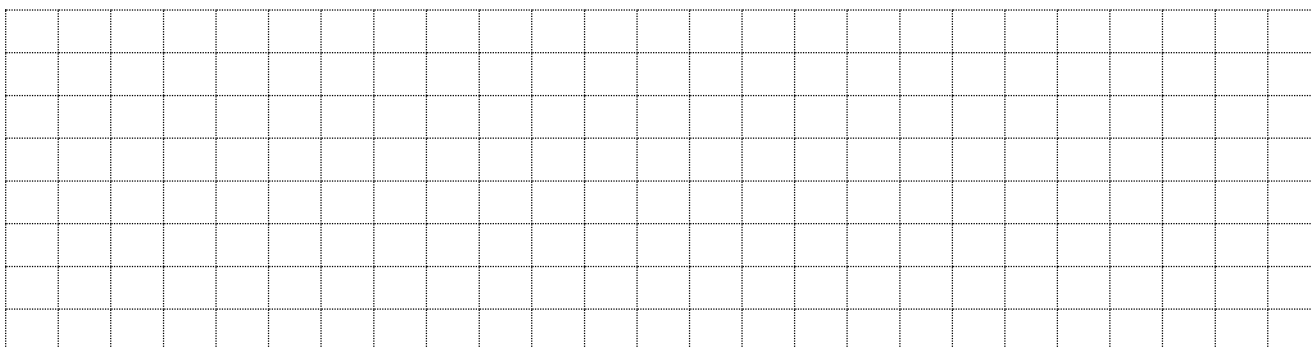


**Самостоятельно решить задачи, поясняя решение рисунками**

**Задача 1.** На местности измерен магнитный азимут линии 1-2, он равен  $95^{\circ}20'$ , сближение меридианов восточное  $2^{\circ}32'$ , склонение магнитной стрелки тоже восточное  $4^{\circ}55'$ . Определить истинный азимут и дирекционный угол.

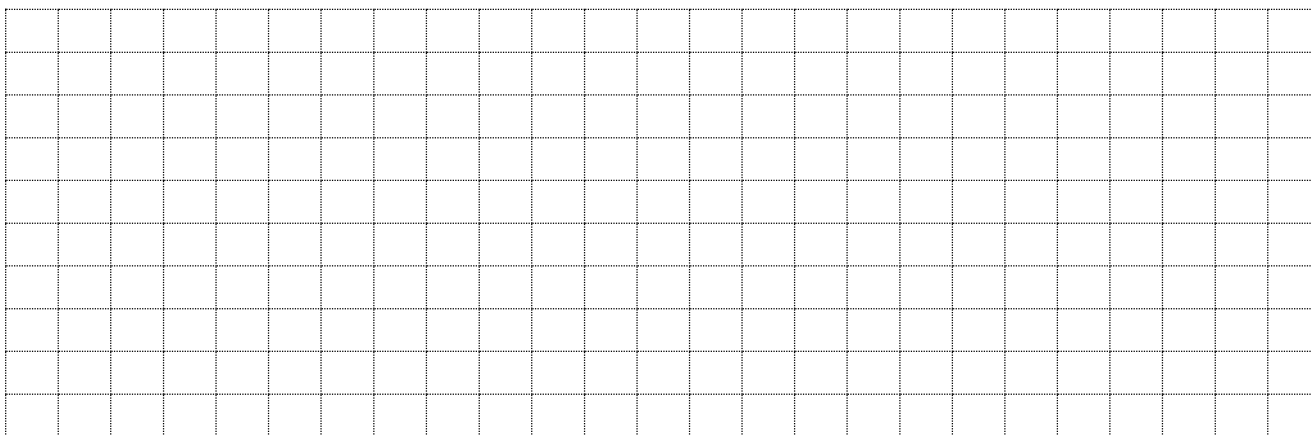


**Задача 2.** Дирекционный угол направления АВ равен  $257^{\circ}30'$ . Определить обратный дирекционный угол (направления ВА) и румбы прямого и обратного направлений

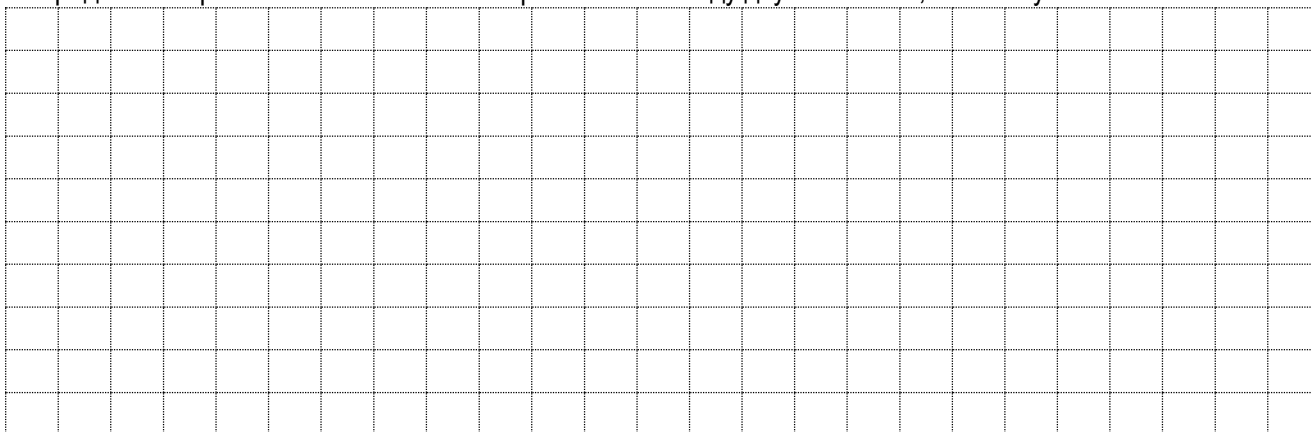




**Задача 3.** Даны отметки точек 1 и 2: 126,034 м и 121,645 м соответственно. Расстояние (горизонтальное проложение) между точками 185,20 м. Определить уклон и угол наклона по линии 1-2.



**Задача 4.** Отметки точек 1 и 2 соответственно равны 100,08 м и 123,56 м, а уклон по этой линии +49 ‰. Определить горизонтальное и наклонное расстояние между двумя точками, а также угол наклона.



## Лабораторная работа № 2 НИВЕЛИР, измерение превышений

**Нивелир** – это геодезический прибор, позволяющий измерять превышения (разности высот), расстояния по нитяному дальномеру и горизонтальные углы при наличии лимба.

*Нивелиры* бывают трех классов точности: *высокоточные* – предназначены для геометрического нивелирования I и II классов; *точные* – для нивелирования III, IV классов и технической точности при выполнении инженерно-геодезических изысканий и в строительстве; *технические* – для технического нивелирования. В названии нивелиров цифра, стоящая в маркировке после буквы Н обозначает среднюю квадратическую погрешность определения превышения на 1 км двойного нивелирного хода.

