

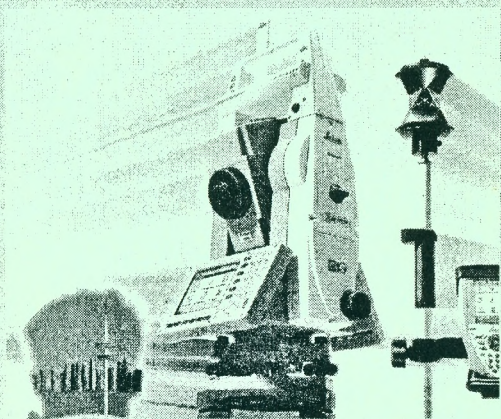
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ**  
**для выполнения лабораторных работ**  
**по дисциплине «Геодезическое обеспечение**  
**строительства»**

для студентов 4 курса специальности  
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство



факультет строительный

группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_

Брест 2012

УДК 528.4(075.8)

Рассмотрены задания и даны краткие рекомендации для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Геодезическое обеспечение строительства», приведены вопросы к зачету и образцы зачетных задач.

Составитель: Л.Ф. Зуева, к.т.н., доцент

Рецензент: Н.В. Синякина, к.т.н., доцент

## Общие указания по ведению тетради

При выполнении полевых измерений, вычислений и графических работ серьезное внимание обращают на аккуратность, чистоту и четкость вычерчивания и записей. Все вычисления оформляют, как правило, шариковой или гелевой ручкой черного или синего цвета, а **чертежи – черным** цветом.

При выполнении лабораторных работ результаты измерений и вычислений заносятся в журналы и ведомости по формам, принятым в специализированных производственных организациях. При записи результатов геодезических измерений в журналах и таблицах необходимо соблюдать следующие правила:

- ведение записей выполняется четко и разборчиво;
- 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 журнала 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 результатов полевых измерений.**

Все результаты измерений и вычислений должны иметь принятую размерность (единицы измерений) и необходимую точность вычислений.

При записях результатов измерений или при вычислениях прибегают к округлению чисел.

**Пользуются следующими правилами округления:**

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

**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**.

В геометрическом нивелировании I и II классов превышения получают в полудециметровых делениях, умножением их на 50 получают превышения в мм.

Лабораторная работа № 1  
**Восстановление навыков работы с техническими теодолитами,  
 измерение горизонтальных и вертикальных углов**

1. Повторить устройство технического теодолита 2Т30 и 2Т30П, сформулировать геометрические условия и выполнить поверки теодолита \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

1.1 Поверка цилиндрического уровня

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения поверки:

1.2. Поверка сетки нитей (по отвесу, по точке)

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения поверки:

1.3. Определение коллимационной погрешности

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения поверки:

№ точек визирования	Положение вертикального круга	Отсчеты по горизонтальному кругу	2С С	Выводы Правильный отсчет (при необходимости)

Допустимое значение коллимационной погрешности \_\_\_\_\_

Исправление (уменьшение коллимационной погрешности) \_\_\_\_\_

1.4. Поверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения инструмента – контроль неравенства подставок (исправляется в мастерской).

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

1.5. Определение места нуля вертикального круга \_\_\_\_\_

Порядок выполнения поверки:

Порядок выполнения проверок обязательно комментируем схемами и рисунками.

2. Измерить теодолитом 2Т30 № \_\_\_\_\_ горизонтальный угол одним полным приёмом с перестановкой лимба между полуприёмами на 2-3° (наводящим винтом лимба или с помощью рукоятки перестановки лимба).

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

Допустимое расхождение значений угла в полуприёмах \_\_\_\_\_

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

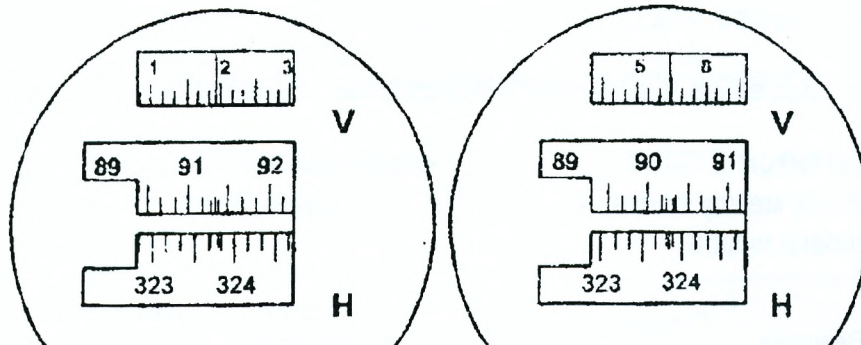
Номер станции	№ точек визиров.	Положение вертикал. круга	Отсчеты по вертикальному кругу о'	МО	Вертикальный угол $\gamma'$ (угол наклона) о'
				о'	о'
		КЛ			
		КП			
		КЛ			
		КП			

Формулы для вычисления места нуля и угла наклона:

## Лабораторная работа № 2

### Измерение горизонтальных углов способом круговых приёмов

#### 1. Изучение отсчетного устройства технического теодолита 4Т15П



Отсчеты: а) вертикальный круг  $91^{\circ}21'57''$ ; б) горизонтальный круг  $323^{\circ}55'30''$

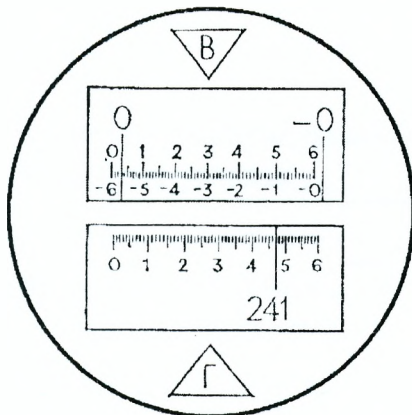
**Задание:** снять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам

ВК \_\_\_\_\_

ГК \_\_\_\_\_

#### 2. Изучение отсчётных устройств точных теодолитов

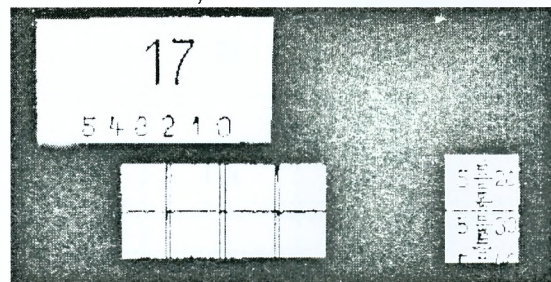
2ТК



**Отсчеты:**

по вертикальному кругу  $0^{\circ}03,0'$   
по горизонтальному  $241^{\circ}46,5'$

2Т2, 3Т2КП



Производится совмещение верхних и нижних штрихов с помощью винта совмещения шкалы (барабана микроскопа).

