

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

## Задания и рекомендации

для выполнения лабораторных и практических работ  
по разделу «**Инженерно-геодезические изыскания**»  
для студентов специальности 1 – 69 01 01 «Архитектура»



факультет строительный

группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_



Брест 2015

Рассмотрены задания и даны краткие рекомендации для выполнения лабораторных и практических работ по разделу «Инженерно-геодезические изыскания» дисциплины «Инженерные изыскания в строительстве», приведены вопросы и перечень задач к зачетам, литература, программа геодезического этапа обмерной практики.

Пособие предназначено для студентов 1 и 2 курсов специальности 1 – 69 01 01 «Архитектура».

Составитель: Л.Ф. Зуева, к.т.н., доцент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций

Рецензент: С.Н. Кандыбо, к.т.н., доцент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

дисциплины «Инженерные изыскания в строительстве» (2-й и 3-й семестры)

№ п/п	Наименование темы	Число учебных (аудиторных) часов				Всего
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия	самост. работа	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие сведения о геодезии. Фигура и размеры Земли	1	–	–	–	1
2.	Топографические карты и планы. Системы координат и высот. Ориентирование	2	4	–	4	10
3.	Геодезические приборы, угловые и линейные измерения, нивелирование	4	12	–	6	22
4.	Элементы теории погрешностей геодезических измерений	2	–	–	2	4
5.	Методы создания плановых и высотных геодезических сетей	2	–	–	2	4
6.	Топографические съемки	2	2	10	6	20
7.	Комплексные инженерные изыскания. Геодезические разбивочные работы	3	–	4	4	11
8.	Основы инженерной геологии	4	–	–	2	6
9.	Геологические процессы и явления на земной поверхности	2	–	–	3	5
10.	Основы грунтоведения	2	–	–	3	5
11.	Основы общей гидрогеологии и динамики подземных вод	2	–	–	3	5
12.	Инженерно-геологические изыскания для строительства	2	–	–	2	4
13.	Основы проектирования фундаментов	2	–	–	4	6
14.	Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические условия, охрана геологической среды Беларуси	2	–	–	3	5
	Всего:	32	18	14	44	108
	Летняя обмерная практика (геодезический этап) – 2 недели					72

### Итоговая форма контроля знаний:

- второй семестр – зачёт по инженерно-геодезическим изысканиям;
- третий семестр – зачёт состоит из двух этапов: геодезические и геологические изыскания (принимают два преподавателя).

## Лабораторная работа № 1 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

### 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. Например, для масштаба 1:10 000 именованный будет: в 1 сантиметре 100 метров. При пользовании численным масштабом приходится выполнять вычисления.

а) *определить точность указанных в таблице масштабов*

Таблица 1 – Масштабы и их точность

Численный масштаб	Именованный масштаб	Точность масштаба, м
1:10000		
1:50000		
1:2000		
1:1000		
1:500		

*Точность масштаба* характеризует длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая 0,1 мм на карте или плане.

**Линейный масштаб** удобнее при измерении расстояний по карте. Деления линейного масштаба оцифрованы в метрах в соответствии с численным масштабом карты, для которой он построен.

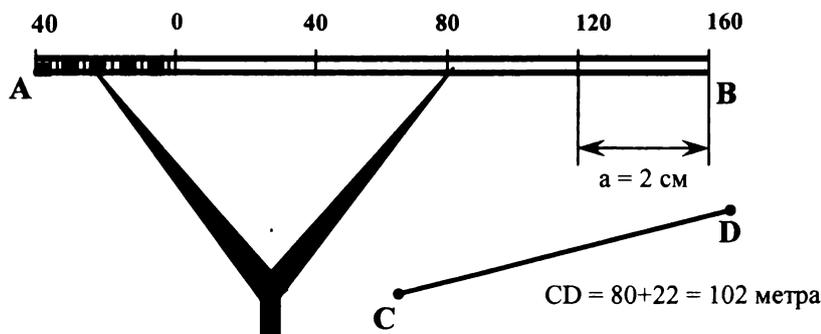
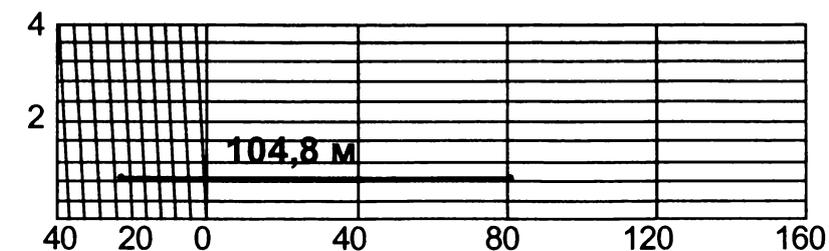


Рисунок 1 – Линейный масштаб (1:2000)

**Поперечный масштаб** обеспечивает *более высокую точность* измерения расстояний, и с помощью него расстояния получают в натуральную величину, т.е. в метрах на местности. Для построения поперечного масштаба на прямой линии откладывают последовательно несколько раз основание масштаба *a*. Основание масштаба также может быть равным 1, 2, 4 и 5 см.



Основание масштаба  $a=2$  см, что на местности соответствует 40 м;  
 деление влево от нуля  $0,1a - 4$  м; деление вверх  $0,01a - 0,4$  м;  
 точность масштаба 0,2 м (1/2меньшего деления)

Рисунок 2 – Оцифровка номограммы для масштаба 1:2000

б) подписать номограмму поперечного масштаба в соответствии с численным масштабом 1: 500 и 1:10 000.

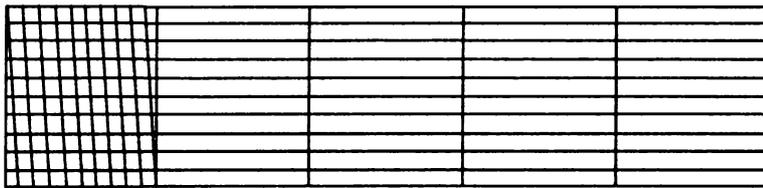


Рисунок 3 – Поперечный масштаб 1: 500

Основание масштаба \_\_\_\_\_

Десятые доли основания \_\_\_\_\_

Сотые доли основания \_\_\_\_\_

Отложите расстояния:

AB = 37,80 м; CD = 8,25 м и KL =

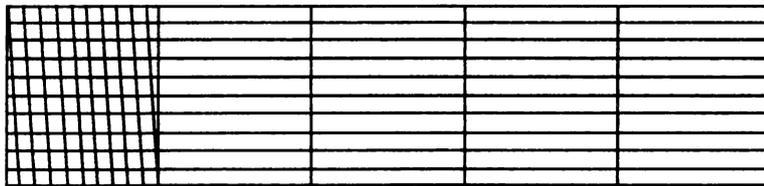


Рисунок 4 – Поперечный масштаб 1: 10 000

Основание масштаба \_\_\_\_\_

Десятые доли основания \_\_\_\_\_

Сотые доли основания \_\_\_\_\_

Отложите расстояния:

2. Определить плоские прямоугольные координаты точки, используя поперечный масштаб и измеритель:

а) определить плоские прямоугольные координаты точек на топографическом плане масштаба 1:500 и записать в таблицу 2. На плане ось X направлена вертикально (вверх по плану – север), ось Y направлена на восток – горизонтально. Координатная сетка на топографическом плане любого масштаба имеет размер 10x10 см. Координаты X, Y (в метрах) записаны в углах плана в местной системе координат.

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) по топографической карте У-34-37-В-в-4 масштаба 1:10000 определить географические и прямоугольные координаты точки в системе координат Гаусса-Крюгера. Результаты записать в таблицу 3.

**Определение плоских прямоугольных координат.** Принимая за оси координат ближайшие километровые линии, опускают на них из определяемой точки перпендикуляры  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Для определения координат точки Q, пользуясь координатной сеткой, определяют координаты юго-западного угла квадрата, в котором находится точка (на рисунке 5  $X_0 = 6068$  км;  $Y_0 = 4313$  км – здесь следует помнить, что цифра 4 перед ординатой обозначает номер зоны, в которой расположена точка). Далее измеряют отрезки  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , пользуясь поперечным масштабом, и вычисляют прямоугольные координаты определяемой точки:

$$X = X_0 + \Delta x = 6068000 + 458 = 6068458 \text{ м};$$

$$Y = Y_0 + \Delta y = 4313000 + 412 = 4313412 \text{ м}.$$

**Определение географических координат** выполняют, восстанавливая перпендикуляры на рамку карты. По параллелям подписана широта, по меридианам – долгота. В углах карты указаны численные значения широт и долгот. Определяют географические координаты, пользуясь внутренней линией рамки карты (с разметкой минут), между внутренней и наружной рамкой имеется десятисекундная разметка в виде точек, которые делят минуту на шесть равных частей, секунды берут на глаз. Например, на рисунке 5 географические координаты точки P: широта  $\phi = 54^\circ 41' 17''$  и долгота  $\lambda = 18^\circ 05' 25''$ .

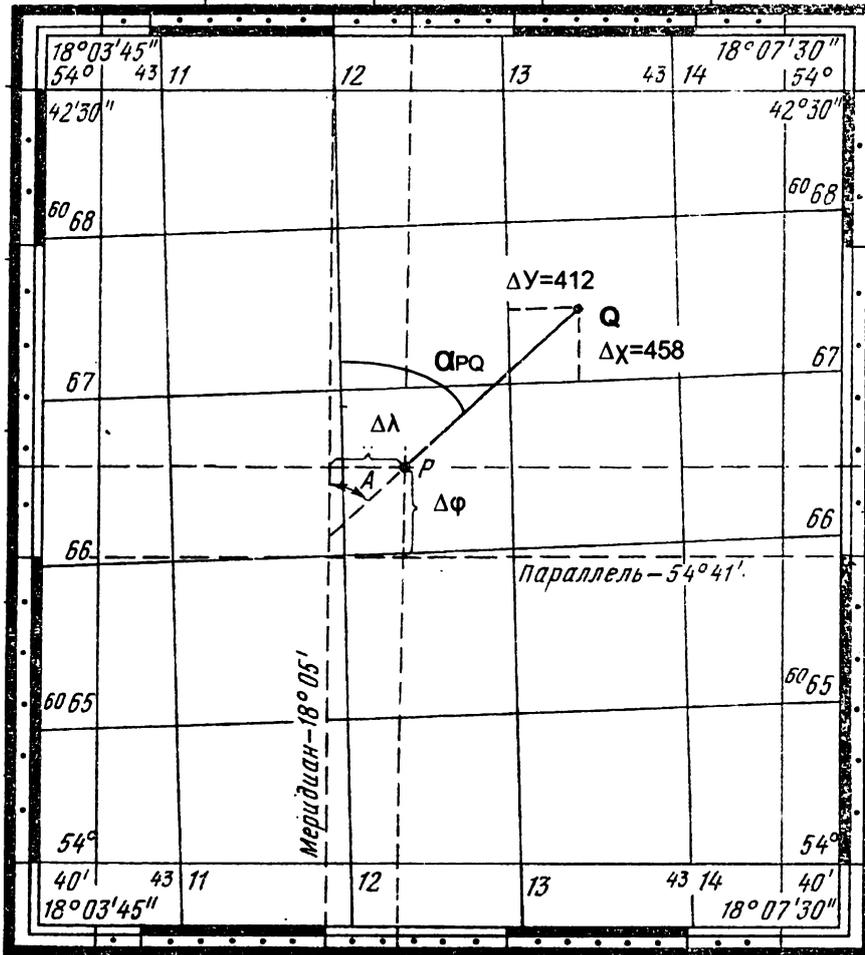


Таблица 3

$X_0$ , км	
№ зоны (число, которое записывается перед сотнями километров в ординате)	
$Y_0$ , км	
$\Delta X$ , м	
$\Delta Y$ , м	
$X$ , м	
$Y$ , м	
$\varphi$	
$\lambda$	

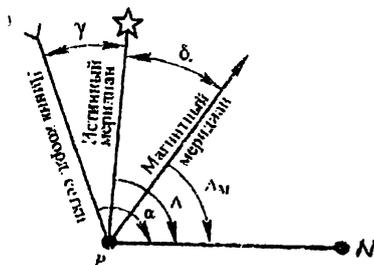
Рисунок 5 – Определение координат и дирекционных углов

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

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

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

Значения сближения меридианов  $\gamma$  и склонения магнитной стрелки  $\delta$  для карты 1:10 000:



Наименование линии	Дирекционный угол	Румб	Истинный азимут Магнитный азимут

Рисунок 6 – Схема расположения меридианов на карте и определения ориентирных углов

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:  $A = A_m + \delta$ .