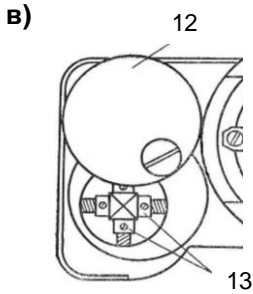
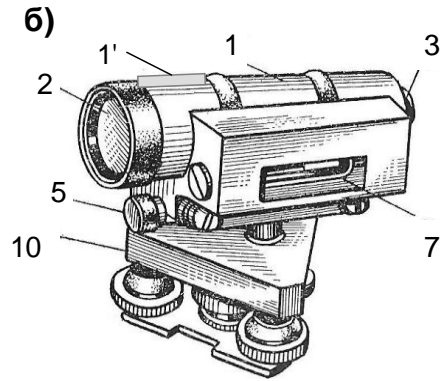
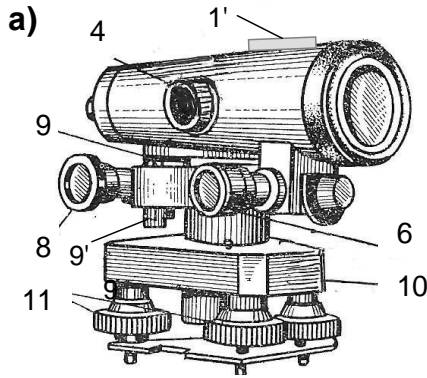
Нивелир Н-3 и его последующие модификации, Ни-3 относятся к точным нивелирам с цилиндрическим уровнем контактного типа. Существуют нивелиры с накладным цилиндрическим уровнем (технические), а также с самоустанавливающейся в горизонтальное положение визирной осью (с компенсатором).

У нивелиров различают следующие оси:

- Ось вращения нивелира – воображаемая линия, вокруг которой нивелир вращается в горизонтальной плоскости;
- Визирная ось зрительной трубы – воображаемая линия, проходящая через центр объектива и пересечение сетки нитей;
- Ось цилиндрического уровня – воображаемая линия, касательная к сферической поверхности ампулы уровня в нуль-пункте (отсутствует у нивелиров с компенсатором);
- Ось круглого уровня – перпендикуляр к сферической поверхности ампулы уровня в нуль-пункте.

Нивелиры бывают оптические, цифровые, лазерные, гидронивелиры, микронивелиры. Зрительные трубы нивелиров имеют обратное или прямое изображение.

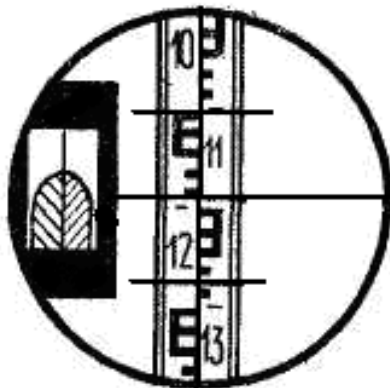
# 1. Изучить устройство нивелира Н-3 и назначение его частей



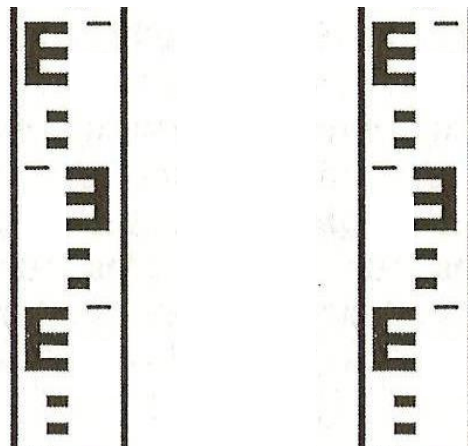
12. Защитная крышка;  
13. Исправительные винты цилиндрического уровня.

- 1. Зрительная труба; 1'. Визир;
- 2. Объектив;
- 3. Окуляр с диоптрийным кольцом;
- 4. Кремальера (фокусирующий винт);
- 5. Закрепительный винт трубы;
- 6. Наводящий винт трубы;
- 7. Цилиндрический уровень;
- 8. Элевационный винт;
- 9. Круглый уровень;
- 9'. Исправительные (юстировочные) винты круглого уровня;
- 10. Подставка (трегер);
- 11. Подъемные винты (три);

2. Привести нивелир в рабочее положение, выполнив поверку круглого уровня; затем навестись трубой на рейку, привести в нуль-пункт пузырёк 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 отсчеты



Поле зрения трубы (обратное изображение)



Наименование нити сетки нитей	Отсчеты по рейке, мм		Разность нулей пятки рейки
	Красная сторона	Черная сторона	
Верхняя нить			
Средняя нить			
Нижняя нить			
Расстояние по нитяному дальномеру, м			-

$$d = K \cdot (O_H - O_B) \text{ при обратном изображении зрительной трубы,}$$

где коэффициент дальномера  $K = 100$

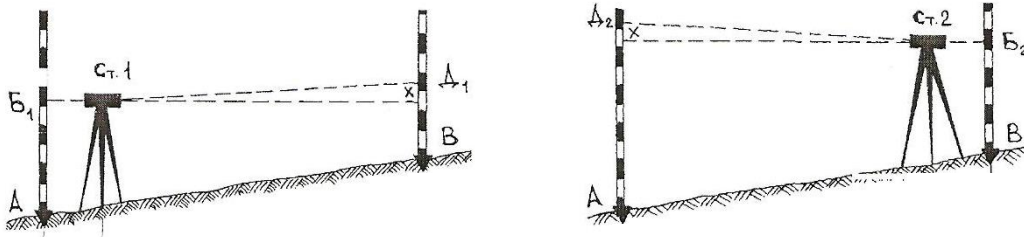
### 3. Выполнить поверку нивелира:

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) **поверку главного условия нивелира** можно выполнить двойным нивелированием «вперёд». На ровной местности на расстоянии 50-100 м друг от друга забивают колышки, на которые 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 берут отсчеты по ближней  $B_2$  и дальней  $D_2$  рейкам. Для расстояния  $AB$ , равного 100 м, погрешность  $X$  не должна превышать  $\pm 5$  мм.

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

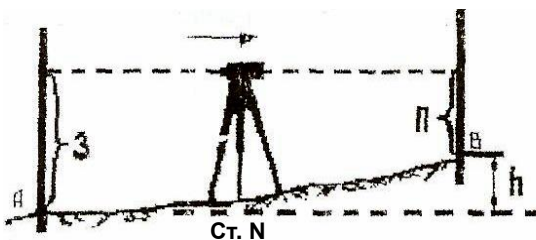


№ ст.	№ т.т	Рейка	* Отсчеты по рейкам, мм			Вычисления
			черная	красная	контроль	
1	A	$B_1$				$X = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2}$ $X_{ч} =$ $X_{кр} =$ $X_{ср} =$ $D_2^{испр} = D_2^{черн} - X_{ср} =$
	B	$D_1$				
2	B	$B_2$				
	A	$D_2$				

**Юстировка:** элевационным винтом совмещаем среднюю нить с вычисленным черным отсчетом  $D_2^{испр}$ . и исправительными вертикальными винтами цилиндрического уровня приводим пузырек в нуль-пункт, у нивелиров с компенсатором – исправительными винтами перемещают сетку нитей в вертикальной плоскости

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

Методика технического нивелирования: \_\_\_\_\_ (отсчёты по средней нити)



уровенная поверхность  
средн. уровень Балтийского моря

№ станции	№ точки	Отсчеты, мм		Превышение, мм	
		задний	передний	вычисл.	среднее
N (A-B)	A				
	B				

Допуски:

Превышение равно разности отсчетов по рейкам, вертикально установленных на точках.

Записать формулы для определения превышения  $h =$  \_\_\_\_\_ и отметки точки B

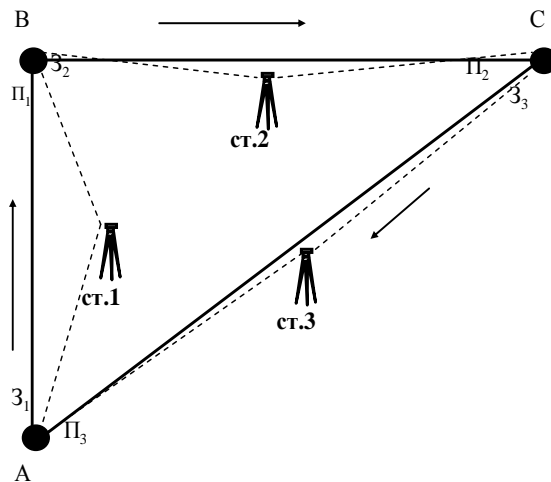
$H_B =$  \_\_\_\_\_, если известна отметка  $H_A =$  \_\_\_\_\_

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

В геометрическом нивелировании всех классов (кроме технического) в программу наблюдений на станции входит не только измерение превышения, но обязательное определение длины плеч (расстояния до реек).