Отсчитывание выполняют в следующем порядке. Цифра, расположенная под числом градусов, показывает количество десятков минут, а единицы минут и секунды отсчитывают в правом окне (оцифровка слева – минуты, справа – секунды).

**отсчет  $17^{\circ}25'27,0''$**

**Задание:** снять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам точных теодолитов Т5 и Т2 или их модификаций

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ВК \_\_\_\_\_

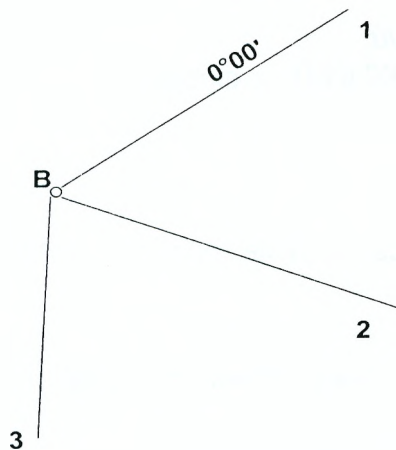
ВК \_\_\_\_\_

ГК \_\_\_\_\_

ГК \_\_\_\_\_

#### 3. Измерение горизонтальных углов способом круговых приёмов

Способ используется в случае, когда в одной точке сходится более двух направлений, т.е. при измерении горизонтальных углов в триангуляции; в системах теодолитных и полигонометрических ходов (в узловых точках); при создании строительной геодезической сетки способом редуцирования.



Измерения выполняют в следующей последовательности.

- Рабочее положение теодолита устанавливают при КП. Работая винтами алидады, отсчёт по горизонтальному кругу устанавливают **близким к 0°** (например, 0°03', но не меньше нуля) и закрепляют алидаду.

- Работая винтами лимба визирную ось наводят на точку, принятую за исходную (например, 1). Закрепляют лимб и проверяют отсчёт. Он должен оставаться близким к нулю, записывают его в таблицу.

- 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.

- Затем при рабочем положении 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 записывают в таблицу снизу вверх.

Контролем правильности измерения является графа 6. Колебания двойной коллимационной погрешности не должны превышать  $2 m_B =$  \_\_\_\_\_

Измерения выполнены теодолитом \_\_\_\_\_

Вершина угла	№ точек визирования	Положение вертикальн. круга	Отсчёты по горизонтальному кругу		2С	Направления
			полученный	средний		
1	2	3	4	5	6	7
<b>Первый приём</b>						
		КЛ				0°00'00"
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
Замыкание горизонта $\Delta_I =$			$\Delta_{III} =$	$\Delta_{CP} =$		

Допуски:	T2	T5	T15
– Расхождение значений угла из двух полуприёмов			
– Замыкание при наведении на начальное направление в начале и конце приёма			
– Колебание значений направлений, приведенных к общему нулю в отдельных приемах	8"	20" (0,3')	60"

### Математическая обработка результатов измерений.

Вычисляют средние значения отсчетов, полученных при КЛ и КП, по формуле

$$N'' = \frac{КЛ + КП - 180}{2},$$

приняв отсчет в градусах для КЛ, и записывают в графу 5.

В средние значения направлений вводят поправку за незамыкание горизонта, которую вычисляют по формуле  $V_{\lambda} = \frac{-\Delta_{CP}}{n} (n - 1)$ .

Например  $\Delta_{CP} = -19''$ , тогда поправки таковы: во второе направление  $+6''$ , в третье  $+12''$ , в первое (при завершении полуприема)  $+19''$ .

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  $0^{\circ}00'00''$ .

Заканчивают обработку вычислением углов при вершине (точке В), записав их на схему.

### Лабораторная работа №3

#### Расчет разбивочных элементов для выноса на местность основных осей здания с помощью программы CREDO\_DAT и составление разбивочного чертежа

1. Известны прямоугольные координаты точек разбивочной сети 1 и 2 и проектные координаты точки а (точки пересечения основных осей здания прямоугольной формы).

Задание: вычислить разбивочные элементы для выноса осей здания на местность полярным способом и построить разбивочный чертеж.

Координаты точек 1 и 2, одной из точек пересечения осей (точки а), габаритные размеры здания и ориентирный угол по стороне здания  $\alpha_{ab}$  задаются преподавателем.

Ведомость координат

Имя пункта	X, м	Y, м
1		
2		
а		
б		
с		
д		

Габаритные размеры:

Длина \_\_\_\_\_

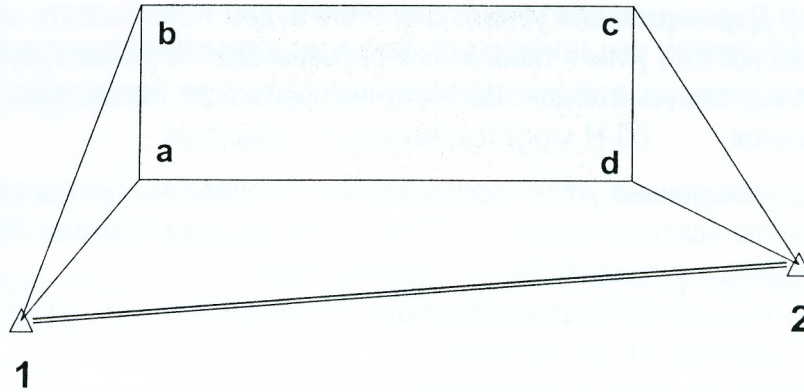
Ширина \_\_\_\_\_

Дирекционный угол

$\alpha_{ab} =$

2. Показать на схеме разбивочные углы  $\beta$  и расстояния  $d$  для выноса на местность разбивочных точек а, б, с, д. Графически от северного направления оси X по ходу часовой стрелки показать дирекционные углы направлений, по которым вычисляются разбивочные углы.





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

4. Определить дирекционный угол и длину исходной стороны 1–2 разбивочной сети, используя инженерный калькулятор (вычисления выполнить в таблице).