#### 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 и отметками. **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 полугоризонталы (изображают штриховой линией).

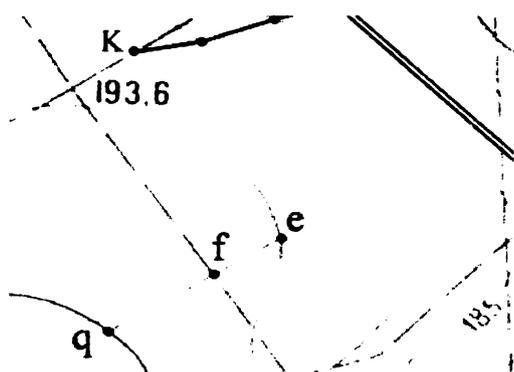


Рисунок 7 – Фрагмент топографической карты с высотой сечения рельефа 5 м

Рассмотрим определение отметки точки  $f$ , которая расположена между двумя соседними горизонталями. Точка  $e$  расположена на горизонтали с отметкой 195 м, а точка  $q$  – с отметкой 200 м, следовательно, для определения отметки точки  $f$  необходимо определить превышение  $\Delta h$  точки  $f$  над точкой  $e$ . Для этого проводят линию ската  $qe$  (кратчайшее расстояние между горизонталями) и измеряют ее длину  $eq = d$  и расстояние  $\Delta d = ef$  (можно в мм). Превышение  $\Delta h$  вычисляют по

$$\text{формуле: } \Delta h = \frac{\Delta d}{d} \cdot h.$$

Тогда отметка точки  $f$  равна  $H_f = H_e + \Delta h$ .

а) определить отметки точек  $A$  и  $B$  (заданных преподавателем), расположенных между двумя горизонталями, при высоте сечения  $h = \underline{\hspace{2cm}}$  м.

**Отметка** – это численное значение высоты точки земной поверхности в принятой системе высот. Значения отметок в Балтийской системе высот записать в таблицу 4 с точностью 0,1 м.

Таблица 4

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

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

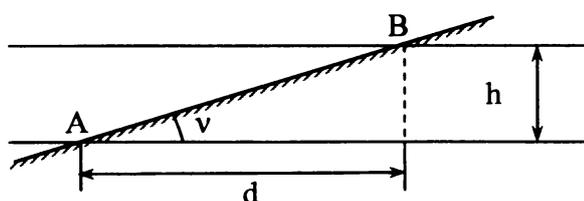


Рисунок 8 – Схема определения угла наклона

**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.

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

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

Уклоны выражают в натуральных значениях тангенса угла наклона или в промилле (‰). Для определения уклона отрезка  $eq$  (рисунок 8) измеряют его длину на карте (27 мм) и определяют горизонтальное проложение на местности, учитывая масштаб карты  $d = 27\text{мм} \cdot 25000 = 675\text{м}$ . Так как точки расположены на соседних горизонталях, то превышение между точками равно высоте сечения рельефа,  $h = 5\text{м}$ , следовательно, уклон линии на данном участке составит  $i = 5 / 675 = 0,0074 = 7,4\text{‰}$ .

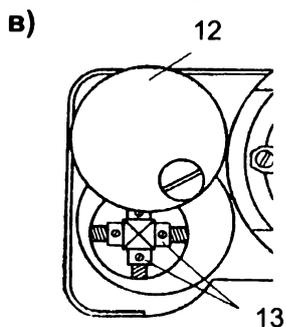
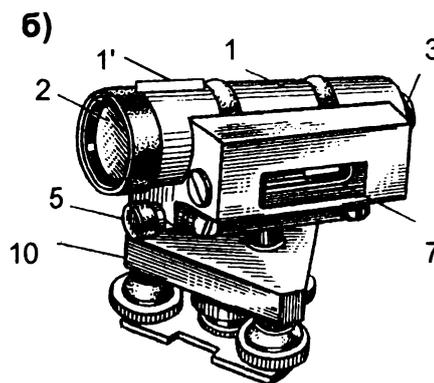
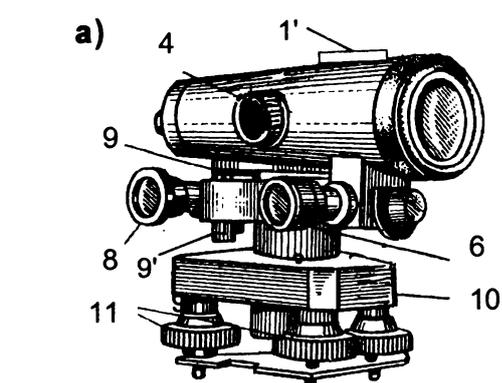
Углы наклона можно определять аналитически ( $v = \arctg i$ ) или графически. Для многократного определения улов наклона (уклонов) строят **номограммный** график – график заложений. Под южной рамкой карты расположен график заложений для углов наклона. Для определения угла наклона на карте берут раствором 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 5

Высота сечения $h$ , м	Горизонтальное проложение на местности (соответствующее заложению), м	$tg v = \frac{h}{D} = i$	Угол наклона $v$ а) $v$ аналитически б) $v$ графически	Уклон $i$ а) натуральное число б) в промилле
Для линии СД, указанной преподавателем на карте				

## Лабораторная работа № 2 НИВЕЛИР

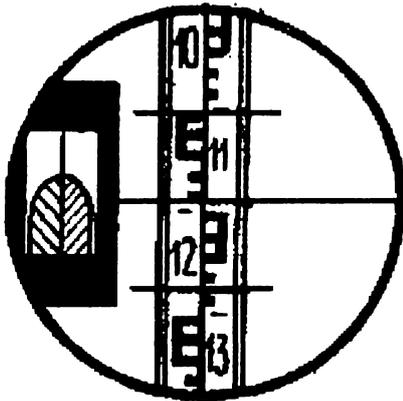
### 1. Изучить устройство нивелира Н-3 и назначение его частей.



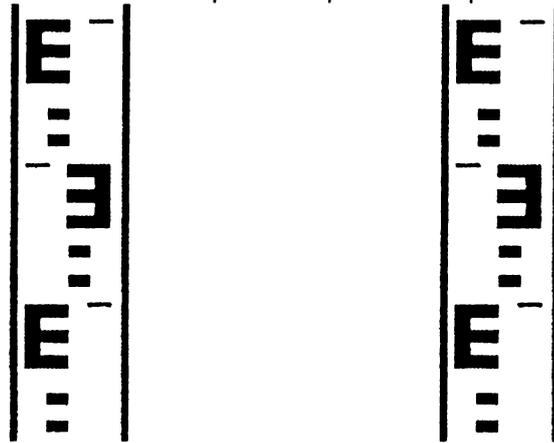
12. защитная крышка;  
13. исправительные винты цилиндрического уровня

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 с помощью круглого уровня и научиться брать отсчеты по рейке. Зарисовать полученные отсчеты по черной и красной сторонам рейки.



Поле зрения трубы нивелира



3. Снять отсчеты: по верхней, средней и нижней нити по красной и черной сторонам рейки, определить разность нулей пятки (начальный отсчет красной стороны) и расстояние по нитяному дальномеру.

Таблица 6

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

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

4. Выполнить поверки нивелира:

а) круглого уровня;

б) сетки нитей (по рейке);

в) поверку главного условия нивелира. Главное условие нивелира можно проверить двойным нивелированием «вперёд». Для этого на ровной местности на расстоянии примерно 75–80 м забивают колышки, на которые устанавливают нивелирные рейки. Нивелир вначале устанавливают вблизи одной рейки (6-8 м) и берут отсчеты по ближней рейке  $B_1$  и дальней  $D_1$ . Затем вблизи другой рейки и берут отсчеты по ближней рейке  $B_2$  и дальней  $D_2$ .

Для расстояния  $AB$ , равного 80 м, погрешность  $X$  не должна превышать 4 мм.

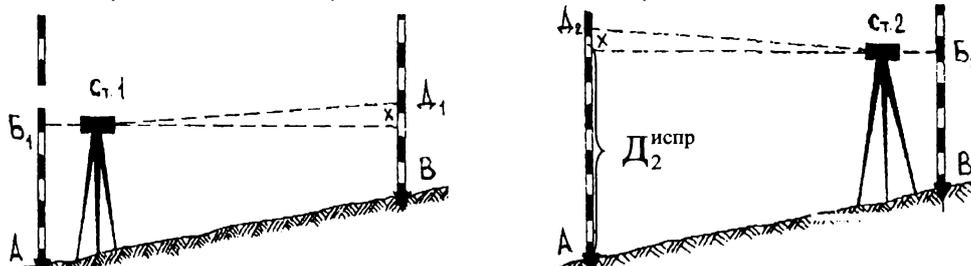


Рисунок 9 – Схема поверки главного условия нивелира

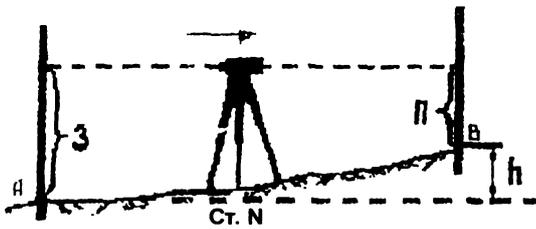
Таблица 7 – Определение не параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня

№ ст.	№ точки	рейка	Отсчеты по рейкам, мм			Вычисления
			черная	красная	контроль	
1	A	B <sub>1</sub>				$X_v = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2} =$
	B	D <sub>1</sub>				$X_k = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2} =$
2	B	B <sub>2</sub>				$X_{cp} = \frac{X_v + X_k}{2} =$ мм
	A	D <sub>2</sub>				$D_2^{испр} = D_2 - X_{cp} =$

**Вывод:** \_\_\_\_\_

**Юстировка:** зевационным винтом совмещаем среднюю нить с вычисленным черным отсчетом  $D_2^{испр}$  и исправительными вертикальными винтами цилиндр. уровня приводим пузырек в нуль-пункт.

**5. Измерить превышение между двумя точками способом «из середины».** Показать на схеме отметки точек, результаты измерений записать в журнал. Записать формулы для определения превышения  $h$  и отметки  $H_B$ .