Методика:

Допуски:



**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 $h_{ср}$ поправка	уравненное $h_{уравн}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A		..... ----- .....		.....	.....	.....	_____
	B			..... ----- .....	.....			
2	B							
	C							
3	C							
	A							
Постраничный контроль								
Невязки								



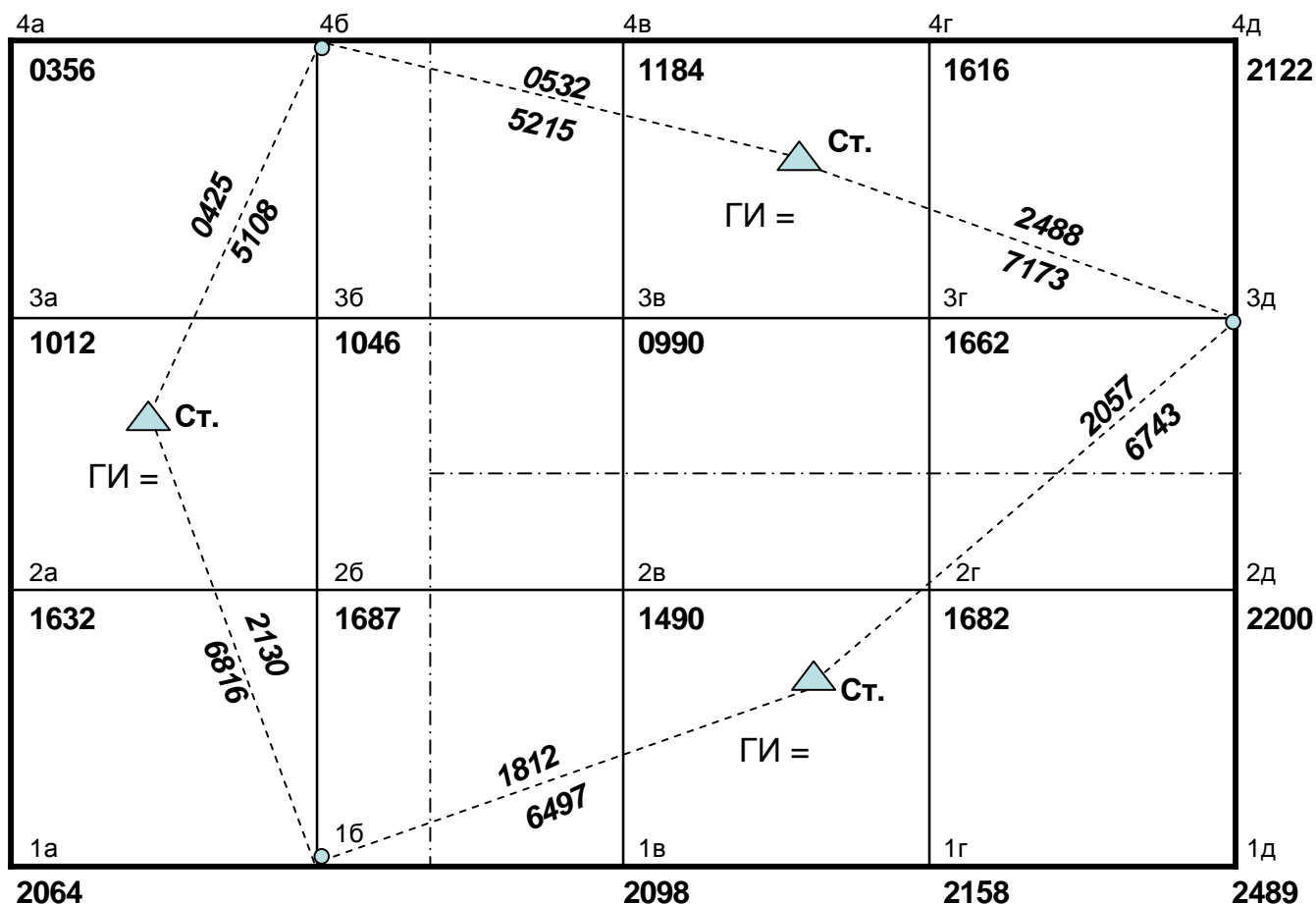
## Лабораторная работа № 3 ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА МЕСТНОСТИ

1. Дополнить исходными данными полевую схему-журнал нивелирования по квадратам.

Сторона квадрата равна \_\_\_\_\_ метров.

Репер расположен в вершине квадрата \_\_\_\_\_

**Полевая схема-журнал нивелирования сетки квадратов**



2. По результатам измерений и исходной отметки репера  $H = \underline{\hspace{2cm}}$ , вычислить в таблице отметки связующих точек и записать их на схему

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

$\Sigma \text{З} = \quad \Sigma \text{П} = \quad \Sigma h_{\text{в}} = \quad \Sigma h_{\text{ср}} =$

Контроль:  $\Sigma \text{З} - \Sigma \text{П} = \Sigma h_{\text{в}} = 2 \Sigma h_{\text{ср}}$

Невязка  $f_h = \Sigma h_{\text{ср}} =$

$f_{h_{\text{дон}}} = \pm 10_{\text{мм}} \sqrt{n} = \pm 17 \text{ мм}$ , где  $n$  – число станций.

### 3. Вычислить горизонт инструмента станций нивелирования и записать в схему.

Горизонт инструмента равен отметке задней точки плюс черный отсчет по рейке, установленной на этой точке

$$ГИ_{СТ} = H_{ЗАД} + a_{ЗАД}^{ЧЕР}$$

### 4. Вычислить отметки земли ( $H_{ФАКТ}$ ) промежуточных точек (вершин квадратов) через горизонт инструмента и записать в схему

$$H_{ФАКТ} = ГИ_{СТ} - a^{ЧЕР}.$$

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

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

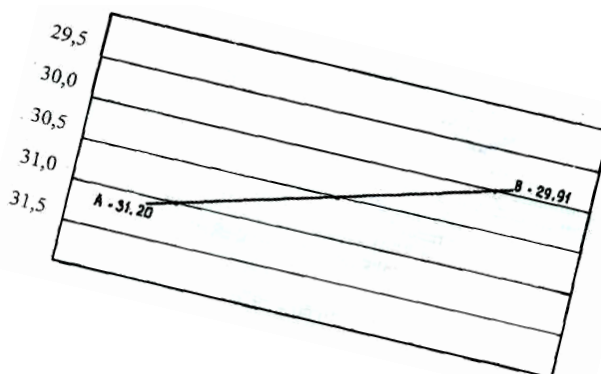
$$H_{ЦТ} = \frac{\Sigma H_1 + 2 \cdot \Sigma H_2 + 4 \cdot \Sigma H_4}{4n} =$$

$n$  - число квадратов, в нашем примере равно 12.

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

### 6. 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 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).



Графическая интерполяция с помощью палетки

Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями. Горизонтал фактического рельефа изображают коричневым цветом, оцифровывают следующим образом: каждую четвертую, причем целую метровую, горизонталь утолщают и подписывают в разрыве (например, 30).