Дирекционный угол и расстояние находят из решения обратной геодезической задачи по формулам:

$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1; \quad \Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1; \quad \operatorname{tg} r_{1-2} = \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}}; \quad d_{1-2} = \frac{\Delta X_{1-2}}{\cos r_{1-2}} = \frac{\Delta Y_{1-2}}{\sin r_{1-2}},$$

по знаку  $\pm\Delta X$  и  $\pm\Delta Y$  определить четверть (направление румба) и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$

Исходное направление	$Y_2$	$X_2$	$\operatorname{tg} r_{1-2}$	$\sin \alpha_{1-2}$	$d_{1-2}$
	$Y_1$	$X_1$	$r_{1-2}$	$\cos \alpha_{1-2}$	
	$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1;$	$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1;$	$\alpha_{1-2}$		
1-2					

5. Вычисление координат и разбивочных элементов в программе CREDO\_DAT из решения обратной геодезической задачи:

а) открыть программу, создать проект; сохранить под именем: например, разбивка Ф.И. студента в папку или на рабочий стол;

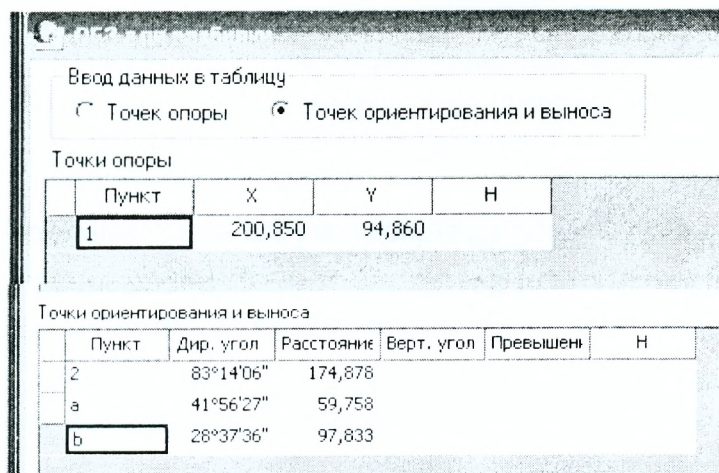
б) вычислить координаты точек пересечения осей здания b, c, d по известным координатам точки a (указываем её координаты, используя вкладку **Пункты ПВО**) и дирекционному углу

(используя вкладку **Дирекционные углы**). Для этого будем использовать вкладку **Теодолитные ходы**, задавая прямые углы и габаритные размеры здания (по контуру) замыкаясь на начальной точке *a*, т.е. замкнутым ходом. Вычисления производят, используя вкладки **Предобработка** и **Уравнивание**;

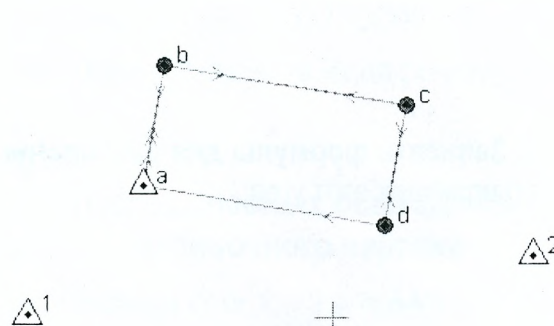
в) вычисление дирекционных углов, горизонтальных разбивочных углов и расстояний.

Укажем координаты исходных точек 1 и 2, используя вкладку **Пункты ПВО**, установив тип ХУ – **Исходный**. Выполним предобработку и уравнивание.

Далее, используя опцию **«ОГЗ для разбивки»**, вычислим значения дирекционных углов, горизонтальных разбивочных углов и расстояний.



В графическом окне



г) результаты вычислений представить в виде ведомости (сохранить в **формате rtf**). Распечатать на принтере две таблицы для выноса всех (четырех) точек пересечения основных осей

#### Пример таблицы элементов выноса точек *a* и *b* от точки разбивочной сети 1

Точка опоры:	1	X:	200,850	Y:	94,860	
Точка ориентирования:	2	X:	221,450	Y:	268,520	
Имя точки	Дир. угол	Гориз. пролож.	Угол от базиса	Верт. угол	Превышение	Имя точки
2	83°14'06"	174,878	0°00'00"			2
a	41°56'27"	59,758	318°42'21"			a
b	28°37'36"	97,833	305°23'30"			b

#### 6. Составить разбивочный чертеж.

Его составляют в крупном масштабе на листе чертежной бумаги формата А-4, на нём изображают базис разбивки (двойной линией), указав его длину и дирекционный угол, подписывают координаты исходных и проектных точек, габаритные размеры, численные значения разбивочных элементов. Разбивочные углы откладываются транспортиром, обязательно стрелкой показывают ориентировку чертежа – северное направление.

Сверху пишут название: Разбивочный чертеж по выносу основных осей здания. Внизу посередине указывают численный и именованный масштабы и справа – Ф.И. составившего чертеж.

Лабораторная работа №4

Восстановление навыков работы с точными нивелирами.

Измерение превышений по методике геометрического нивелирования II класса  
высокоточным нивелиром Н-05

1. Повторить устройство нивелира Н-3, сформулировать геометрические условия и порядок выполнения проверок нивелира

*Порядок выполнения проверок обязательно комментируем схемами и рисунками.*

1.1 Поверка круглого уровня

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения проверки: \_\_\_\_\_

1.2. Поверка сетки нитей (по рейке)

Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения проверки: \_\_\_\_\_

1.3. Главное условие нивелира

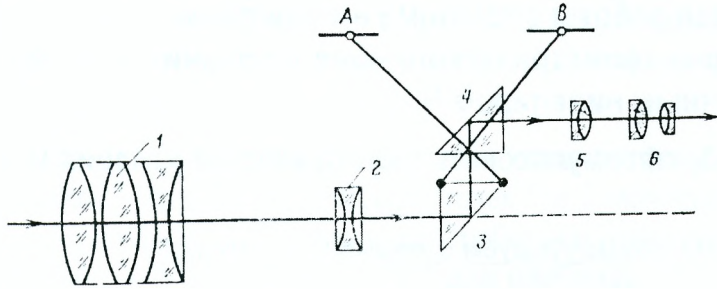
Геометрическое условие: \_\_\_\_\_

Порядок выполнения проверки:

1 способ

2 способ

## 2. Знакомство с устройством нивелиров с компенсаторами

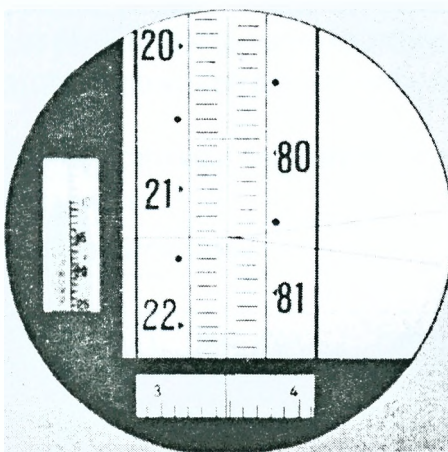


1 – объектив; 2 – фокусирующая линза; 3,4 – призмный компенсатор маятникового типа; 5 – сетка нитей; 6 – окуляр.



## 3. Научиться брать отсчеты по инварной рейке высокоточным нивелиром Н-05.

Инварная штриховая рейка имеет деревянный корпус в средней части которого вырезан паз, в который вставляется инварная лента (полоса) со штрихами. Нижний конец ленты неподвижно скреплен со стальным наконечником корпуса рейки (пяткой), верхний – со стальным рычагом через пружину, которая натягивается с усилием в 20 кг. На инварной ленте нанесены две шкалы: основная и дополнительная. Толщина штрихов 1 мм, расстояния между осями штрихов – 5 мм. Каждый десятичный штрих оцифрован на деревянной части рейки: по основной шкале – от 0 до 60, по дополнительной – от 60 до 119. Деления, кратные 10 (полудециметровые), маркируются треугольниками, а кратные 5 – точками.