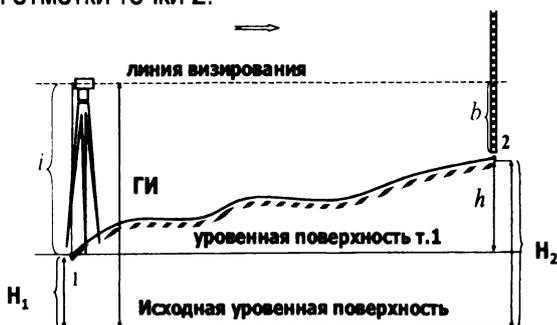
№ станции	№ точки	Отсчеты, мм		Превышения, мм	
		задний	передний	вычисл.	среднее
N (A-B)	A				
	B				

\_\_\_\_\_ *уровенная поверхность*

**Формулы:**

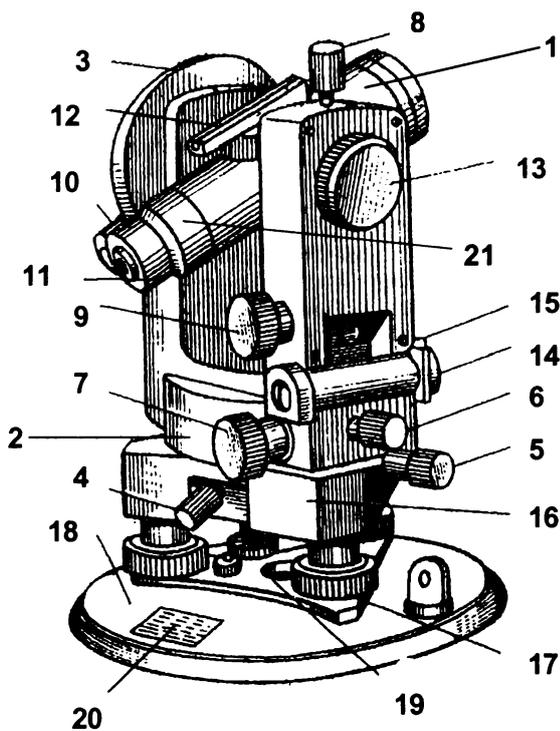
**Допуски:**

**6. Изучить измерение превышения способом «вперёд».** На рисунке указать результаты измерений и записать формулы для вычисления превышения между двумя точками, горизонта инструмента и отметки точки 2.



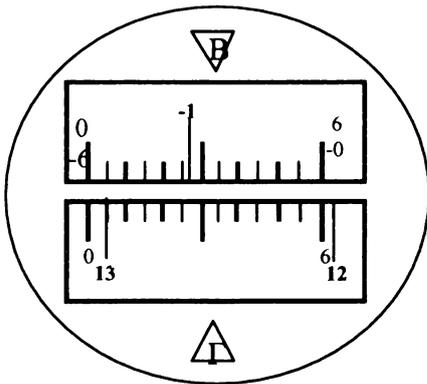
## Лабораторная работа № 3 ТЕОДОЛИТ

### 1. Изучить устройство теодолита, назначение и название его частей

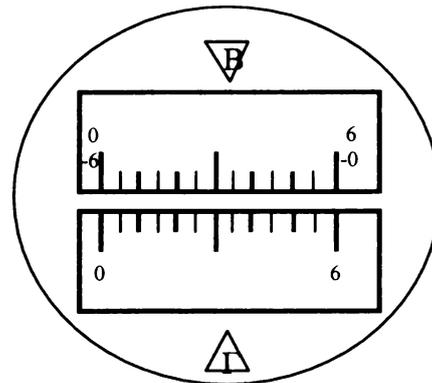


- 1 – зрительная труба;
- 2 – горизонтальный круг;
- 3 – вертикальный круг;
- 4 – закрепительный винт лимба;
- 5 – наводящий винт лимба;
- 6 – закрепительный винт алидады;
- 7 – наводящий винт алидады;
- 8 – закрепительный винт зрительной трубы;
- 9 – наводящий винт зрительной трубы;
- 10 – окуляр микроскопа;
- 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

### 2. 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:  $-1^{\circ} 33'$   
по горизонтальному кругу:  $13^{\circ} 05'$



по вертикальному кругу: \_\_\_\_\_  
по горизонтальному кругу: \_\_\_\_\_

### 3. Выполнить поверки и юстировки теодолита 2Т30 № \_\_\_\_\_

а) перпендикулярности оси цилиндрического уровня к оси вращения инструмента;

б) правильности установки сетки нитей (по отвесу, по точке);

в) перпендикулярности визирной оси к оси вращения зрительной трубы. Определить коллимационную погрешность  $c = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}$ . Допустимое значение  $C_{дон} =$  \_\_\_\_\_

Таблица 8

№ точек визирования	Положение вертикальн. круга	Отсчеты по горизонтальному кругу	2С С	Выводы Правильный отсчет

**Исправление:** если  $c > 2t$ , тогда вычисляем правильный отсчет  $N = \frac{КП + КЛ \pm 180^\circ}{2}$  последнего наблюдения и

устанавливаем его на лимбе наводящим винтом алидады. При этом алидада повернется на угол  $c$ , а 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 (исправляется в мастерской).

**4. Измерить теодолитом 2Т30 № \_\_\_\_\_ горизонтальный угол одним полным приёмом с перестановкой лимба между полу приёмами на 2-3°.**

Таблица 9

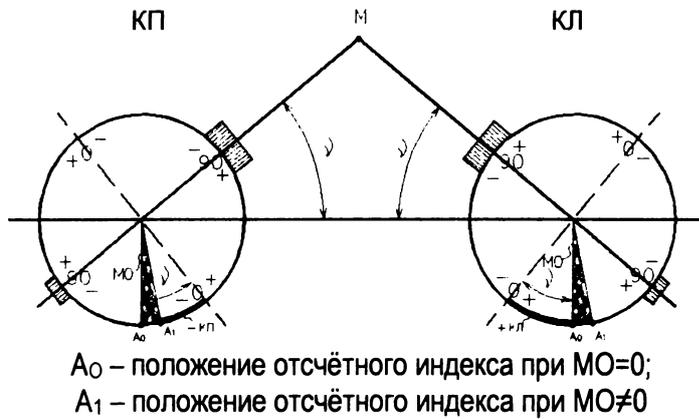
Схема измеряемого угла $\beta$	Вершина угла	Положен. вертикальн. круга КЛ и КП	№№ точек визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу о ' "	Измеренный угол в полу приёме		Среднее значение угла	
					о	'	о	'
1	2	3	4	5	6		7	

Допустимое расхождение значений горизонтального угла из полуприёмов \_\_\_\_\_

### 5. Изучить устройство вертикального круга теодолита

Вертикальный круг теодолита 2Т30 и его последующих модификаций разделен на четыре сектора диаметрами  $0^\circ - 0^\circ$  и  $90^\circ - 90^\circ$ , скреплён со зрительной трубой по диаметру  $90^\circ - 90^\circ$  и оцифрован в обе стороны от  $0^\circ$  до  $75^\circ$ . Против хода часовой стрелки подписаны положительные значения, а по ходу часовой стрелки – отрицательные со знаком минус (-).

Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси, когда пузырек цилиндрического уровня находится в нуль-пункте, называется **местом нуля (МО) вертикального круга**.



$$MO = \frac{KЛ + КП}{2} \quad (1)$$

$$v = КЛ - MO \quad (2)$$

$$v = MO - КП \quad (3)$$

$$v = \frac{КЛ - КП}{2} \quad (4)$$

### 6. Определить место нуля (МО) и измерить вертикальные углы теодолитом 2Т30 № \_\_\_\_\_

Таблица 10

Номер станции	Номера точек визиров.	Положение вертикального круга	Отсчеты по вертикальному кругу $o$ $i$	МО	Вертикальный угол $v$ (угол наклона)

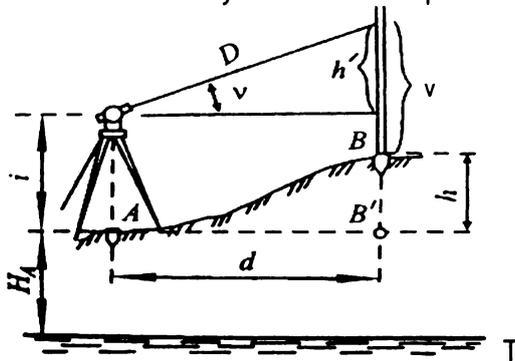
Контролем качества измерения углов наклона служит \_\_\_\_\_

### Лабораторная работа № 4

### ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЁМКА

#### 1. Изучить сущность тригонометрического нивелирования

Тригонометрическое нивелирование позволяет определить превышение между точками по измеренному углу наклона и расстоянию. Над точкой А устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструмента  $i$  – расстояние по отвесной линии от точки А до оси вращения зрительной трубы с помощью нивелирной рейки с точностью до 0,01 м. В точке В устанавливают нивелирную рейку и по черной стороне отсчитывают высоту наведения  $V$  – расстояние от пятки рейки до средней нити сетки.



Нитяным дальномером измеряют наклонное расстояние  $D$  от теодолита до рейки. Теодолитом способом приема измеряют угол наклона  $v$ .

Формулы тригонометрического нивелирования:

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

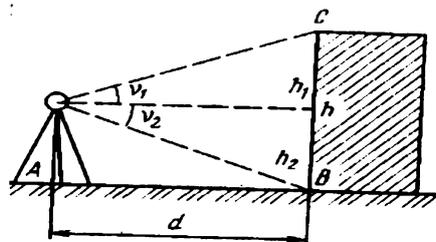
Неполное превышение  $h' = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v$ , если известно горизонтальное проложение  $h' = d \cdot \operatorname{tg} v$ .

Превышение равно  $h = \frac{D}{2} \cdot \sin 2v + i - V$ .

Таблица 11

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

**Задача. Определить высоту сооружения или вертикальный размер конструкции элемента интерьера.**



$$d =$$

$$h = d \operatorname{tg} v_1 + d |\operatorname{tg} v_2|$$

$$h = d \cdot (\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2)$$

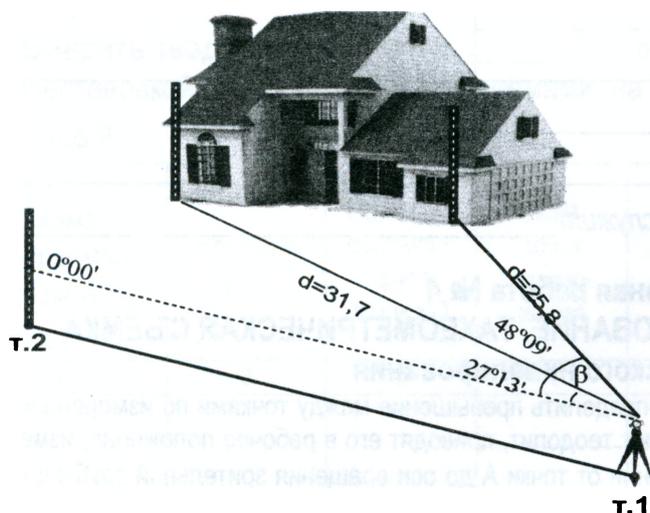
$$h =$$

Угол наклона $v$	$\operatorname{tg} v$	$d \cdot \operatorname{tg} v$

## 2. 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.

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 1см. 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).

Рисунок 10 – Определение планового положения точек полярным способом

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. 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  $5'$ .