### 7. Вычислить проектные отметки вершин квадратов по известной стороне квадрата и заданным уклонам по формуле $H_{ПОСЛЕДУЮЩ} = H_{ПРЕДЫД} + i \cdot d$ . 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 горизонтал в виде прямых параллельных линий. Для их построения применяют аналитическую интерполяцию, т.е. рассчитывают расстояния до горизонталей. Проектные горизонтал оформляют красным цветом

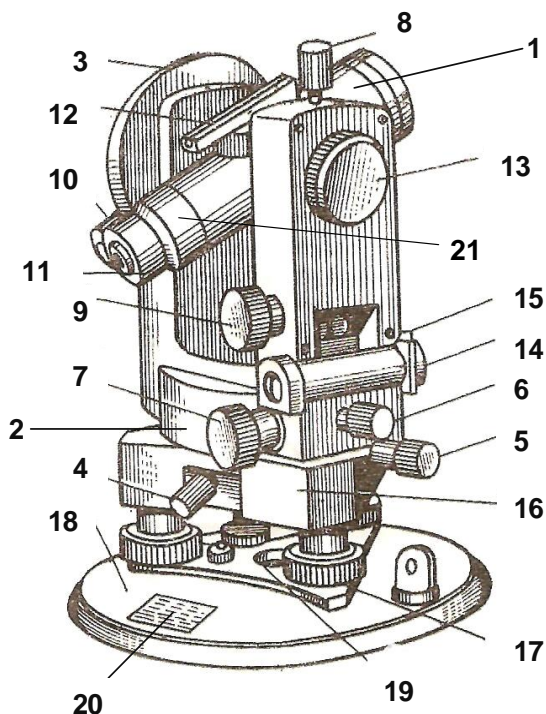
### 8. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов $\pm h_P = H_{ПРОЕКТ} - H_{ФАКТ}$ и записать их с точностью до см на картограмме земляных работ и по этим данным построить линию нулевых работ.

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 № 4**  
**ТЕОДОЛИТ, измерение горизонтальных и вертикальных углов**

**1. Изучить устройство теодолита 2Т30 и 4Т30П, назначение его частей**



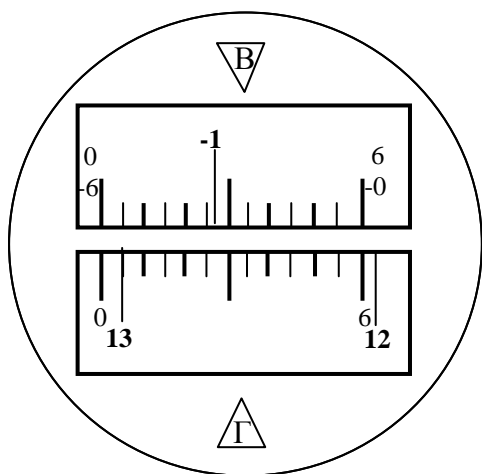
- 1 – зрительная труба;
- 2 – горизонтальный круг;
- 3 – вертикальный круг;
- 4 – закрепительный винт лимба;
- 5 – наводящий винт лимба;
- 6 – закрепительный винт алидады;
- 7 – наводящий винт алидады;
- 8 – закрепительный винт зрительной трубы;
- 9 – наводящий винт зрительной трубы;
- 10 – окуляр микроскопа;
- 11 – диоптрийное кольцо окуляра
- 12 – оптический визир;
- 13 – фокусирующий винт (кремальера);
- 14 – цилиндрический уровень на алидаде;
- 15 – исправительный винт уровня (два);
- 16 – подставка (трегер);
- 17 – подъемный винт (три);
- 18 – основание теодолита;
- 19 – отверстие для центрирования;
- 20 – пластина с маркировкой теодолита;
- 21 – защитное металлическое кольцо, под которым находятся исправительные винты сетки нитей.

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

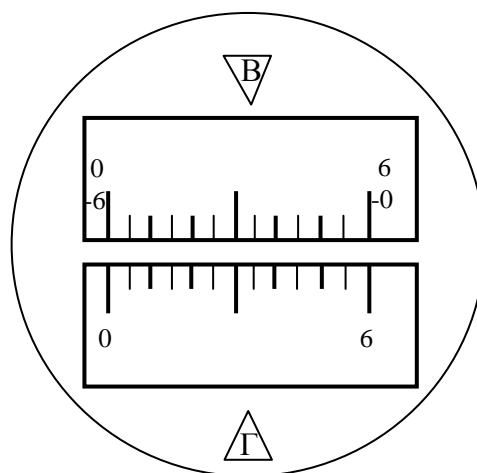
**2. Определить цену деления лимба и точность технического теодолита 2Т30**

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

**3. Изучить отсчетное устройство (шкаловый микроскоп) теодолита 2Т30 и его модификаций, научиться брать отсчеты. При снятии отчётов помните, что минуты считают от нуля шкалы.**



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 поверок контролируют взаимное расположение его осей.

**4. Выполнить поверки теодолита Т30 № \_\_\_\_\_**

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

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

**в) коллимационную погрешность** определяют вместе с **местом нуля** вертикального круга теодолита.

Коллимационная погрешность характеризует неперпендикулярность визирной оси к оси вращения

зрительной трубы  $c = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}$ . Допустимое значение  $C_{дон} = \underline{\hspace{2cm}}$

№ точек визирования	Положение вертикальн. круга	Отсчеты по горизонтальному кругу	C	Правильный отсчет (необходим для уменьшения c)

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

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

него 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, перемещаем её до совмещения центра нитей с изображением точки. После исправления поверку повторяем.

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

Перед измерением горизонтального (или вертикального) 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. Выполняется с помощью нитяного отвеса или оптического центрира перемещением ножек штатива с последующим передвижением прибора на головке штатива. Погрешность центрирования зависит от требуемой точности выполняемых работ и не должна превышать 1-5 мм.

б) приведение плоскости лимба горизонтального круга в горизонтальное положение, т.е. установка оси вращения теодолита в отвесное (вертикальное) положение 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».

## 5. Измерить теодолитом два горизонтальных угла способом приёмов

Полный прием состоит из двух полуприёмов, 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°) 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 полуприема и сравнивают его со значением полученным в первом полуприеме. Если расхождение значений не превышает допуска, то за окончательное значение угла принимают среднее арифметическое.

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

\* исправлять значения отсчетов в графе 5 запрещается

Допустимое расхождение значений горизонтального угла из полу приёмов \_\_\_\_\_

## 6. Измерить магнитный азимут способом «от нуля»

		КЛ			Вычисление дирекционного угла:

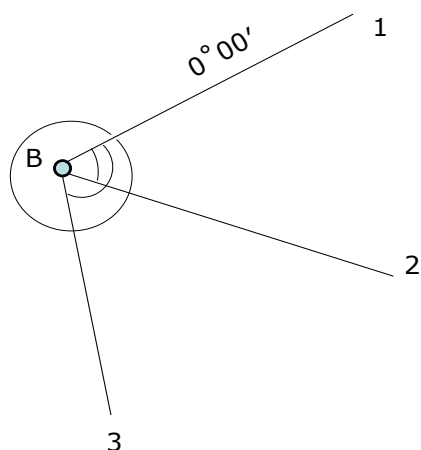
**Ориентир-буссоль**, входящая в комплект теодолита, устанавливается в паз в верхней части вертикального круга и закрепляется винтом. Положение магнитной стрелки наблюдают в зеркале.

**Магнитный азимут** измеряют **способом «от нуля»**, для этого устанавливают рабочее положение теодолита «круг лево» и крепят к нему буссоль. Устанавливают отсчёт 0° по горизонтальному кругу и закрепляют алидаду. Открепив лимб, вращают теодолит до совмещения магнитной стрелки со штрихом буссоли (северное направление магнитного меридиана) и закрепляют лимб. Убедившись, что отсчет по горизонтальному кругу остался равным 0°00', открепляют 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.