Отсчет по рейке производится следующим способом:

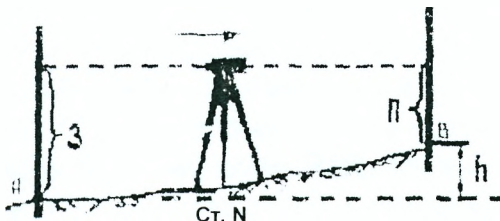
1. Работая элевационным винтом, наклоняют трубу нивелира вместе с уровнем до совмещения концов пузырька уровня.

2. Работая барабаном микрометра, наклоняют плоскопараллельную пластинку до совмещения биссектора сетки с каким-либо штрихом рейки и берут отсчет по рейке и шкале микроскопа

Например, отсчет по дополнительной шкале рейки 80,6 (см. рисунок), а по шкале (внизу на рисунке) – 35 (348).

**Полный отсчет** по дополнительной шкале инварной рейки составил **80,635** полудециметров, что соответствует  $80,635 \cdot 50 \text{ мм} = 4031,75 \text{ мм}$ .

4. Определить превышение способом нивелирования «из середины». Записать формулы для определения превышения  $h$  и отметки  $H_B$ .



уровенная поверхность

**Задание:** определить превышение между двумя инварными рейками №1 и №2 по программе нивелирования II класса.

**Порядок работы на станции при высокоточном нивелировании:**

1. Инварные рейки устанавливают на костыли или башмаки и приводят в вертикальное положение по круглому уровню (в табл. в круглых скобках пронумерован порядок действий при нивелировании).

2. Расстояние между рейками делят пополам с точностью  $\pm 0,5$  м. И в полученной точке устанавливают нивелир. Расстояние до реек не должно превышать 75 м. Нивелир устанавливают в рабочее положение по круглому уровню, а далее перед каждым отсчетом по рейке совмещают концы пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом.

3. Наводят визирную ось на основную шкалу задней рейки. Отсчет по шкале микрометра устанавливают равным 50 вращениям барабана микрометра, в этом случае плоскопараллельная пластинка занимает вертикальное положение, т.е. смещения визирного луча не произойдет. Берут отсчеты по дальномерным нитям и записывают их в графу 2 таблицы. В нашем примере: (1) 1910, (2) 2050.

4. Вращением барабана микрометра бисектор сетки совмещают с ближайшим штрихом основной шкалы рейки и берут отсчет по рейке и по шкале микрометра (графа 5 и 6 таблицы). В примере: 19,8 (3) и 58 (4).

5. Наводят визирную ось на переднюю рейку, отсчет по микрометру устанавливают 50 и берут отсчеты по дальномерным нитям, записывают в графу 3 [2840(5) и 2980 (6)].

6. Вращением барабана микрометра бисектор сетки совмещают с ближайшим штрихом основной шкалы передней рейки и берут отсчет по рейке и по шкале микрометра и записывают их в графу 5 и 6 [29,1 (7) и 58 (8)].

7. По дополнительной шкале передней рейки берут отсчет только по бисектору. Отсчеты по рейке и шкале микрометра записывают в графы 7 и 8 [88,4 (9) и 08 (10)].

8. Визирную ось наводят на заднюю рейку на дополнительную шкалу и берут отсчет только по бисектору по рейке и шкале микрометра, записывая в графу 7 и 8 [79,0 (11) и 102 (12)].

Отсчеты по дополнительным шкалам используют для обеспечения контроля измерения превышения.

**Последовательность снятия отсчетов:**  $З_0, П_0, П_d, З_d$ .

Номера штативов, номер реек	Отсчёты по дальномерным нитям ( $1/2d_m$ )			Отсчёты по бисектору нитей ( $1/2d_m$ )				Контроль
				Основная шкала		Дополнительная шкала		
				рейка	шкала	рейка	шкала	
3 / U'	П / d	4	5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1910 (1)	2845 (5)	3	19,8 (3)	58 (4)	79,0 (11)	102 (12)	59,244 (19)
1-2	2050 (2)	2980 (6)	П	29,1 (7)	58 (8)	88,4 (9)	08 (10)	59,250 (20)
	140 (23)	145 (24)	3-П	-9,3 (13)	00 (14)	-9,4 (16)	+94 (17)	
	-9,30 (25)	5 (26)	h	-9,300(15) -465,0 мм		-9,306(18) -465,3 мм		+6 (21) +6 (22)
1			3					
1-2			П					
			3-П					
			h					

### Обработка журнала нивелирования:

1. В графах 5, 6 и 7, 8 из верхних отсчетов (задних) вычитают нижние (передние) и получают превышения в 1/2 дм по основной и дополнительной шкалам, т.е.  $-9,3$  (13) в графе 5 и  $00$  (14) в графе 6. Объединив графы, получают превышения в полудециметрах по основной шкале  $-9,300$  (15).

2. Подобные действия выполняют по дополнительной шкале и получают соответственно  $-9,4$  (16) и  $+94$  (17). Превышение по дополнительной шкале будет  $-9,306$  (18). Переводим превышения в миллиметры умножением на 50 и записываем под значениями превышений в делениях.

*Допустимое расхождение превышений по основной и дополнительной шкалам для геометрического нивелирования II класса не должно превышать **0,7 мм**.*

3. В графе 9 осуществляют контроль измерений и вычислений. Для этого из объединенных граф 7 и 8 вычитают значения граф 5 и 6. Этим контролируется постоянство разности пятков основной и дополнительной шкалы, т.е.  $79,102 - 19,858 = 59,244$  (19) и  $88,408 - 29,158 = 59,250$  (20). Далее из (20) вычитаем (19), получаем  $59,250 - 99,244 = +6$  (21) и из (15) вычитаем (18), получаем  $-9,300 + 9,306 = +6$  (22). Равенство разниц (20) – (19) и (15) – (18) говорят о том, что вычисления правильны, а их абсолютные величины меньше **15 делений** говорят о качественных измерениях.

4. Заканчивают вычисления в графах 2 и 3. Здесь сначала вычитают от нижних отсчетов верхние и получают расстояния в полуметрах до задней рейки и передней, т.е. в графе 2  $140$  (23) и в графе 3 тоже  $140$  (24) и, наконец, вычитают от отсчетов по дальномерным нитям задней рейки отсчеты передней, получают грубый контроль нивелирования  $-9,30$  (25). Разница между величинами (23) и (24) показывает разность расстояния до задней и передней реек  $0/0$  (26).

### Лабораторная работа №5

#### Измерение превышений на местности и вынос проектных отметок

1. **Определить превышение способом геометрического нивелирования «из середины» по методике IV класса.** Результаты измерений записать в журнал.