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

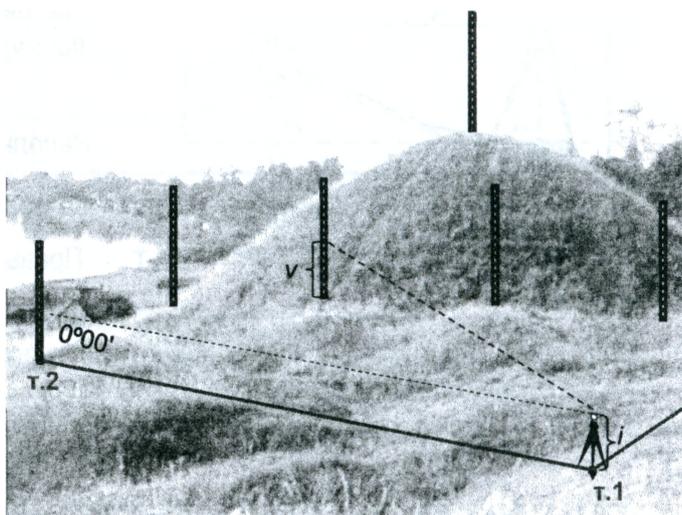


Рисунок 11 – Сущность тахеометрической съемки



5. Системы координат (географическая; пространственных прямоугольных координат; плоских прямоугольных координат) и высот (Балтийская система высот и условные системы высот), применяемые в геодезии.

6. Проекция Гаусса-Крюгера, её свойства и сфера применения.

7. Топографические карты и планы: определение, назначение и классификация по масштабам.

8. Масштабы изображения на плоскости (линейный, численный, поперечный).

9. Понятие о разграфке и номенклатуре топографических карт (самостоятельно изучить).

10. Ориентирование на местности: дирекционные углы, румбы, истинный и магнитный азимуты, связь между ними. Сближение меридианов, склонение магнитной стрелки. Приборы для ориентирования на местности.

11. Определение географических и плоских прямоугольных координат, расстояний и углов на планах и картах.

12. Изображение рельефа на топографических картах. Определение отметок точек, углов наклона и уклонов линий местности.

13. Виды геодезических измерений. Геодезические приборы и принадлежности.

14. Классификация и назначение геодезических сетей. Центры пунктов и надземные знаки.

15. Плановые геодезические сети: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, линейно-угловая сеть, строительная сетка, теодолитный ход, спутниковая геодезическая сеть.

16. Высотные (нивелирные сети). Методы геометрического, тригонометрического, гидростатического и барометрического нивелирования, сущность каждого метода.

17. Классификация, устройство и поверки точных нивелиров. Измерение превышений способом геометрического нивелирования «из середины» и «вперёд».

18. Классификация, устройство и поверки технических теодолитов. Измерение горизонтальных и вертикальных углов, наклонных расстояний с помощью нитяного дальномера.

19. Средства линейных измерений: землемерные ленты, стальные и лазерные рулетки, светодальномеры, электронные тахеометры.

### **Примерный перечень задач к зачёту (второй семестр)**

**Задачи на измерение с помощью геодезических приборов или на определения по топографическим картам и планам:**

1) измерить горизонтальное расстояние с помощью нитяного дальномера;

2) измерить превышение способом геометрического нивелирования «из середины» по программе технического нивелирования;

3) измерить превышение между уровнем пола и пяткой подвешенной рейки способом геометрического нивелирования «вперёд»;

4) определить коллимационную погрешность и сделать вывод;

5) измерить горизонтальный угол способом приемов;

6) определить место нуля вертикального круга;

7) измерить вертикальный угол;

8) определить отметку точки, лежащей между горизонталями, на топокарте масштаба 1:25000 или 1:50000;

9) определить уклон по линии на топокарте масштаба 1:25000; 1:50000 или 1: 100000;

10) определить угол наклона линии на топокарте масштаба 1:25000; 1:50000 или 1: 100000;

11) определить истинный азимут направления на топокарте масштаба 1:25000; 1:50000;

12) определить магнитный азимут направления на топокарте масштаба 1:25000; 1:50000;

13) определить дирекционный угол и румб направления на топокарте масштаба 1:25000; 1:50000 или 1: 100000;

14) определить плоские прямоугольные координаты точки на карте 1:10000 или плане масштаба 1: 500;

15) определить географические координаты точки на топокарте 1:10000 или др. масштаба.

**Задачи на вычисление по темам нивелирование, ориентирование, угловые и линейные измерения, теория погрешностей, уравнивание геодезических измерений.**

- 1) отметка точки А равна 84,035 м. Известны отсчеты по рейкам, установленным в точке А – 0784 мм и в точке В – 1248 мм. Определить превышение и отметку точки В?
- 2) определить горизонт инструмента нивелира и отметку точки В, если отметка точки А равна 98,365 м, высота инструмента 1,50 м и отсчет по рейке установленной в точке В 1738 мм;
- 3) в техническом нивелировании по линии 1-2 отсчеты по рейкам на заднюю точку были  $Z = 1651$  (6452) мм, на переднюю равны  $\Pi = 1540$  (6343) мм. Получить значения превышений и сделать вывод о качестве измерений;
- 4) даны отметки точек А и В: 126,034 м и 121,645 м соответственно. Расстояние между точками 185,20 м. Определить уклон по направлению АВ;
- 5) сумма средних измеренных превышений по результатам технического нивелирования составила 2899 мм. Отметки начальной и конечной точек нивелирного хода таковы: 115,341 м и 118,250 м, а длина хода 0,9 км. Определить высотную невязку хода. В допуске ли она?
- 6) дирекционный угол линии равен  $95^{\circ}15'$ , известно западное сближение меридианов  $2^{\circ}32'$  и западное склонение магнитной стрелки  $6^{\circ}15'$ . Определить истинный и магнитный азимуты;
- 7) Известен дирекционный угол  $307^{\circ}45'$ . Определить обратный дирекционный угол и румбы прямого и обратного направлений (пояснить решение рисунком);
- 8) дан румб линии СЗ:  $60^{\circ}23'$ . Определить прямой и обратный дирекционные углы этой линии (пояснить решение рисунком);
- 9) Результаты измерения линии стальной рулеткой в прямом и обратном направлении таковы:  $D_{пр}=86,076$ м  $D_{обр}=86,110$ м. Определить окончательное значение длины линии, абсолютную и относительную погрешности;
- 10) Даны вероятнейшие погрешности измерения длины линии мерной лентой: +2см; -2см; -3см; +1см. Определить среднюю квадратическую погрешность результата измерений;
- 11) Известны значения случайных погрешностей: -1"; +2"; +4"; -2"; -3". Определить среднюю квадратическую погрешность результата измерений;
- 12) Известен ряд измерений одной и той же величины  $l_1=120,54$ м;  $l_2=120,63$ м;  $l_3=120,50$ м;  $l_4=120,53$ м;  $l_5=120,58$ м. Определить среднюю квадратическую погрешность результата измерений и окончательное значение измеренной величины;
- 13) Дан ряд неравноточных измерений:  $l_1=88,33$ ;  $l_2=88,14$ ;  $l_3=88,21$  с весами  $P_1=3$ ;  $P_2=2$ ;  $P_3=8$ . Найти среднее весовое результатов значения;
- 14) Линия длиной 102,8 м измерена нитяным дальномером и имеет угол наклона  $\nu = -2^{\circ}30'$ . Определить горизонтальное проложение этой линии;
- 15) Каков должен быть отсчет по верхней дальномерной нити, чтобы при отсчете по нижней нити равному 1130, расстояние до определяемой точки было 50,8 м?

### **Зачет проходит в два этапа:**

**1 этап** – решение задач (обязательно решить задачу);

**2 этап** – ответы на вопросы тестового задания (20–25 вопросов). Необходимо дать правильные ответы на 60% вопросов.

### **Литература для подготовки к зачёту**

1. Зеленский, А.М. Инженерная геодезия для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» / А.М. Зеленский, Л.Ф. Зуева, Г.В. Фолитар. – Брест: УО БрГТУ, 2008.
2. Лабораторный практикум «Геодезические измерения» / Л.Ф. Зуева, С.Н. Кандыбо, Н.В. Синякина. – Брест: УО БрГТУ, 2011–2012.
3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Инженерная геодезия». – Брест: БПИ, 1997. – Часть I: топографические карты и планы и работа с ними.
4. «Инженерные изыскания в строительстве» для студентов специальности 1 – 69 01 01 «Архитектура»: методические указания. – Брест: БрГТУ, 2007.
5. Подшивалов, В.П. Геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок – Минск: Вышэйшая школа, 2011.
6. Перфилов, В.Ф. Геодезия / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогарева, Н.В. Усова – М.: Высшая школа, 2006.
7. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1989.

## Практическая работа №5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПО ЛИНИИ МЕСТНОСТИ

**Нивелирование** – это определение превышений (разностей высот) между точками земной поверхности. В геометрическом нивелировании превышение определяют как разность отсчетов по рейкам, вертикально установленным на точках (отсчеты берут при горизонтальном положении визирной оси нивелира). По известной отметке одной точки и превышению  $h$  вычисляют отметку другой точки.

При полевых измерениях нивелиром получают отсчеты по рейкам З, П, Пр, установленным на связующих задней и передней точках, которые закреплены кольшками, и на промежуточную (плюсовую), где рейка устанавливается на поверхность земли.

Отсчет на промежуточной точке Пр используют для вычисления её отметки способом «вперёд», т.е. через горизонт инструмента. **Горизонт инструмента** ГИ – высота визирной оси над уровневой поверхностью данной станции (отметка визирной оси нивелира).

Продольное техническое нивелирование по линии местности выполняют с целью определения отметок точек (пикетов) по предполагаемой оси будущего сооружения.

Расстояние между пикетами чаще всего равно 100 метров. Точки, соответствующие перегибам рельефа, называют – *плюсовью*. Их обозначение содержит номер заднего пикета плюс расстояние этой точки от этого пикета. Например, ПК1+37. Точки, являющиеся общими для двух смежных станций, называют **связующими**. Отсчеты по рейкам, установленным на связующих точках, берут по чёрным и красным сторонам реек. А на промежуточных (плюсовых) точках отсчеты берут только по чёрной стороне.

Для обработки предлагается разомкнутый ход технического нивелирования из 6 станций от репера 1 до репера 2 (рис. 12).

*Журнал нивелирования и вариант студенту выдает преподаватель (табл. 9).*

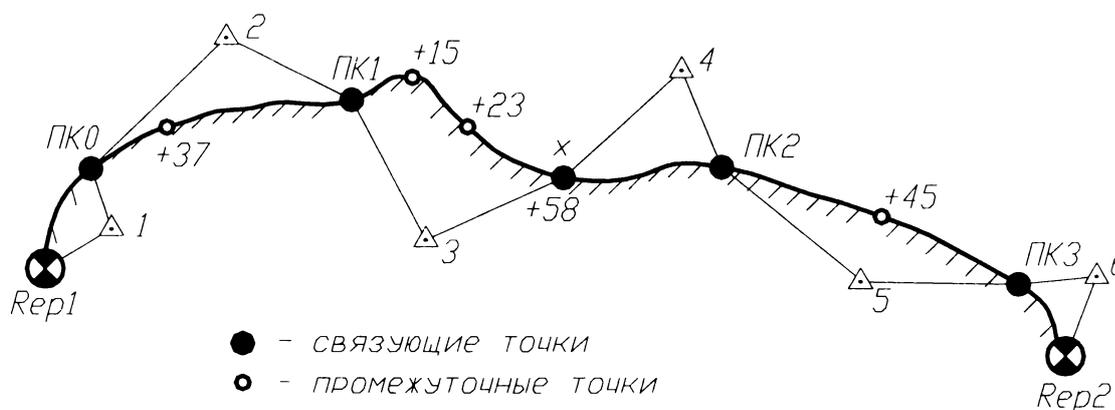


Рисунок 12 – Схема нивелирного хода

**Обработка журнала выполняется в следующей последовательности** (см. пример табл. 12):

1. Вычисляют превышения на каждой станции  $h = З - П$ , используя отсчеты по черной и красной сторонам реек, и записывают в графу 6.
2. Вычисляют средние превышения (если расхождение превышений менее 5 мм) с записью их в графу 7.
3. Выполняют контроль правильности вычисления превышений (постраничный контроль) внизу под таблицей.