## Лабораторная работа № 5

### ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ СПОСОБОМ КРУГОВЫХ ПРИЕМОМ

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.



- Рабочее положение теодолита устанавливают при КЛ. Работая винтами алидады отсчёт по горизонтальному кругу устанавливают  $0^\circ$  (но не меньше нуля) и закрепляют алидаду.
- Работая винтами лимба визируют на точку, принятую за исходную (например, 1). Закрепляют лимб и проверяют отсчёт (он должен оставаться близким к нулю).
- При закреплённом лимбе вращают алидаду по ходу часовой стрелки и поочерёдно визируют на точки 2, 3 и снова на 1, при этом берут отсчёты по горизонтальному кругу, записывая их в графу 4 сверху вниз.
- Устанавливают рабочее положение теодолита КП (**не переставляя лимб**), наводят на точку 1, и, вращая теодолит против хода часовой стрелки, визируют на точки 3, 2 и 1, а отсчёты теперь записывают в таблицу снизу вверх

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

• 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  $0^\circ 00''$ .

Вершина угла	№№ точек визирования	Положение вертикальн. круга	* Отсчёты по горизонтальному кругу		2С	Направления
			полученный	средний		
1	2	3	4	5	6	7
		КЛ				$0^\circ 00'$
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
Замыкание горизонта			$\Delta_{Л} =$	$\Delta_{КП} =$	$\Delta_{СР} =$	

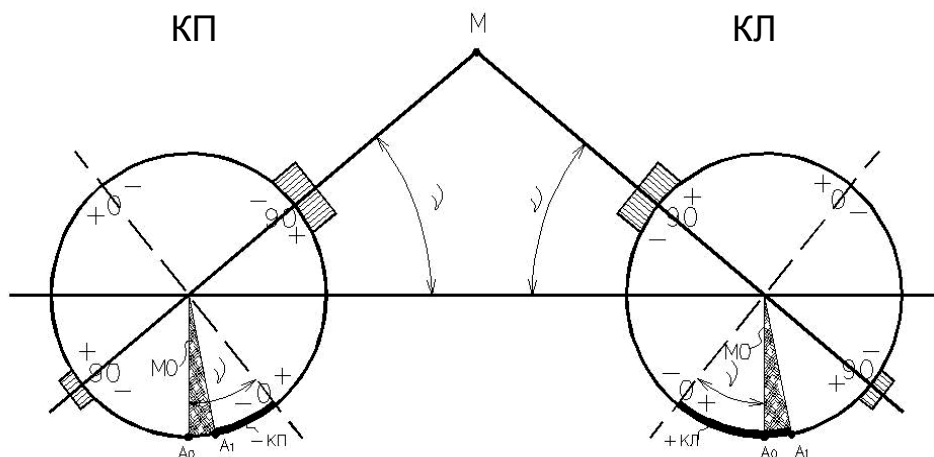
Значения углов вычисляют как разность между значениями последующего и предыдущего направлений, их записывают на схему. В качестве контроля вычислений служит полюсное условие: сумма углов равна  $360^\circ$ .

## Лабораторная работа № 6 ВЕРТИКАЛЬНЫЙ КРУГ ТЕОДОЛИТА

### 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  $МО \neq 0$

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2} \quad (1) \quad \nu = КЛ - МО \quad (2) \quad \nu = МО - КП \quad (3) \quad \nu = \frac{КЛ - КП}{2} \quad (4)$$

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

Номер станции	Номера точек визиров.	Положение вертикал. круга	Отсчет по вертикальному кругу	МО	Угол наклона $\nu$ Зенитное расстояние Z

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

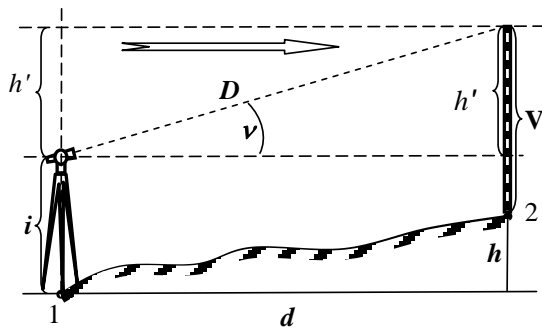
При необходимости исправления МО определяют правильный отсчет  $N_0$  вычисленный по последнему наблюдению  $N_0 = N - МО$ . Устанавливают правильный отсчет  $N_0$  по вертикальному кругу наводящим винтом зрительной трубы. Юстируют исправительными вертикальными винтами сетки нитей, совмещая центр сетки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

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

### 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

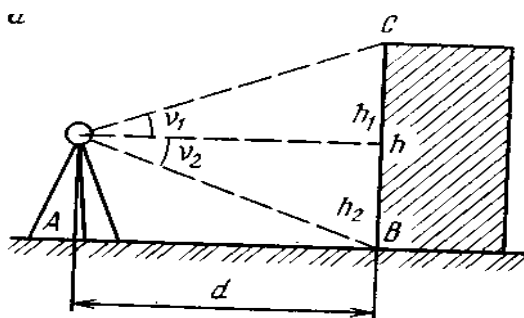
$$h + V = h' + i \quad \text{или} \quad h = h' + i - V.$$

Неполное превышение из решения прямоугольного треугольника можно найти по формулам:

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

Высота инструмента	Высота наведения	Отсчеты по дальномерным нитям	Отсчеты по вертикальному кругу	Угол наклона	Превышение $h', h$
			КП		
			КП		
		$D =$	МО =		

### 4. Выполнить определение высоты сооружения или вертикального размера конструкций, фасада, интерьера. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу



Измерим лазерной рулеткой  $d =$  \_\_\_\_\_

Формулы для определения вертикальных элементов из тригонометрического нивелирования:

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

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

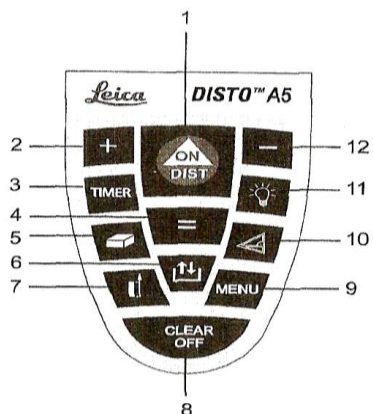
№№ точек визирован.	Положение верт. круга	Отчеты по вертик. кругу	МО	Угол наклона $\nu$	$\operatorname{tg} \nu$	$d \cdot \operatorname{tg} \nu$
верх С	КП					
верх С	КП					
низ В	КП					
низ В	КП					

Высота сооружения  $h =$

## Лабораторная работа № 7 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 DISTO™A5 фирмы LEICA (Швейцария).** Технические характеристики: дальность до 200м; точность измерений ±1,5–2мм.



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.

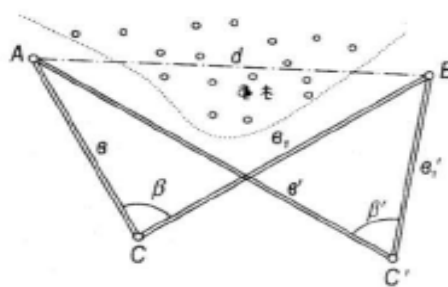
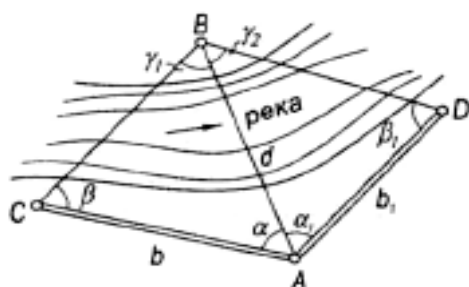
Рис. – Клавиатура лазерной рулетки

Нажимая клавишу DIST включают лазер. Лазерный луч направляют на объект, расстояние до которого необходимо измерить и снова нажимают клавишу DIST. Измеренное расстояние высвечивается на дисплее. Прибор позволяет определить расстояния до объекта; площадь, объем и т.д., оснащен оптическим визиром, который размещен на правой стороне сбоку и особенно полезен при измерении расстояний до удаленных объектов.