Комплект приборов: точный нивелир, штатив, две шашечные рейки. Задание выполняется бригадами по 3-4 человека.

Журнал геометрического нивелирования IV класса, нивелир

№ \_\_\_\_\_

Номер станции	Номер точки	Дальномер. расстояние, м	Отсчеты по рейке, мм		Превышения, мм		Отметка точки $H$ , м
			задний	передний	вычисленное $h$	среднее $h_{cp}$	
1	2	3	4	5	6	7	9
1	A	..... ..... d =	..... ..... PO .....			.....	H <sub>A</sub> известна _____
	B	..... ..... d =		..... ..... PO .....		.....	

Допуски:

## 2. Выносение в натуру проектной отметки с помощью точного нивелира

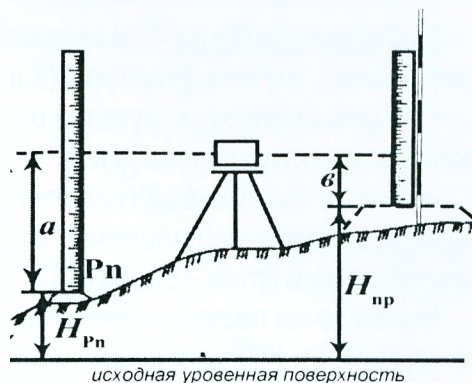
Все отметки, указанные в проекте сооружения, даются от уровня «чистого пола» первого этажа. Поэтому предварительно их необходимо перевести в систему, в которой даны высоты исходных рабочих реперов.

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

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

$$H_{ГП} = H_{рп} + a.$$

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



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 проводя черту на строительной конструкции.

Для контроля аналогичным образом повторить вынос проектной отметки 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
ГИ <sub>1</sub> =				ГИ <sub>2</sub> =			

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

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

## Лабораторная работа №6

### Разбивка основных осей здания на местности

**Задание:** вынести на местность точки пересечения основных осей (углы здания прямоугольной формы) по готовому разбивочному чертежу полярным способом и проконтролировать разбивку, измерив рулеткой габариты и длину диагоналей вынесенного здания.

Способ полярных координат широко применяют при разбивке осей зданий, сооружений и конструкций с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов.

В этом способе положение проектной точки находят на местности путем откладывания от исходного направления (стороны разбивочной сети) проектного угла  $\beta$  и расстояния  $d$ .

На местности разбивка основных осей выполняется бригадами по 3-4 человека.

*Разбивочный чертеж выдается преподавателем.*

Комплект приборов: технический теодолит, штатив, нитяной отвес, вехи, стальная 30-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) выполняют при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП) полярным способом. Построение проектных углов выполняют способом «от нуля». Рассмотрим на примере выноса на местности точки 1, в соответствии с разбивочным чертежом (вариант 1). Ориентируют нуль лимба горизонтального круга по стороне АВ, установив в точке В веху. Открепляют закрепительный винт алидады и поворачивают алидаду до тех пор, пока отсчет по шкаловому 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.

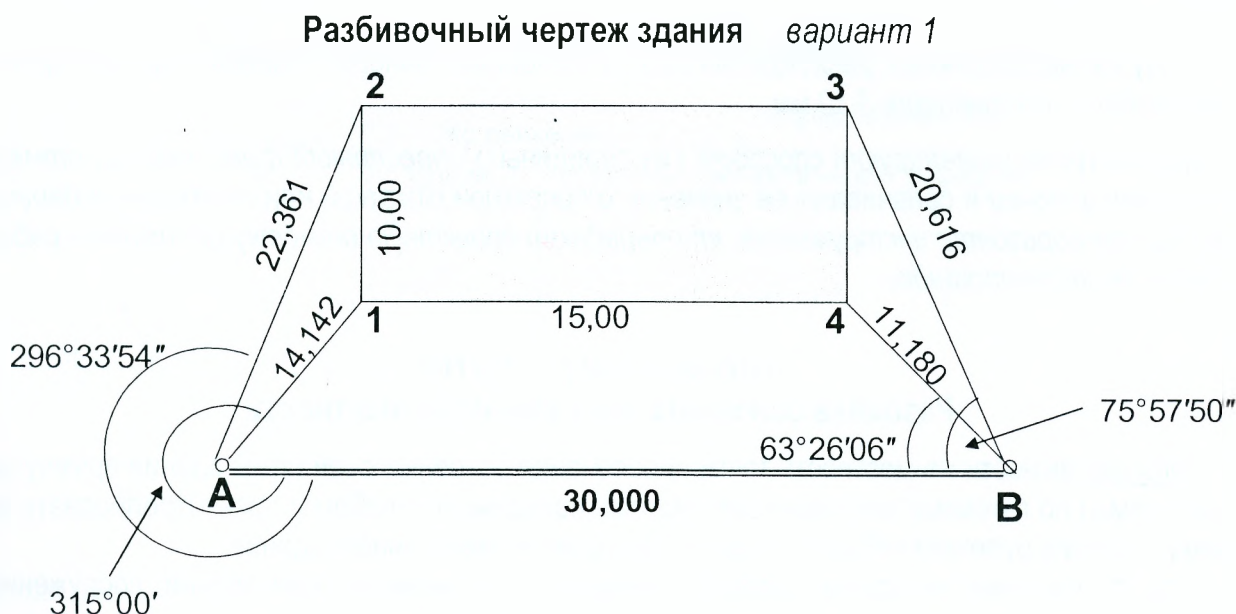
Точки 3 и 4 разбивают аналогично, установив теодолит в точке В.

Согласно ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве», регламентируется для отдельного здания 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.