4. Вычисляют невязку хода:  $f_h = \sum h_{cp} - (H_{Rep2} - H_{Rep1})$ ,

где  $\sum h_{cp}$  – сумма средних превышений,  $H_1$  и  $H_2$  – отметки (высоты) конечного и начального реперов.

В приведенном примере:  $H_{Rep1} = 50,546$  м,  $H_{Rep2} = 48,120$  м,  $f_h = 2439 - 2426 = -13$  мм.

Если невязка  $f_h$  не превышает допустимого значения  $f_{h_{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ , то нивелирование выполнено правильно. При вычислении невязки  $L$  – длина хода берется в км.

Таблица 12 – Пример обработки журнала технического нивелирования

№ станции	№№ точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, м	Отметки точек, м	№№ точек
		задний	передний	промежуточн.	вычисленное	поправка, среднее	уровненное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
1	Реп 1 ПКО	1120 5806	1568 6250		-0448 -0444	+2 -0446	-0444		50,546 50,102	Реп1 ПКО
2	ПКО ПК1 +37	1353 6040	0199 4886	2632	+1154 +1154	+2 +1154	+1156	51,455	50,102 51,258 48,823	ПКО ПК1 +37
3	ПК1 Х(ПК1+58) +15 +23	0368 5052	2768 7456	1624 1036	-2400 -2404	+2 -2400	-2400	51,626	51,258 48,858 50,002 50,590	ПК1 Х (+58) +15 +23
4	Х(ПК1+58) ПК2	0110 4796	2966 7656		-2856 -2860	+3 -2858	-2855		48,858 46,003	Х(+58) ПК2
5	ПК2 ПК3 +45	1801 6487	0783 5471	0300	+1018 +1016	+2 +1017	+1019	47,804	46,003 47,022 47,504	ПК2 ПК3 +45
6	ПК3 Реп.2	1836 6520	0742 5422		+1094 +1098	+2 +1096	+1098		47,022 48,120	ПК3 Реп.2
<b>Суммы</b>		41289	46167		-4878	-2439	-2426			
<b>Постраничный контроль</b>		$\Sigma 3 - \Sigma П = \Sigma h_{\text{выч}} \approx 2 \Sigma h_{\text{ср}};$			$\Sigma h_{\text{уровн.}} = \Sigma h_{\text{теорет}} = H_{p2} - H_{p1} = -2426 \text{ мм}$					
<b>Невязки</b>		$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{реп2}} - H_{\text{реп1}}) = -13 \text{ мм};$			$f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 31 \text{ мм};$ где длина хода $L = 0,4 \text{ км}$					

Таблица 13 – Обработка журнала технического нивелирования

№ станции	№№ точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, м	Отметки точек, м	№№ точек
		задний	передний	промежуточн.	вычисленное	поправка, среднее	уровненное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
1	Реп 1 ПКО									Реп1 ПКО
2	ПКО ПК1 +37									ПКО ПК1 +37
3	ПК1 Х(ПК1+58) +15 +23									ПК1 Х(+58) +15 +23
4	Х(ПК1+58) ПК2									Х(+58) ПК2
5	ПК2 ПК3 +45									ПК2 ПК3 +45
6	ПК3 Реп.2									ПК3 Реп.2
<b>Суммы</b>										
<b>Постраничный контроль</b>		$\Sigma 3 - \Sigma П = \Sigma h_{выч} \approx 2 \Sigma h_{ср};$			$\Sigma h_{урavn.} = \Sigma h_{теорет} = H_{р2} - H_{р1} =$					
<b>Невязки</b>		$f_h = \Sigma h_{ср} - (H_{рп2} - H_{рп1}) =$			мм;	$f_{h доп.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm$		мм ;	длина хода L= 0,4 км	

5. Невязку, взятую с обратным знаком, распределяют приблизительно поровну, округляя до целых мм, в каждое среднее превышение. Поправка  $V_i = -f_h/n$ , контроль  $\sum V = -f_h$ .

6. Вычисляют исправленное превышение  $h_{уравн.} = h_{ср.} + V_i$  (обязательно учитывают знаки превышения и поправки) и записывают в графу 8.

7. При вычислении отметок связующих точек (графа 10) следует помнить, что отметки выражают в метрах, а превышения получены в миллиметрах, поэтому при вычислении отметок превышения необходимо перевести в метры:

$$H_{посл.} = H_{пред.} + h_{уравн.}$$

где  $H_{посл.}$  – отметка последующей связующей точки (передней);  $H_{пред.}$  – отметка предыдущей точки (задней).

*В конце вычислений (контроль правильности вычисления отметок) должны точно получить отметку конечного репера 2.*

8. Вычисляют горизонт инструмента (ГИ) для станций, с которых нивелировались промежуточные точки. Горизонт инструмента равен отметке задней точки плюс отсчёт по рейке (по чёрной стороне), стоящей на этой точке. Для станции 2 горизонт инструмента  $H_{ПК0} + 3_ч = 50,102 + 1,353 = 51,455$  м. Горизонт инструмента записывают в графу 9.

9. Вычисляют отметки промежуточных точек. Отметка промежуточной точки равна горизонту инструмента минус отсчет по рейке, стоящей на промежуточной точке. Для промежуточной точки ПК0+37  $H_{+37} = 51,455 - 2,632 = 48,823$  м.

### Построение профиля по линии местности

Профиль строят на миллиметровой бумаге, где все размеры откладывают в принятом масштабе: по горизонтали отложить и записать расстояния между соседними точками, а в вертикальном направлении отложить отметки этих точек с учетом вертикального масштаба, выбрав некоторый условный горизонт по верхней линии сетки профиля. Вертикальный масштаб обычно принимают в десять и более раз крупнее горизонтального масштаба, благодаря чему профиль приобретает большую наглядность.

Профиль строят в следующем порядке. Вначале карандашом вычерчивают профильную сетку. Будем использовать простейшую сетку профиля, чтобы отразить рельеф по линии местности (рис. 13).



Масштабы: горизонтальный 1:1000  
вертикальный 1:200

**Рисунок 13 – Пример оформления продольного профиля**

Исходными материалами для составления продольного профиля являются журнал технического нивелирования (табл.9) и схема хода с расстояниями между пикетами и плюсовыми точками (рис. 10). *Рекомендуется взять следующие масштабы: горизонтальный 1:1000; вертикальный 1:100.*

В первую графу сетки (расстояния) выписывают (в натуральную величину) и откладывают с учетом горизонтального масштаба расстояния между точками местности. Во вторую графу (отметки) на соответствующем месте выписывают из журнала технического нивелирования вычисленные отметки связующих (пикетных) и промежуточных (плюсовых) точек с округлением до сантиметров. Далее выбирается условный горизонт соответствующий верхней горизонтальной линии сетки так, чтобы самая низкая отметка профиля находилась над сеткой

профиля на несколько сантиметров. В нашем случае условный горизонт принят 40 м. Далее отметки всех точек откладываются от линии условного горизонта в вертикальном масштабе. Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и будет линией продольного профиля местности.

**Задание.** Построить на продольном профиле проектную (красную) линию из двух участков под баланс земляных работ (объёмы выемки и насыпи должны быть приблизительно равны), вычислить уклоны по запроектированным участкам и записать их на профиль в промилле.

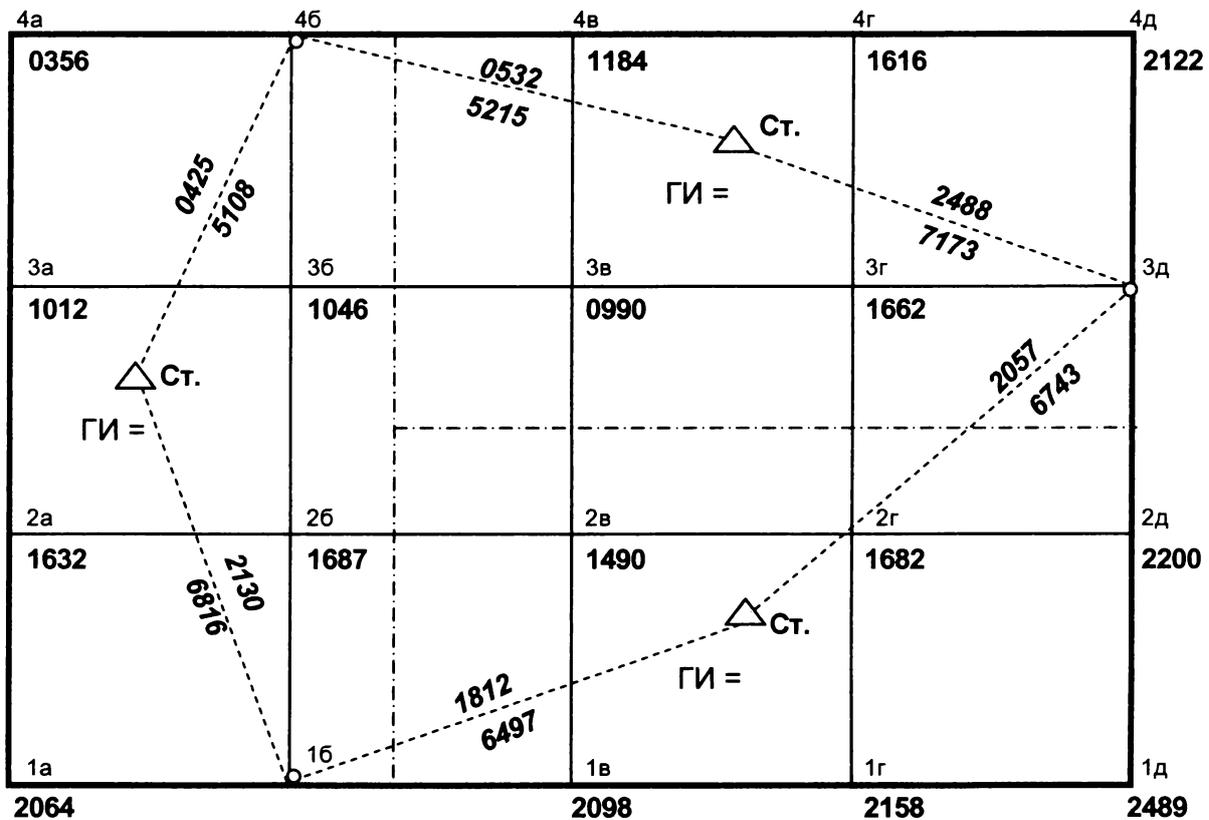
### Практическая работа № 6

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ

### 1. Вычислить фактические отметки вершин квадратов

Сторона квадрата равна 40 метров. Репер расположен в вершине квадрата \_\_\_\_\_

### Полевая схема-журнал нивелирования поверхности по квадратам



а) по результатам измерений и исходной отметки репера  $H =$  \_\_\_\_\_ м, вычислить отметки связующих точек и записать их на схему.