Измеренное расстояние, м	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Объем помещения, м <sup>3</sup>
1.	Длина	Длина
2.		Ширина
3.	Ширина	Высота
4.		Объем
Среднее	Площадь	

**2. Вычисление неприступных расстояний на местности** по измеренным базисам и горизон-

тальным углам по теореме синусов  $d_{AB} = \frac{b}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta$  или косинусов  $d_{AB} = \sqrt{b^2 + b_1^2 - 2bb_1 \cos \beta}$



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>ABфр.</sub> =	

d<sub>ABфр.</sub>=



**Лабораторная работа № 8**  
(расчетно-графическая работа №1)  
**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ**

**Исходные данные** (выдаются преподавателем): схема замкнутого теодолитного хода с результатами измерений; абрис съемки; координаты исходного пункта  $X_1 =$   $Y_1 =$   
дирекционный угол начального направления  $\alpha_{12} =$

Рис. – Схема теодолитного хода

Абрис (вклеить)

**1. Выполнить обработку результатов геодезических измерений приближенным методом** в таблице на стр. 25, 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  $\Delta x = d \cdot \cos \alpha$ ;  $\Delta y = d \cdot \sin \alpha$

$$\alpha_{\text{послед.}} = \alpha_{\text{предыд.}} + 180^0 - \beta^{\text{уравн.}} \quad (\text{формула для правых по ходу горизонтальных углов})$$

**3. Построить план теодолитной съемки**

Контурный 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 контурный план в соответствии с условными знаками, используя черный и зеленый цвета.



### Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

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

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

$f_\beta =$        $f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \sqrt{n} =$        $|f_\beta| \leq |f_{\beta_{дон}}|$        $f_{a\bar{b}c} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$        $f_{ому} = \frac{f_{a\bar{b}c}}{P} =$        $\leq \frac{1}{2000}$

**Лабораторная работа № 9**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ**

**1. Выполнить определение площади участка, ограниченного многоугольником с k-числом вершин (геометрическим способом).**

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).

а) на карте масштаба 1:10000 в квадрате – ( $X_{км}, Y_{км}$ ) выбрать многоугольник и составить его схему на рис.а с оцифровкой (по ходу часовой стрелки) всех вершин *или можно выполнить определение площади внутри теодолитного хода на плане теодолитной съёмки*

--	--

а – схема многоугольника (участка местности) в квадрате

б – схема деления многоугольника на геометрические фигуры и результаты линейных измерений

б) рассмотреть площадь многоугольника, как сумму площадей геометрических фигур (треугольников, прямоугольников, трапеций) показать их расположение на рис. б. Записать формулы для вычисления площадей фигур ( $S_N$ ), составляющих общую площадь многоугольника, где N- количество фигур, и вычислить их площади

$S_I =$

$S_{II} =$

$S_N =$

Измерить по карте ( либо плане) линейные элементы (основание, высоту, стороны) для определения площадей фигур, результаты измерений записать на рис.б.

*Погрешность измерения линейных элементов соответствует точности масштаба карты (плана).*

в) вычислить общую площадь многоугольника как сумму площадей фигур

$$S_{\text{общ}} = S_I + S_{II} + \dots + S_N =$$

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





## Лабораторная работа № 11

(расчетно-графическая работа № 2)

### ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАССИРОВАНИЯ

**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  $\varphi$  и радиус закругления; результаты 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).

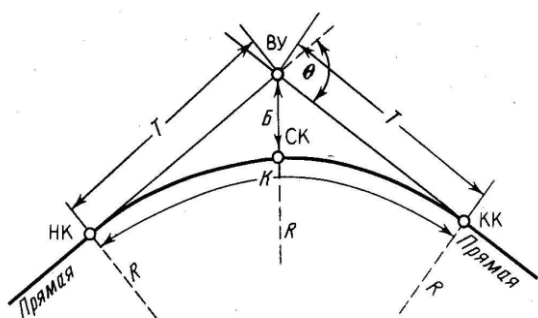


Рис. – Круговая кривая

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad K = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot \theta^\circ$$

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

**Параметры кривой**

$\varphi =$   $R =$

**Элементы кривой**

$T =$   $K =$

$D =$   $B =$

**Вычисление пикетажных значений главных точек кривой**

ПК ВУ 2 =	
- T	
ПК НК =	
+ K	
ПК КК =	
- 0,5 K	
ПК СК =	
Контроль:	
ПК ВУ 2 =	
+ T	
- D	
ПК КК	



**Построение продольного профиля.** После вычисления отметок всех точек по трассе приступают к построению продольного профиля и поперечников. Профиль строят на миллиметровой бумаге формата А-3, 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.

**Профиль поперечника** строят в одинаковых масштабах для горизонтальных и вертикальных расстояний 1:100 или 1:200. Располагают поперечный профиль 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 поперечного профиля 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.

Черным цветом оформляются номера пикетов в графе 1, графы 2, и 3; линия 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.

Сверху чертежа посередине подписывают "Продольный профиль автодороги" и внизу его масштабы: горизонтальный и вертикальный.

## Лабораторная работа № 12 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

### 1. Изучить сущность тахеометрической съемки.

Тахеометрическая съемка (планово-высотная) 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.

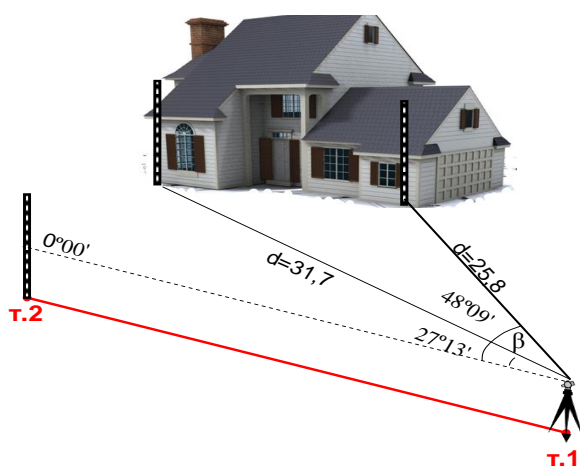


Рис. – Определение планового положения точек полярным способом

Ее высокая производительность обеспечивается тем, что все измерения, необходимые для определения пространственных координат (X, Y, H) характерных точек местности, выполняются 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 точку 2. Закрепив лимб и открепив алидаду, наводят трубу на рейку, устанавливаемую поочередно на реечные точки (пикеты).



Рис. – 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  $1,5'$  (согласно нормативных документов РБ).

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).

Абрис съёмки (сделать карандашом)



## Журнал тахеометрической съемки

Станция А       $i =$                        $H_{ст.} =$                        $MO =$                        $KП =$

Горизонтальный круг ориентирован на точку В ( $0^{\circ}00'$  по ГК)     $КЛ =$

№№ реэчных точек	Высота наведения $V$	Дальномерное расстояние $D$	Отсчеты		Угол наклона $\nu$	Горизонтальное положение $d = D \cdot \cos^2 \nu$	Неполное превышение $h' = 1/2 D \cdot \sin (2\nu)$	$i - V$	Превышение $h = h' + i - V$	Отметка $H_{лик} = H_{ст} + h$
			по горизонтальн. кругу	по вертикальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>пример записи</i>										
	1,50	28,3	38°07,5'	-2°35'						
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).