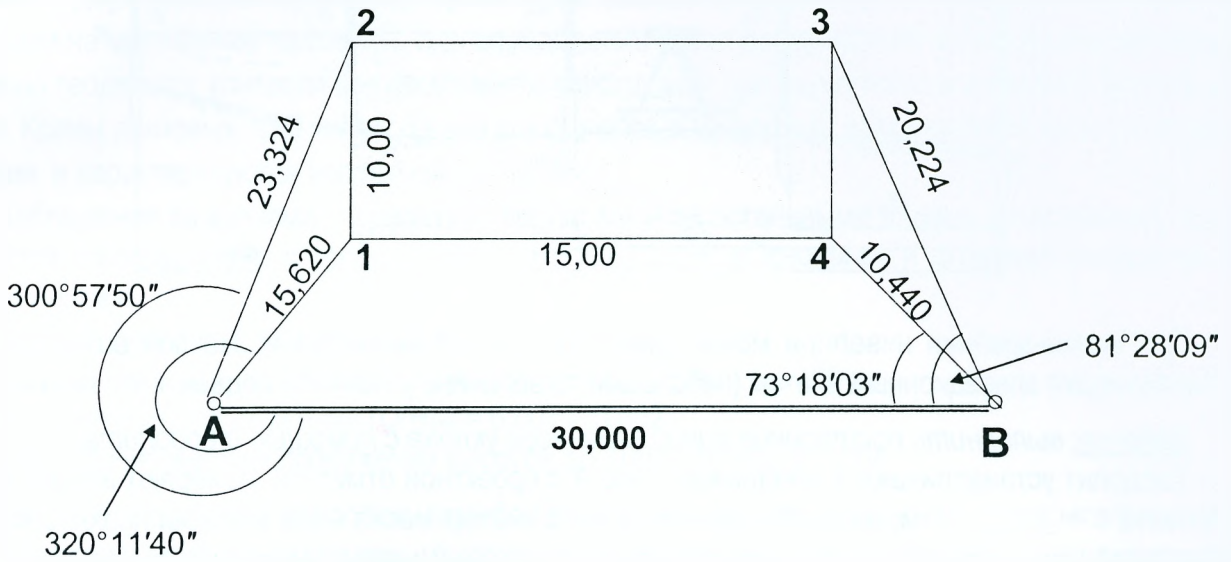
Разбивку считают законченной, если отклонение от проектных размеров составляет в относительной мере  $1/2000 - 1/5000$  (в зависимости от класса точности зданий).

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

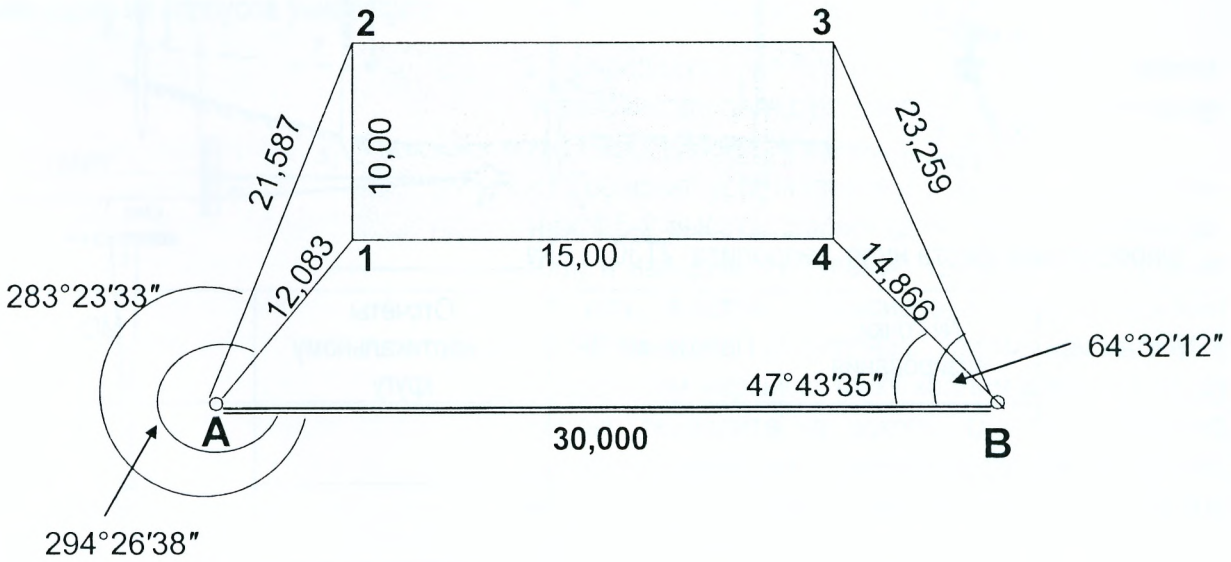




Разбивочный чертеж здания (2 вариант)



Разбивочный чертеж здания (3 вариант)

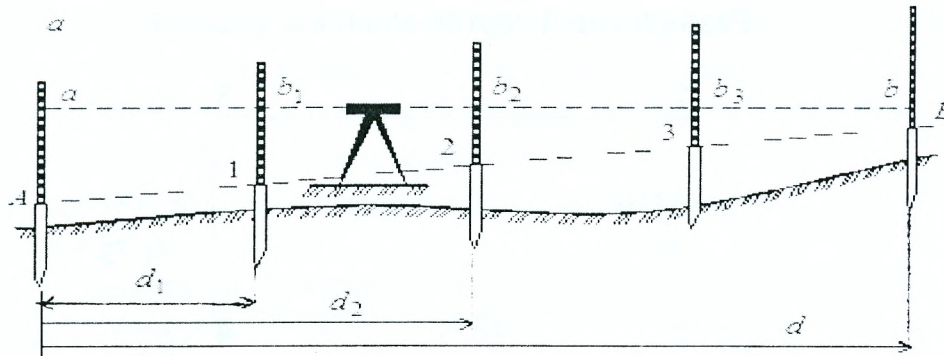


Лабораторная работа № 7

**Вынос на местность проектного уклона, определение отклонений от вертикали конструкций, ребер зданий способом наклонного визирования**

1. 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.

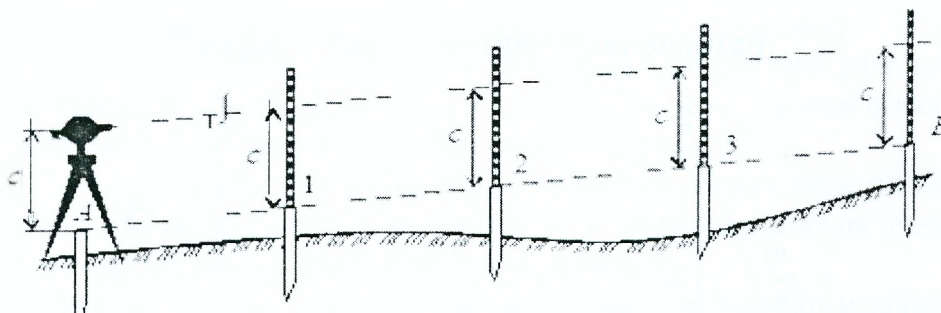
При работе горизонтальным визирным лучом нивелира необходимо вычислять отсчеты, по рейкам, используя уклон и расстояния по формуле  $b_i = a \pm i \cdot d$  (знак «-», если уклон положительный, знак «+», если уклон отрицательный), что несколько замедляет процесс построения линии заданного уклона.



При использовании нивелира 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 2Т30 №                     

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

Заданный преподавателем проектный уклон  $i = \underline{\hspace{1cm}} \text{‰} = \underline{\hspace{1cm}}$  (в тысячных долях).

Вычислим угол наклона  $v = \arctg i = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}'$

Угол наклона вычисляется по формуле  $v = КЛ - МО$ . Значит, отсчет по вертикальному кругу при КЛ составит  $КЛ = v + МО = \underline{\hspace{2cm}}$

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

Далее устанавливают вехи в створе линии АВ (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 ноль пятки рейки.