Таблица 14 – 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

$\sum \text{З} =$        $\sum \text{П} =$        $\sum h_b =$        $\sum h_{cp} =$

Контроль:  $\sum \text{З} - \sum \text{П} = \sum h_b = 2\sum h_{cp}$

Невязка замкнутого хода  $f_h = \sum h_{cp} =$

Допустимая невязка технического нивелирования  $f h_{дон} = \pm 10_{мм} \sqrt{n} = \pm 17_{мм}$ , где  $n$  – число станций (равно 3);

**б) вычислить горизонт инструмента станций и записать на схему.** Горизонт инструмента равен отметке задней точки плюс черный отсчет по рейке, установленной на этой точке  $ГИ_{СТ} = H_{ЗАД} + a_{ЗАД}^{ЧЕР}$ ;

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

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

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

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

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

**3. Построить план организации рельефа в масштабе 1: 1000 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 черным цветом.

Построение горизонталей существующего рельефа на плане можно выполнить, используя **графическую интерполяцию**, с помощью палетки. Палетка – это ряд параллельных линий, нанесенных на кальке через равные расстояния (5 или 10 мм), каждая линия обозначается отметками, кратными 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). Интерполирование выполняют по всем сторонам квадратов.

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

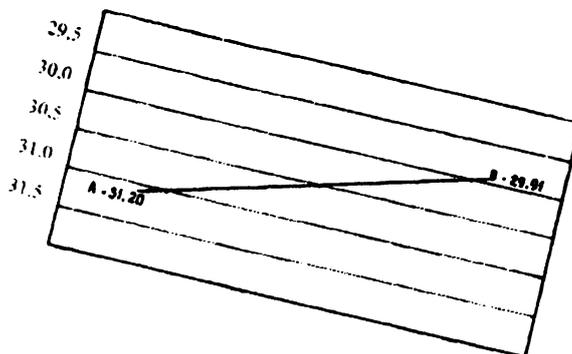


Рисунок 14 – Графическая интерполяция

**4. Вычислить проектные отметки вершин квадратов по известной стороне квадрата и заданным уклонам по формуле  $H_{ПОСЛЕД} = H_{ПРЕДЫД} + i \cdot d$ .** 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 горизонтали – это будут прямые линии, их оформляют красным цветом и подписывают их отметки над каждой горизонталью.

**5. Вычислить рабочие отметки вершин квадратов  $\pm h_p = H_{ПРОЕКТ} - H_{ФАКТ}$  и записать их с точностью 0,01 м и по их значениям построить линию нулевых работ, рассчитав до них расстояния с точностью 0,1 м.**

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

### Практическая работа № 7

## ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА И ПОСТРОЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

Теодолитным ходом называется построенный на местности линейно-угловой ход, в котором углы измеряют техническим теодолитом или тахеометром, а стороны – землемерными лентами, электронными рулетками, специальными дальномерами по точности не ниже 1/2000. Теодолитные ходы используют в качестве плановой геодезической основы при топографических съемках, при решении инженерных задач: изысканиях, при проектировании и строительстве железнодорожных и автомобильных магистралей, населенных пунктов, крупных промышленных и гидротехнических сооружений, газопроводов, линий электропередач и др. В зависимости от назначения точки (вершины) теодолитных ходов закрепляют деревянными колышками, металлическими трубками или специально изготовленными центрами. Горизонтальную (теодолитную) съемку местности выполняют с точек и линий теодолитного хода и результаты измерений наносят на абрис. Абрис представляет собой глазомерный чертеж с численными значениями полевых измерений, на котором показывают положение точек и линий теодолитного хода, с которых проводилась съемка объектов, ситуации и контуров. Условными знаками и пояснительными надписями отображается характеристика зданий и др. объектов, ситуации, растительного покрова, элементов благоустройства и т.д.

#### Исходные данные:

- координаты исходной точки замкнутого теодолитного хода;
- дирекционный угол начальной линии хода;
- измеренные горизонтальные углы  $\beta$  (правых по ходу);
- вычисленные горизонтальные проложения  $d$  сторон теодолитного хода.

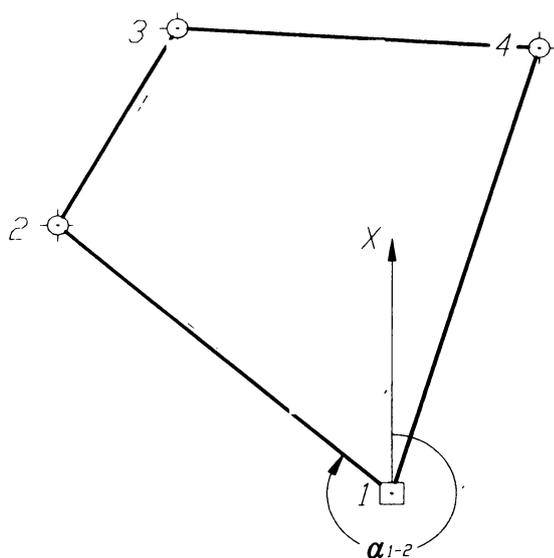


Рисунок 15 – Схема теодолитного хода с результатами измерений

Рисунок 16 – Абрис

### 1. Вычисление координат точек съёмочного обоснования (теодолитного хода).

Вписываем в ведомость исходные данные и уравниваем измеренные углы. В графу 1 «Ведомости вычисления координат точек теодолитного хода (табл. 14) вписывают номера точек хода, а в графу 2 – измеренные горизонтальные углы. Нумерацию точек теодолитного хода обозначаем по ходу часовой стрелки, тогда внутренние измеренные углы будут правые.

Вычисляем практическую сумму измеренных углов  $\Sigma\beta_{изм} = \beta_{1изм} + \beta_{2изм} + \dots + \beta_{nизм}$

и сравниваем ее с теоретической суммой, которая для замкнутого теодолитного хода вычисляется по формуле:  $\Sigma\beta_T = 180^\circ (n - 2)$ , где  $n$  - количество углов (точек) теодолитного хода.

Разность между практической и теоретической суммой горизонтальных углов называют *угловой невязкой хода*  $f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_T$ . Она не должна превышать по абсолютной величине допустимое значение, вычисленное по формуле  $f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}$ .

Если полученная невязка  $f_\beta$  не превышает  $f_{\beta доп}$ , то  $f_\beta$  распределяют поровну с обратным знаком во все измеренные углы, поправки  $v$  в измеренные углы округляют до  $0,1'$  так, чтобы их сумма была равна невязке  $f_\beta$  с обратным знаком, вычисляют уравненные углы  $\beta_i^{yp} = \beta_{изм} + v$  и записывают в графу 3.

Если полученная невязка  $f_\beta$  превышает  $f_{\beta доп}$ , то  $f_\beta$  распределяют поровну с обратным знаком во все измеренные углы, поправки  $v$  в измеренные углы округляют до  $0,1'$  так, чтобы их сумма была равна невязке  $f_\beta$  с обратным знаком, вычисляют уравненные углы  $\beta_i^{yp} = \beta_{изм} + v$  и записывают в графу 3.

**Вычисляем дирекционные углы** линий теодолитного хода по формуле:

$$\alpha_{послед} = \alpha_{предыд} + 180^\circ - \beta_i^{yp} \text{ (для правых по ходу углов),}$$

где  $\beta_i^{yp}$  – правый уравненный угол на точке хода, образованный предыдущей и последующей линиями теодолитного хода.

По определению дирекционный угол не может быть меньше  $0^\circ$  и больше  $360^\circ$ . Если результат более  $360^\circ$ , то от него нужно отнять  $360^\circ$ , а если результат получается отрицательным, то к нему нужно прибавить  $360^\circ$ . *Контролем вычисления дирекционных углов* является равенство значений вычисленного дирекционного угла и дирекционного угла начальной стороны по исходным данным.

**Вычисляем и уравниваем приращения координат.** Приращения координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  определяют по формулам прямой геодезической задачи:

$$\Delta X_{выч} = d \cdot \cos \alpha = d \cdot \cos r; \quad \Delta Y_{выч} = d \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin r;$$

где  $d$  – горизонтальное проложение линии теодолитного хода;  $\alpha$  - дирекционный угол;  $r$  – румб.

Значения  $\cos$  и  $\sin$  находят по таблицам значений тригонометрических функций либо на калькуляторе (до шести знаков после запятой).

В последнем случае необходимо установить на калькуляторе угловую размерность – градусы (DEG). Первоначально минуты необходимо перевести в десятые доли градуса, а потом вычислить значение тригонометрической функции.

$$\text{Например, } \sin(48^\circ 42,0') = \sin(48^\circ + \frac{42,0'}{60'}) = \sin(48,700^\circ) = 0,751264.$$

После вычисления приращений координат находят их сумму, т.е.  $\Sigma\Delta X_{выч}$  и  $\Sigma\Delta Y_{выч}$ , и их теоретическую сумму. Для замкнутого хода теоретическая сумма приращений по оси  $X$  и  $Y$  равна нулю, т.е.  $\Sigma\Delta x_T = 0,00$ ;  $\Sigma\Delta y_T = 0,00$ .

**Невязки в приращения координат** замкнутого теодолитного хода определяют по формулам:

$$f_x = \Sigma\Delta X_{выч}; \quad f_y = \Sigma\Delta Y_{выч}.$$

Далее находят **абсолютную линейную и относительную невязки** хода:

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P}, \text{ где } P = \Sigma d_i.$$

Сравнивают относительную невязку хода с допустимой величиной (относительной точностью хода):

если выполняется условие  $f_{отн} \leq \frac{1}{2000}$ , то невязки приращений координат  $f_x$  и  $f_y$  распределяют пропорционально горизонтальным проложениям сторон теодолитного хода, округляют до  $0,01$  м и вносят с обратным знаком в вычисленные приращения координат:

$$V_{\Delta X_i} = \frac{-fx_i \cdot d_i}{P}; \quad V_{\Delta Y_i} = \frac{-fy_i \cdot d_i}{P}.$$

**Вычисляют уравненные приращения координат.** Для этого алгебраически складывают вычисленные приращения с поправками  $\Delta X_{ур} = \Delta X_{выч} + V_{\Delta X}$ ;  $\Delta Y_{ур} = \Delta Y_{выч} + V_{\Delta Y}$ . Сумма уравненных приращений координат должна быть равна нулю.

**Вычисляют координаты точек теодолитного хода по формулам:**

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{ур}; \quad Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{ур},$$

где  $X_{i+1}$  и  $X_i$  – абсциссы соответственно последующей и предыдущей точек;

$Y_{i+1}$  и  $Y_i$  – ординаты последующей и предыдущей точек;

$\Delta X_{ур}$  и  $\Delta Y_{ур}$  – уравненные приращения между этими точками.

Координаты записывают в графах 11 и 12. Контролем правильности вычисления координат точек теодолитного хода является равенство вычисленных и заданных координат исходной точки хода.

## 2 Построение топографического плана

– На листе чертежной бумаги формата А3 или А-2 строим координатную сетку со стороной 10х10 см. С помощью длинной линейки проводят диагонали твердым остро отточенным карандашом. От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки (20–22 см), оставляя небольшие зарамочные поля. Концы отрезков соединяют прямыми линиями, на сторонах полученного прямоугольника от нижнего левого угла откладывают при помощи измерителя и масштабной линейки отрезки длиной 10,00 см. Соединив соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника получают сетку квадратов. Контроль построения координатной сетки осуществляют сравнением длин диагоналей квадратов. Расхождения не должны превышать 0,2 мм. Все вспомогательные линии нужно проводить карандашом тонкими линиями.

– **Выполним оцифровку координатной сетки**, начиная с нижнего левого угла в соответствии с координатами точек теодолитного хода (см. таблицу 15 графы 11 и 12) так, чтобы подписи были кратны 100 м для масштаба 1:1000 или 0,2 км для масштаба 1:2000. Здесь следует помнить, что ось X направлена на север (снизу вверх), а ось Y – на восток (слева направо).