**3. Выполнить обработку журнала тахеометрической съемки, построить рельеф горизонталями на плане теодолитной съемки, изобразить рельеф горизонталями с высотой сечения \_\_\_\_\_ м.**

Индивидуальное задание выдается преподавателем каждому студенту и выполняется самостоятельно.

Для построения горизонталей можно применять как графическую, так и аналитическую интерполяцию.

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

1. Запроектировать от линий теодолитного хода для проектных точек А и В следующие способы:

- а) угловая засечка для проектной точки \_\_\_\_\_ от линии \_\_\_\_\_;  
 б) полярный способ для проектной точки \_\_\_\_\_ от линии \_\_\_\_\_.

2. Определить графически, с точностью масштаба плана теодолитной съемки, прямоугольные координаты проектных точек

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

3. Составить схему для выноса проектных точек А и В от линий 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

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

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

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

6. Определить направления Т-П (от теодолитной точки до проектной), которые необходимо знать в пункте 4 для разбивочных углов. Вычислить значение дирекционного угла  $\alpha_{Т-П}$ , расстояния  $d_{Т-П}$  из решения обратной геодезической задачи по формулам:

$$\Delta X_{Т-П} = X_{П} - X_{Т}; \quad \Delta Y_{Т-П} = Y_{П} - Y_{Т}; \quad tgr_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}}; \quad r_{Т-П} = \arctg \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}};$$

$$d_{Т-П} = \frac{\Delta X_{Т-П}}{\cos r_{Т-П}} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\sin r_{Т-П}}.$$

по знаку  $\pm \Delta X$ ,  $\pm \Delta Y$  определить четверть и дирекционный угол  $\alpha_{Т-П}$

Результаты вычислений оформить в таблице на стр. 35

№ п/п	Формулы и обозначения	Направление Т-П			
1	$Y_{П}$				
2	$Y_{Т}$				
3	$\Delta Y_{Т-П} = Y_{П} - Y_{Т};$				
4	$X_{П}$				
5	$X_{Т}$				
6	$\Delta X_{Т-П} = X_{П} - X_{Т};$				
7	$tg r_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}};$				
8	$r_{Т-П} = arctg \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}};$				
9	$\alpha_{Т-П}$				
10	$\sin \alpha_{Т-П}$				
11	$\cos \alpha_{Т-П}$				
12	$d = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\sin \alpha_{Т-П}}$				
13	$d = \frac{\Delta X_{Т-П}}{\cos \alpha_{Т-П}}$				

7. Вычислить разбивочные углы по формулам из пункта 4:

$$\beta =$$

$$\beta =$$

$$\beta =$$

8. Составить разбивочный чертеж на листе формата А4 в масштабе (1:1000 или 1:500), на котором подписать все численные значения разбивочных элементов (горизонтальные углы и расстояния в зависимости от способа разбивки), координаты исходных и проектных точек оформить на чертеже в виде таблицы. Чертеж ориентируем – север сверху листа. Разбивочные углы откладываются геодезическим транспортиром, расстояния – можно металлической линейкой. Оформляем чертеж чёрным цветом.

## Лабораторная работа № 14 ПОЛЕВЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

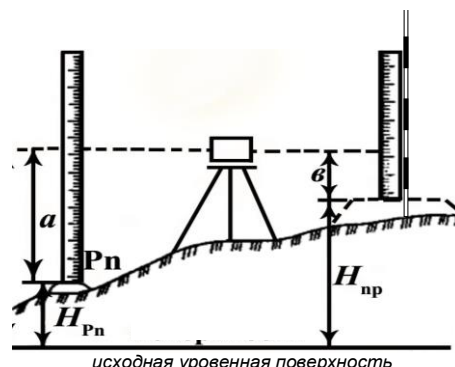
### 1. Вынесение в натуру проектной отметки с помощью точного нивелира

Для выноса в натуру точки с проектной отметкой  $H_{пр}$  устанавливают нивелир примерно посредине 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

$$H_{ГИ} = H_{рп} + a.$$

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



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 проведя черту на строительной конструкции.

Контроль выноса проектной отметки выполним при другом горизонте инструмента.

*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
ГИ1 =				ГИ2 =			

Вывод \_\_\_\_\_

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

Для контроля также можно определить фактическую отметку вынесенной точки способом «из середины», и сравнить её значение с проектной отметкой или повторить передачу проектной отметки от другого рабочего репера стройплощадки.

### 2. Разбивка основных осей здания на местности

Задание. Вынести на местность точки пересечения основных осей (углы здания прямоугольной формы) по готовому разбивочному чертежу полярным способом.

Этот способ применяют при разбивке осей зданий, сооружений и конструкций с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов. В нём положение проектной точки находят на местности путем отложения от исходного направления (стороны разбивочной сети) проектного угла  $\beta$  и расстояния  $d$ .

На местности разбивка основных осей выполняется бригадами по 3-4 человека. Разбивочный чертёж выдается преподавателем.

Комплект приборов: технический теодолит, штатив, нитяной отвес, вехи, стальная 30-ти или 50-ти метровая рулетка, отрезки арматуры (6 шт.).

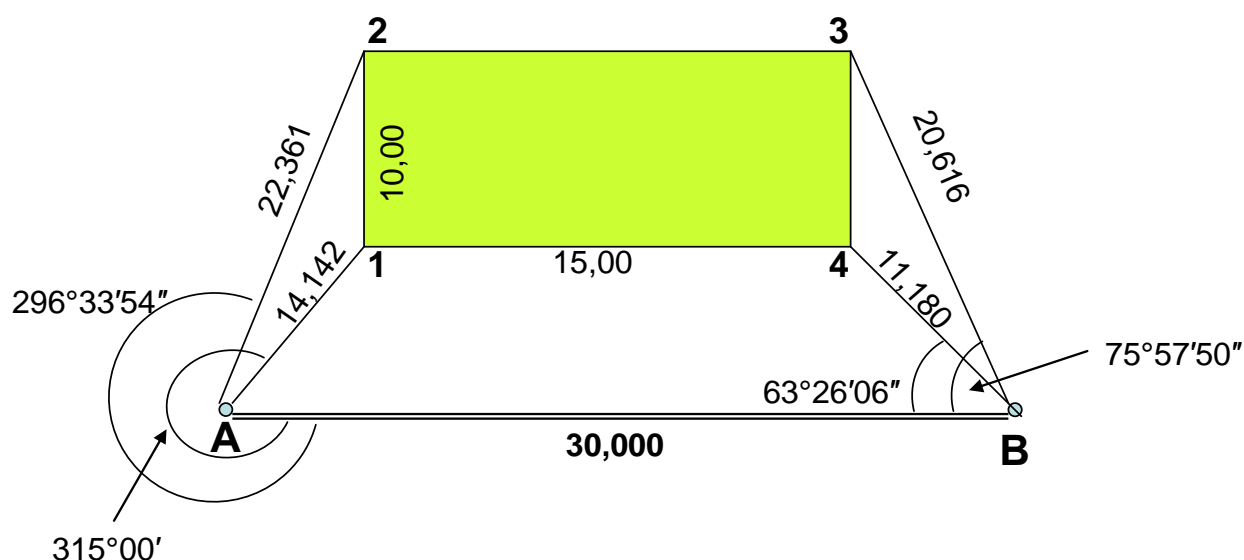
Сначала с помощью рулетки разбивается базисная сторона АВ и закрепляются кольями (кусочками арматуры) точки А и В. Затем устанавливают теодолит над точкой А, центрируют его с помощью нитяного отвеса и приводят в рабочее положение по цилиндрическому уровню подъемными винтами, положение вертикального круга слева (КЛ). Вынос точек пересечения осей (углов здания) для контроля выполняют при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП).