**2. Определение крена по ребру здания способом наклонного визирования** (проектирования) с двух взаимно перпендикулярных осей. Способ применяют для передачи осей в котлован или на монтажные горизонты, для определения крена ребер зданий коллимационной плоскостью теодолита, контроля вертикальности конструкций при их монтаже и в период эксплуатации. Крены дымовых труб, матч, башен измеряются с точностью, зависящей от высоты сооружения, и характеризуются величиной –  $0,0005 H$ .

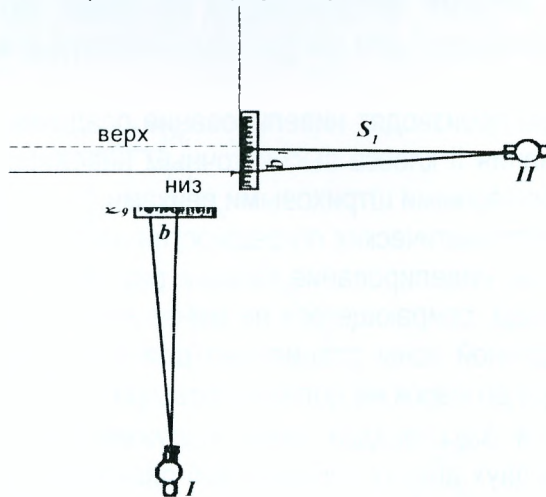
Наблюдения за кренами сооружений, так же как и за остальными видами деформаций, проводятся в соответствии с требованиями СНБ 5.01.01-99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений».

Предельные относительные крены:

- для промышленных дымовых труб  $(Q/H)_{пр} = 0,005$  при  $H \leq 100$  м;
- для антенных сооружений  $(Q/H)_{пр} = 0,001 - 0,002$ ;
- для прочих жестких сооружений высотой до 100 м:  $(Q/H)_{пр} = 0,004$ .

Известно множество **способов определения крена**: способ координат; горизонтальных углов (направлений); малых углов; наклонного визирования (проектирования); с применением дифференциальных формул (способ И.С.Рабцевича); высокоточного нивелирования осадочных марок; зенитных расстояний и комбинированный (способы А.М.Зеленского).

Задание: применить способ наклонного визирования при контроле вертикальности ребер здания (один из корпусов университета), т.е. определить крен по ребру здания.



**Рисунок 1 – Способ наклонного визирования**

Определить крен по ребру (углу здания) можно, установив теодолит по направлениям перпендикулярным к плоскости стены с двух точек I и II.

Теодолит устанавливаем в точке I на расстоянии 1,5-2 высоты здания (для удобства наблюдений) и наводим зрительную трубу на верх здания (по углу), а затем, зафиксировав алидаду горизонтального круга, открепляем зрительную трубу и проецируем верхнюю точку коллимационной плоскостью теодолита на цоколь, где горизонтально держим линейку и по линейке получаем линейную величину крена. Затем аналогично выполняем измерения с точки II.

Измеренные значения частных кренов:

$b =$   $b_1 =$

Абсолютный крен вычисляют по теореме Пифагора  $Q =$

Зная высоту здания  $H =$  \_\_\_\_\_, вычисляют относительный крен  $Q/H =$

и сравнивают его с допустимым значением 0,005.

Сделать вывод \_\_\_\_\_

Данный способ не позволяет определить направление крена.

Наиболее универсальным и строгим из них является *способ координат*.

Вокруг сооружения на расстоянии, равном 2–3 высоты сооружения, прокладывают замкнутый полигонометрический ход (пункты закрепляют постоянными знаками) или используют пункты опорной сети, созданной в период строительства.

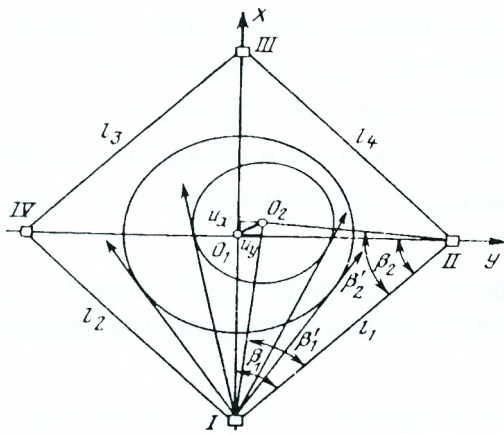


Рисунок 2 – Способ координат

Наблюдения выполняют с трех или четырех пунктов геодезического обоснования. С этих пунктов прямой угловой засечкой определяют координаты хорошо заметной точки на вершине сооружения или центра сооружения в верхнем сечении (или наблюдают на левый и правый края образующих, а среднее значение из отсчетов по горизонтальному кругу принимают за направление на центр трубы). В обработку берут горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \dots$  – на центр основания и  $\beta_1', \beta_2', \dots$  – на центр сооружения в верхнем сечении или только на центр сооружения на верхнем сечении.

По разности координат между текущим и начальным циклами или разности координат центров сооружения вверху и внизу находят составляющие крена:

$$Q_x = X_{O_1} - X_{O_2}; \quad Q_y = Y_{O_1} - Y_{O_2}; \quad Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}; \quad \operatorname{tg} \alpha_Q = \frac{Q_y}{Q_x},$$

где  $Q_x, Q_y, Q$  – соответственно значения частных кренов по осям  $X, Y$  и значение общего крена в линейной мере;  $\alpha_Q$  – дирекционный угол, характеризующий направление крена.

**Способ высокоточного нивелирования** основан на высокоточном геометрическом или гидростатическом нивелировании осадочных марок, которые закладываются на концах двух взаимно перпендикулярных диаметров выбранного цокольного или контрольного сечения примерно на одном горизонте.

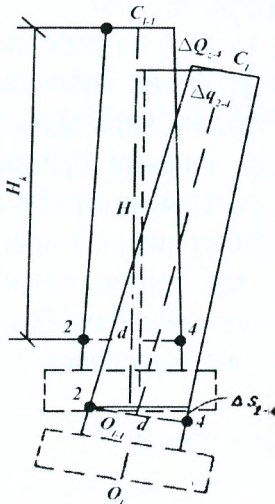


Рисунок 3 – Способ высокоточного нивелирования

В каждом цикле наблюдений производят нивелирование осадочных марок по методике нивелирования II класса высокоточным нивелиром (Н-05, Н-1, Н-2) в комплекте с инварными штриховыми рейками.

Для уменьшения влияния систематических погрешностей на результаты измерений, геометрическое нивелирование каждый раз выполняют по одной и той же схеме хода, опирающегося не менее чем на три репера, заложенных вне осадочной зоны специально для измерения осадок. Расстояния от нивелира до марок не должны превышать 30 м.