– **Нанесём по координатам точки теодолитного хода** с помощью измерителя и масштабной линейки (контроль выполним путем сравнения измеренных сторон теодолитного хода со значениями, указанными в графе 6 таблицы 15).

– **Используя абрис, строим контурный план местности.** Ситуация (здание, стройплощадка, дорога и др.), а также контуры растительности на план наносятся таким же способом, каким производилась теодолитная съемка. При этом углы наносят геодезическим транспортиром, а значения линейных элементов берутся по масштабной линейке и откладываются измерителем. Первоначально план составляется в карандаше, а затем вычерчивается строго в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500», соблюдая их размеры и цвет (черный и зеленый).



## Практическая работа № 8

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЫНОСА ПРОЕКТНЫХ ТОЧЕК НА МЕСТНОСТЬ

1. Запроектировать от линий теодолитного хода для проектных точек А и В разбивку полярным способом от линии \_\_\_\_\_.

2. Определить графически, с помощью поперечного масштаба, по плану теодолитной съемки координаты проектных точек А и В (заданных преподавателем) с точностью 0,1 м

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

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 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 (табл.14) выбрать значение дирекционного угла стороны, от которой будет выполняться вынос проектных точек.

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:

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

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

Таблица 16 – Связь румбов и дирекционных углов, знаки приращений координат

Название четверти	СВ:	ЮВ:	ЮЗ:	СЗ:
Величина дирекционного угла $\alpha$	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	$180^\circ < \alpha < 270^\circ$	$270^\circ < \alpha < 360^\circ$
Числовое значение румба	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$
Знак $\Delta x$	+	-	-	+
Знак $\Delta y$	+	+	-	-

Таблица 17 – Вычисление разбивочных элементов

№ 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	$tgr_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\Delta X_{Т-П}};$			
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	$d_{Т-П} = \frac{\Delta Y_{Т-П}}{\sin \alpha_{Т-П}}$			
13	$d_{Т-П} = \frac{\Delta X_{Т-П}}{\cos \alpha_{Т-П}}$			
14	по теореме Пифагора			

7. Вычислить разбивочные углы по формулам п. 4:

$$\beta =$$

$$\beta =$$

8. Нанести красным цветом на топографический план вычисленные разбивочные элементы, записав их численные значения.

**Тема: Обмерные работы** (теоретический материал к зачету и для учебной практики)

Способы обмеров зданий и сооружений: натурный (ручной); геодезический (дистанционный); фотограмметрический; лазерное сканирование.

При обмере простого по архитектурной форме и невысокого здания осложнений в процессе доступного измерения не возникает. Обмер выполняют 20, 30 или 50-метровой рулеткой с натяжением ее вдоль цокольной части здания либо лазерной рулеткой. По результатам линейных измерений составляют обмерочный чертеж здания в крупном масштабе.

В характерных точках здания, расположенных на различной высоте, подвешивают отвес, с помощью которого по шкале рулетки отсчитывают расстояния от угла здания до каждой точки. Для высотных промеров используют лестницы-стремянки или к деревянному щиту прикрепляют рулетку так, чтобы ее ноль совпадал с концом щита.

Дистанционный обмер основан на применении прямой угловой засечки. На местности разбивают треугольники, выбирая станции (точки А, В и др.) на взаимно перпендикулярных осях, в треугольниках измеряют по два

горизонтальных угла и базисы, что позволит вычислить недоступные расстояния до центра сооружения и радиусы сечений.

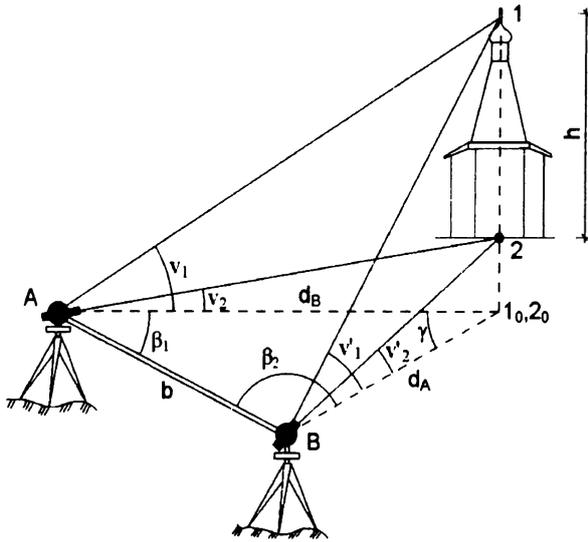


Рисунок 17 – Схема дистанционного обмера

Горизонтальные углы измеряют способом круговых приёмов, работая на образующие, результаты измерений записывают в специальную таблицу. Для определения вертикальных элементов и общей высоты измеряют углы наклона.

Для определения крена (наклона вертикальной оси) условно задают координаты, например точки А, и измеряют магнитный азимут по базису АВ с помощью теодолита и магнитной ориентир-буссоли.

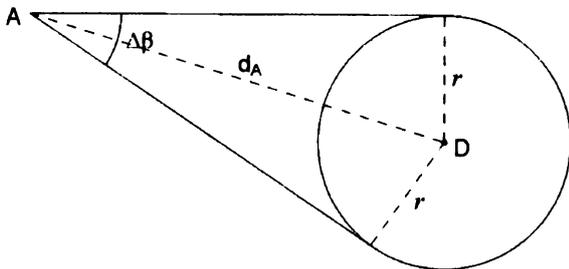
Для соблюдения точности при обмерах необходимо использовать точные теодолиты, стальные или лазерные рулетки.

Неприступные расстояния определяют по теореме синусов:

$$d_A = AB \cdot \sin \beta_1 / \sin \gamma,$$

$$d_B = AB \cdot \sin \beta_2 / \sin \gamma.$$

Вертикальное расстояние  $h$  определяют по формуле  $h = d(\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2)$ .



Радиус сечения  $r$  подсчитывают по горизонтальному расстоянию  $d$  от станции до центра вращения и углу  $\Delta\beta$ , составленному направлениями касательных к образующим:

$$r = d \cdot \sin \frac{\Delta\beta}{2}.$$

Обработку результатов измерений дистанционного обмера можно выполнить на калькуляторе или на ПК по программе CREDO\_DAT.

Станция	Н	Место нуля	Инструмент	ТТО	ЛТО,ЛТО
a		0°00'00"	Default		
b		0°00'00"	Default		
c		0°00'00"	Default		

Цель	Крут	Гор. лимб	Верт. лимб	Расст.	Метод определ. расст.	Класс (М)
b	Лево	0°00'00"		144,538	Горизонтальное проло	тех.н.ив.
with krest	Лево	305°52'00"	32°56'00"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
niz	Лево	305°47'30"	0°35'00"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
1	Лево	305°47'30"	13°14'00"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
2	Лево	305°50'30"	19°01'30"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
3	Лево	305°57'00"	24°00'30"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
4	Лево	305°50'15"	27°37'00"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.
v kuroi	Лево	305°50'00"	30°36'00"		Горизонтальное проло	тех.н.ив.

В результате совместной обработки двукратной прямой угловой засечки получают координаты и отметки, если задавалась условная высота исходной точки, эллипсы погрешностей характеризуют точность определения координат точек из уравнивания.

Вычисление крена и его направления выполняют по координатам центра инженерного сооружения в нижнем и верхнем сечениях, используя формулы обратной геодезической задачи.

Частные крены по осям координат равны  $q_X = X_B - X_H$ ;  $q_Y = Y_B - Y_H$ .

$Y = Y$

Направление крена получают, используя формулу  $tg r = \frac{q_Y}{q_X}$ .

Абсолютный крен равен  $Q = \sqrt{q_X^2 + q_Y^2}$ , а относительный крен  $\frac{Q}{H}$  выражается в тысячных долях и сравнивается с допуском 0,004 для жестких сооружений высотой до 100 м.

**Фотограмметрический способ обмера.** В результате фотосъемки фиксируют один и тот же объект с концов известного (закрепленного и измеренного на местности) базиса и получают два фотоснимка (стереопару), при рассматривании которых через специальные приборы изображение здания воспринимается как пространственная трехмерная уменьшенная модель.

Используя стереоэффект, по снимкам определяют координаты наблюдаемых точек здания, а по координатам выполняют необходимые вычисления. Этот метод применяют для определения положения точек, расположенных в одной плоскости, параллельно которой устанавливают плоскость снимка.

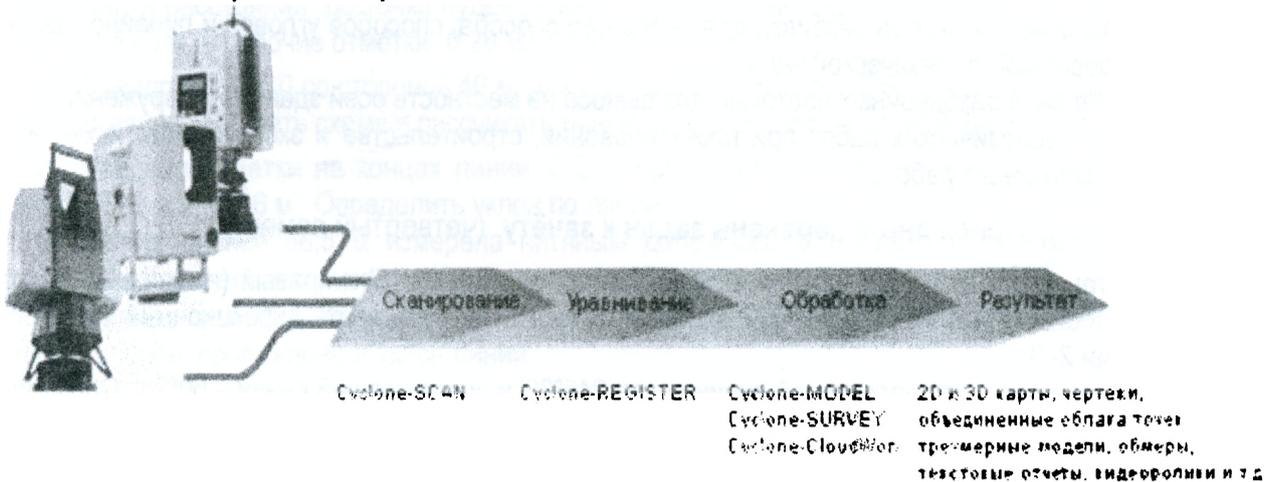
При использовании цифровых фотокамер и специальных программных комплексов (для обработки снимков на компьютерах) процесс обмера зданий можно сделать более производительным.

**Лазерное сканирование** – метод, позволяющий создать цифровую модель окружающего пространства в виде набора точек с пространственными координатами.

*Применение:*

- съемка нефтегазоперерабатывающих, химических предприятий и т.п.;
- обмер зданий и строений с целью определения деформаций и подготовки проектов реставрации либо реконструкции;
- съемка открытых (карьеров) и закрытых горных разработок;
- съемка дорог и дорожных объектов (мостов, путепроводов, прилегающей зоны);
- воздушное лазерное санирование с самолета.

*Технология лазерного сканирования:*



*Преимущества лазерного сканирования:*

- Моментальная съемка, сокращение временных затрат в несколько раз (до 10 раз).
- Почти полная автоматизация измерений – получение готового материала в полевых условиях.
- Высокая точность измерений (6 мм).
- Полевой контроль непосредственно в момент измерений (обнаружение «мёртвых зон» по сырому облаку точек).
- Создание 3D-модели объекта.

*Решаемые задачи:* создание плоских чертежей со всеми размерами; прокладка дополнительных коммуникаций или установка нового оборудования взамен старого; создание полного трехмерного виртуального объекта для целей моделирования различных процессов.