Построение проектных углов выполняют способом «от нуля». Например, для выноса на местность точки 1 (чертеж 1 вариант) ориентируют нуль лимба горизонтального круга по стороне АВ, установив в точке В веху. Открепляют закрепительный винт алидады и поворачивают теодолит до тех пор, пока отсчет по микроскопу не будет равен проектному углу  $315^{\circ}00'$ , закрепляют алидаду (точно устанавливают нужный отсчет наводящим винтом алидады).

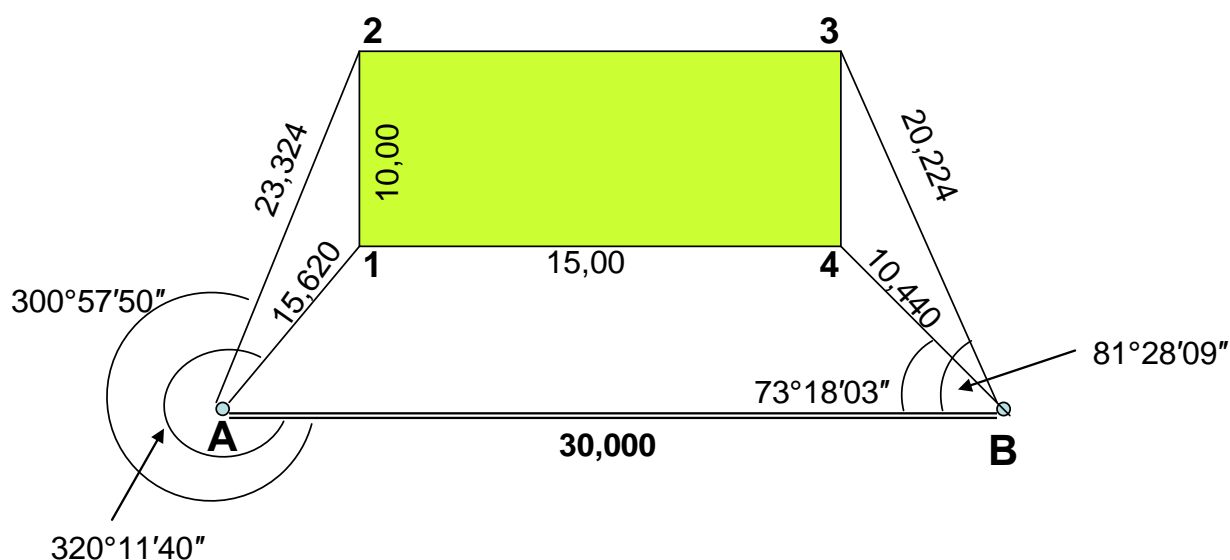
В полученном направлении устанавливают веху и откладывают стальной рулеткой расстояние 14,142 м в створе, построенного теодолитом направления. Таким же образом, выносят точку 2.

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

**Разбивочный чертеж здания вариант 1**



**Разбивочный чертеж здания (2 вариант)**



Согласно ТКП 45-1.03-26-2018 «Геодезические работы в строительстве», регламентируется обязательно выносить три точки пересечения основных осей, а четвертую – используя прямой угол и габаритные размеры.

**Контроль разбивки** основных осей на ровной площадке выполняют, используя стальную или лазерную рулетку. Измеряют габаритные размеры здания (ширину и длину) и длину диагоналей.

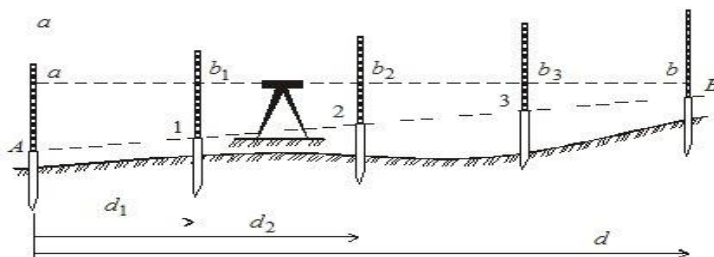
Разбивку считают законченной, если отклонение от проектных размеров составляет в относительной мере  $1/2000 - 1/5000$  (в зависимости от класса точности зданий).

Контрольные промеры (с точностью до см) записывают на разбивочном чертеже.

### 3. Вынос на местность линии проектного (заданного) уклона

Данную задачу можно решать горизонтальным визирным лучом (оптического или цифрового нивелира), наклонным визирным лучом теодолита (тахеометра) либо с помощью лазерных приборов.

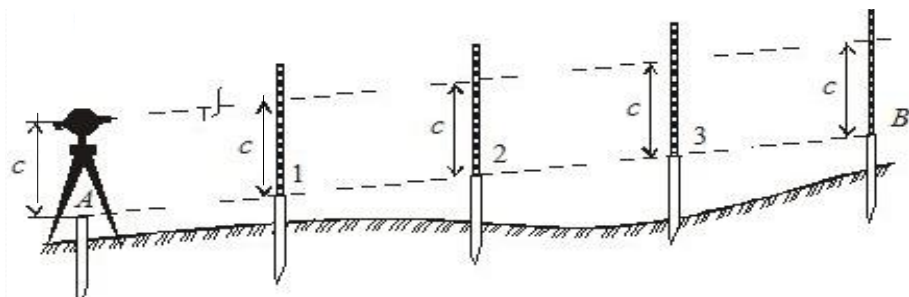
При работе горизонтальным визирным лучом нивелира необходимо вычислять отсчеты по рейкам, используя уклон и расстояния по формуле  $b_i = a \pm i \cdot d$  (в которой знак «-», если уклон положительный, знак «+», если уклон отрицательный), что несколько замедляет процесс построения линии заданного уклона.



Можно работать и наклонным лучом. Наклон визирной оси обеспечивают элевационным винтом (небольшой по величине уклон) или подъемными винтами.

Задание. Выполнить построение линии заданного уклона с помощью теодолита

Теодолит устанавливают в начальной точке А с проектной отметкой, измеряют высоту инструмента  $c = \underline{\hspace{2cm}}$  м, на вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают отсчет в градусной мере, равный проектному углу наклона, который можно вычислить по заданному уклону.



Определение места нуля теодолита Т30 № \_\_\_\_\_

№ станций	№ точки визирования	Положение ВК	Отсчёты по вертикальному кругу	МО

Заданный преподавателем проектный уклон  $i = \quad \% = \quad$  (в тысячных долях).

Вычислим угол наклона  $\nu = \arctg i = \quad ^\circ \quad ' \quad ''$

Угол наклона вычисляется по формуле  $\nu = КЛ - МО$ . Значит, отсчет по вертикальному кругу при КЛ составит  $КЛ = \nu + МО =$

Установив зрительную трубу на вычисленный отсчет, задаем воздушную линию заданного уклона. Таким образом, линия визирования теодолита будет фиксировать угол наклона  $\nu$ , соответствующий проектному уклону.

Далее устанавливают вехи в створе линии АВ – начинаем с конечной точки (например, через 5 м), и вдоль вехи поднимают или опускают рейку, добиваясь, чтобы отсчет по ней был равен отсчету на конечной точке (высоте инструмента). Пятка рейки будет определять точку, лежащую на линии проектного заданного уклона. Эти точки фиксируют колышками соответствующей высоты или вехами, на которых отмечаем нуль пятки рейки.

Проверить, лежат ли вынесенные точки на одной линии, можно растянув шнур.

Учебное издание

**Составители:**

Зуева Людмила Фёдоровна  
Кандыбо Светлана Николаевна  
Крючкова Лариса Семёновна  
Смутько Татьяна Владимировна

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

*Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Зуева Л.Ф.

---

Подписано в печать 22.01.2020 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 4,65. Уч. изд. л. 5,0. Заказ № 51. Тираж 15 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.