## Вопросы к зачету по инженерно-геодезическим изысканиям (третий семестр)

1. Методы топографических съемок: теодолитная, тахеометрическая, нивелирование территорий, аэрофотосъемка, наземная фототеодолитная съемка, мензуральная съемка, съемка подземных коммуникаций (назначение и сущность каждого, приборы для выполнения той или иной съемки).
2. Этапы выполнения наземных топографических съемок:
  - создание съемочного обоснования (плановое – проложение полигонометрических или теодолитных ходов, сети триангуляции, строительная сетка, различные засечки; высотное – определение отметок точек планового обоснования геометрическим или тригонометрическим нивелированием);
  - полевые съемочные работы;
  - камеральные работы (математическая обработка результатов съемки и составление планов).
3. Выбор масштаба, высоты сечения, густота точек при выполнении съемки и другие рекомендации согласно СНБ 1.02.01–96 «Инженерные изыскания для строительства».
4. Геометрическое нивелирование (приборы, способы нивелирования «из середины» и «вперед»: схемы нивелирования и формулы для вычисления превышений и отметок).
5. Нивелирование поверхности по квадратам (приборы, состав полевых работ) и обработка результатов нивелирования.
6. Вертикальная планировка территорий. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок, рисовка фактического рельефа и проектных горизонталей.
7. Нивелирование трассы линейного сооружения и составление продольного профиля.
8. Обработка результатов теодолитной съемки (вычисление угловой невязки, дирекционных углов, приращений координат, невязок по осям координат, абсолютной и относительной невязок теодолитного хода, координат точек теодолитного хода по формулам прямой геодезической задачи).
9. Топографические карты и планы, условные знаки. Нанесение точек теодолитного хода по плоским прямоугольным координатам на план, графическое определение координат точек по топографическому плану.
10. Способы съемочных и разбивочных работ: полярный, прямоугольных координат (перпендикуляров), угловой и линейной засечек, створный, створно-линейный.
11. Абрис съемки и его использование при нанесении контурных точек на план теодолитной съемки.
12. Вычисление элементов разбивки для полярного способа, способов угловой и линейной засечек из решения обратной геодезической задачи.
13. Составление разбивочных чертежей для выноса на местность осей зданий и сооружений.
14. Состав геодезических работ при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Обмерные работы.

## Примерный перечень задач к зачёту (четвертый семестр)

1. Известен дирекционный угол предыдущей линии  $\alpha_{1-2} = 128^\circ 15'$  и правый (или левый) по ходу угол между предыдущей и последующей линиями  $\beta = 63^\circ 37'$ . Определить дирекционный угол последующей линии 2–3.
2. Дирекционный угол предыдущей линии равен  $245^\circ 30'$  и последующей линии –  $60^\circ 28'$ . Определить угол между предыдущей и последующей линиями (пояснить решение рисунком).
3. Определить величину угловой невязки, ее знак и допустимость в замкнутом теодолитном ходе, имеющем 6 вершин, если сумма измеренных внутренних углов  $719^\circ 58'$ . Измерения углов выполнены теодолитом 4Т30П.
4. Определить абсолютную и относительную невязку теодолитного хода, если известны невязки по осям координат  $f_x = 0,13$  м;  $f_y = -0,21$  м. Длина хода 769 м.
5. Вычислить координаты точки 2, если известны координаты точки 1:  $X_1 = 150,10$  м;  $Y_1 = 236,17$  м; горизонтальное проложение линии 1-2 равно 86,53 м, дирекционный угол линии 1-2 равен  $154^\circ 30'$ .
6. Известны координаты точек А и В:  $X_A = 348,40$  м,  $Y_A = 212,65$  м,  $X_B = 512,70$  м,  $Y_B = 109,32$  м. Определить румб и дирекционный угол линии АВ.
7. Известны координаты точек А и В:  $X_A = 348,40$  м,  $Y_A = 212,65$  м,  $X_B = 512,70$  м,  $Y_B = 109,32$  м. Определить длину линии АВ с контролем.

8. При нивелировании «из середины» по линии 1–2 отсчеты по рейкам на заднюю точку  $Z = 1128$  (5913) мм, а на переднюю  $П = 1940$  (6727) мм. Отметка начальной точки  $H_1 = 105,254$  м. Определить отметку точки 2.

9. При нивелировании «вперед» измерена высота инструмента  $i = 1,45$  м, отсчет по рейке, установленной на определяемой точке равен 1056 мм. Определить горизонт инструмента и отметку точки, если нивелир установлен над репером с отметкой 120,870 м.

10. Сумма измеренных превышений по результатам технического нивелирования составила  $\sum h = 2899$  мм. Отметки начальной и конечной точек нивелирного хода таковы: 115,341 м и 118,250 м, а длина хода 0,9 км. Определить высотную невязку хода. В допуске ли она?

11. В треугольнике ABC техническим нивелированием получены два превышения:  $h_{AB} = 0,341$  м,  $h_{BC} = -1,412$  м. Какова должна быть величина превышения  $h_{CA}$ , если невязка в фигуре равна +11 мм. В допуске ли высотная невязка?

12. Определить величину вертикального элемента здания, если углы наклона на верхнюю точку  $V_B = 34^\circ 30'$ , нижнюю  $V_H = 19^\circ 00'$  и горизонтальное расстояние от теодолита до здания 35,80 м.

13. Определить превышение между станцией и пикетной точкой из тахеометрической съемки, если известны высота инструмента 1,52 м; высота наведения 2,00 м; угол наклона  $V_B = +3^\circ 30'$  и дальнометрическое расстояние 65,0 м.

14. Определить отметку пикетной точки при выполнении тахеометрической съемки, если известны отметка станции 140,526 м, высота инструмента  $i = 1,50$  м, высота наведения  $V = 2,20$  м и превышение, вычисленное по измеренному вертикальному углу  $h' = -1,35$  м.

15. Каково наклонное расстояние между двумя точками, если их отметки  $H_1 = 100,25$  м,  $H_2 = 116,88$  м, а уклон по линии 40 ‰?

16. Найти отметку точки 2, если уклон по линии 1–2  $i = -22\text{‰}$ , расстояние между точками 84,4 м, а отметка начальной точки  $H_1 = 128,00$  м.

17. Определить уклон и угол наклона линии АВ по трассе линейного сооружения, если известен пикетаж точек и их отметки: начальной точки ПК3+62 –  $H_A = 212,365$  м; конечной точки ПК5+20 –  $H_B = 209,697$  м.

18. Найти расстояния до точки нулевых работ при вертикальной планировке, если сторона квадрата равна 40 м, а рабочие отметки  $-0,26$  м,  $+0,45$  м.

19. В квадрате ABCD со стороной 40 м имеем рабочие отметки  $+0,60$  м;  $-0,42$  м;  $-0,12$  м;  $+0,35$  м соответственно. Сделать схему и рассчитать линию нулевых работ в данной фигуре.

20. Рабочие отметки на концах линии 1–2 с горизонтальной длиной  $S = 100$  м соответственно равны  $+0,24$  м и  $-0,36$  м. Определить уклон по линии 1–2.

21. Линия длиной 68,5 м измерена нитяным дальномером и имеет угол наклона к горизонту  $\nu = -4^\circ 30'$ . Определить горизонтальное проложение и уклон линии.

22. Линия длиной 34,786 м измерена лазерной рулеткой и имеет угол наклона  $\nu = 2^\circ$ . Определить горизонтальное проложение и уклон линии.

### Литература для подготовки к зачёту

1. Зеленский, А.М. Инженерная геодезия для специальности 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью» / А.М. Зеленский, Л.Ф. Зуева, Г.В. Фолитар – Брест: УО БрГТУ, 2008.

2. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок – Минск: Вышэйшая школа, 2011.

3. Перфилов, В.Ф. Геодезия / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогарева, Н.В. Усова – М.: Высшая школа, 2006.

4. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01–96 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Мн., 1996.

5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1989.

6. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений. – М.: Издательство АСВ, 2002.

## Геодезический этап обмерной практики

Практика проводится летом (в июле) в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса во 2-м семестре, рамках Обмерной практики.

Продолжительность геодезического этапа практики – 2 недели (72 часа).

### План выполнения работ в процессе прохождения практики

Очередность выполнения по дням	Виды работ
1	2
1	Организационное собрание. Ознакомление с программой практики и порядком ее прохождения. Инструктаж по технике безопасности. Комплектование бригад (по 4–5 чел). Получение инструментов и приборов. Выполнение проверок теодолита и нивелира.
2-3	Рекогносцировка местности. Создание планово-высотного съемочного обоснования для топографической съемки: закрепление точек теодолитного хода; измерение горизонтальных углов техническим теодолитом и длин сторон лазерной рулеткой; геометрическое нивелирование по точкам теодолитного хода; камеральная обработка результатов измерений в программе CREDO_DAT.
4-6	Тахеометрическая съемка масштаба 1:1000 с высотой сечения 0,5 метра: полевые работы; камеральная обработка журнала съемки в CREDO_DAT; составление топографического плана и вычерчивание его в условных знаках.
7-9	Дистанционный обмер зданий, обработка данных, определение крена башенного сооружения. Обмер здания по фасаду с помощью лазерной рулетки. Составление обмерочных чертежей.
10	Решение инженерно-геодезических задач на местности: – вынос проектной отметки и основных осей здания по готовому разбивочному чертежу.
11	Оформление отчета по практике. Сдача инструментов.
12	Защита отчета по практике.

Отчет по практике должен содержать:

1. Титульный лист (является первым листом отчета).
2. Реферат должен содержать: ключевые слова, информацию о составе бригады (Ф.И.О), название группы; общие сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, использованных литературных источников, видах полевых и камеральных работ.

3. Содержание (оглавление).

4. Основная часть должна отражать состав проведенных работ согласно программе практики, обобщение и оценку полученных результатов и состоять из текстовой части, иллюстраций, чертежей, рисунков, фотографий.

Основная часть состоит из 5-ти разделов:

1. Проверка геодезических приборов.
2. Создание планово-высотного съёмочного обоснования.
3. Тахеометрическая съёмка.
4. Обмерные работы.
5. Решение инженерно-геодезических задач на местности.

*Графическая документация* оформляется цветом (гелевыми или капиллярными ручками черного, красного, синего, зеленого и коричневого цветов). Полевой журнал ведётся ручкой (использование карандаша запрещается). Абрис съемки оформляется карандашом на плотной бумаге. Топографический план вычерчивается на ватмане формата А-1 или А-2, строго соблюдая условные знаки и нужную цветовую гамму. Рисунки оформляют вручную или с использованием программного комплекса AutoCAD. *Результаты вычислений* из программного комплекса CREDO\_DAT распечатываются в виде таблиц и брошюруются в отчет.

5. Список использованных литературных источников (при составлении перечня источников, использованных при написании отчета, их следует располагать в порядке появления ссылок в тексте отчета или по фамилии авторов в алфавитном порядке).

Объем отчета составляет до 50 страниц формата А-4.

Учебное издание

Составитель:

*Зуева Людмила Фёдоровна*

## **Задания и рекомендации**

для выполнения лабораторных и практических работ  
по разделу **«Инженерно-геодезические изыскания»**  
для студентов специальности 1 – 69 01 01 «Архитектура»

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Романюк И.Н.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Стереотипное издание.

Подписано к печати 23.08.2013. Формат 60x84 1/8. Бумага «Снегурочка».

Усл. п. л. 4,2. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 60 экз. Заказ № 85.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Брестский государственный технический университет»

224017, г. Брест, ул. Московская, 267