По разностям осадок  $\Delta s_{1-3}$  и  $\Delta s_{2-4}$  (осадка точки сооружения – это разность отметок этой точки в двух циклах наблюдений) диаметрально противоположных марок 1 и 3, 2 и 4 между циклами наблюдений находят приращения частных кренов в створах каждого диаметра:

$$\Delta q_{1-3} = \frac{H_k}{d} \cdot \Delta s_{1-3}; \quad \Delta q_{2-4} = \frac{H_k}{d} \cdot \Delta s_{2-4},$$

где  $H_k$  – высота сооружения над контрольным сечением, определяемая тригонометрическим нивелированием;  $d$  – диаметр этого сечения.

Приращения полных поперечных кренов вычисляют по формулам:

$$\Delta Q_{1-3} = \frac{H}{d} \cdot \Delta s_{1-3}; \quad \Delta Q_{2-4} = \frac{H}{d} \cdot \Delta s_{2-4},$$

где  $H$  – высота сооружения от подошвы фундамента.

Приращение полного крена сооружения можно получить по формуле

$$\Delta Q = \sqrt{\Delta Q_{1-3}^2 + \Delta Q_{2-4}^2}.$$

Направление крена определяется путем ориентирования одного из указанных диаметров при закладке осадочных марок по направлению «пункт опорной сети – центр контрольного сечения», а при отсутствии опорной сети – по магнитному меридиану.

**Способ зенитных расстояний** предложен А.М. Зеленским и основан на измерении малых зенитных расстояний с постановкой инструмента у его основания.

Крен сооружения определяют путем измерения малых зенитных расстояний  $z_1$  и  $z_2$  с двух диаметрально противоположных станций при постоянном расстоянии от инструмента до сооружения.

Линейные составляющие крена  $Q_1$  и  $Q_2$ , определенные соответственно со станций  $J_1$  и  $J_2$ , получим по формулам:

$$Q_1 = (H - i_1) \operatorname{tg} z_1 + r - R - (c_1 - d \cdot \cos z_1);$$

$$Q_2 = -(H - i_2) \operatorname{tg} z_2 - r + R + (c_2 - d \cdot \cos z_2),$$

где  $r$  – радиус верхней части сооружения;  $R$  – радиус сооружения на высоте инструмента;  $d$  – расстояние от объектива зрительной трубы теодолита до оси ее вращения;  $i_1$  и  $i_2$  – высота инструмента соответственно на станциях  $J_1$  и  $J_2$ .

Угловая величина крена для малых зенитных расстояний (порядка  $20^\circ$ ) вычисляется по формуле:

$$g'' = \frac{z_1'' - z_2''}{2} - \frac{i_1 - i_2}{2 \cdot (H - i_1)} \cdot z_2'' + \frac{c_1 - c_2}{2 \cdot (H - i_1)} \cdot \rho''.$$

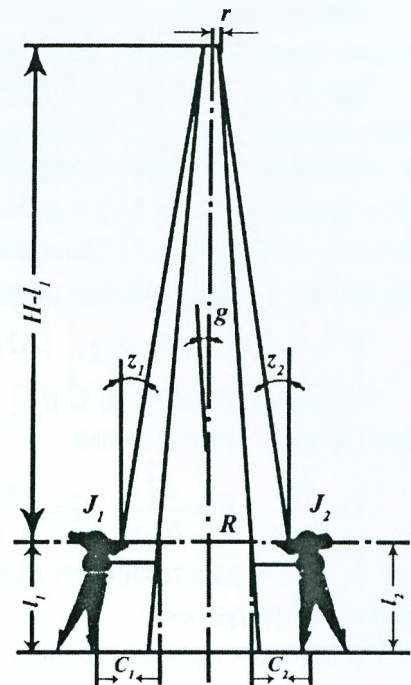


Рисунок 4 – Способ зенитных расстояний

Для определения крена предлагаемым способом нужна насадка на окуляр теодолита в виде преломляющей прямоугольной призмы, а также трегер с опорным штырем для установки инструмента на постоянном расстоянии с от сооружения.

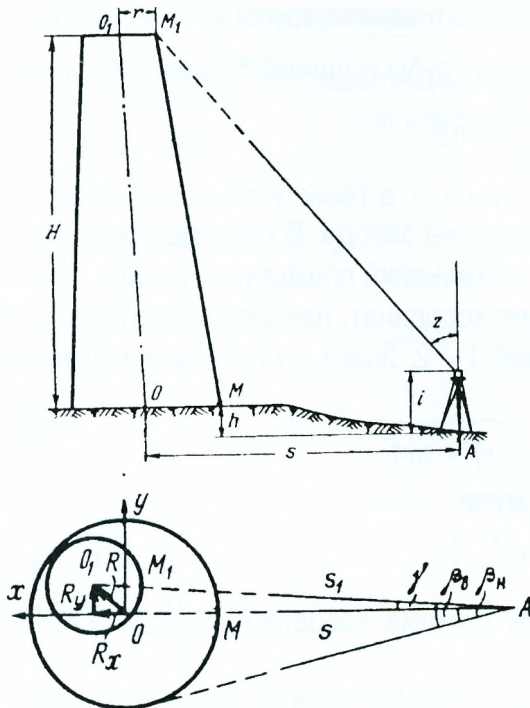


Рисунок 5 – Комбинированный способ

**Комбинированный способ** (А.М. Зеленского) основан на измерении на пункте А горизонтального угла  $\gamma$  отклонения центра верхнего сечения  $O_1$  от центра нижнего сечения  $O$  сооружения и вертикального угла  $z$  на марку  $M_1$ , расположенную в верхней части сооружения.

Составляющие крена  $R_x$  и  $R_y$  находим:

$$R_x = s_1 \cdot \cos \gamma - s; \quad R_y = s_1 \cdot \sin \gamma,$$

где  $\gamma = \beta_v - \beta_n$  – горизонтальный угол отклонения верхнего центра от нижнего;  $s$  и  $s_1$  – горизонтальные проложения сторон  $AO$  и  $AO_1$ .

Горизонтальное проложение до центра верхнего сечения вычисляется по формуле

$$s_1 = r + (H + h - i) \cdot \operatorname{tg} z,$$

где  $r$  – радиус верхнего сечения;  $H$  – высота сооружения;  $h$  – превышение между точками  $M$  и  $A$ ;  $i$  – высота инструмента;  $z$  – зенитное расстояние.

Линейная величина крена  $R$  и направление крена  $\alpha_R$  определяются по формулам:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}; \quad \alpha_R = \operatorname{arctg} \frac{R_y}{R_x}.$$

Достоинствами способа являются: определение крена сооружения башенного типа с одного пункта; незначительный объем полевых работ; высокая точность определения изменения крена во времени; кратковременность наблюдений, что уменьшает влияние внешних факторов на точность определения крена. Недостатком способа является то, что необходима высокая точность определения высоты сооружения.

**Способ И.С. Рабцевича** основан на применении дифференциальных формул для определения горизонтальных смещений и кренов прямой угловой засечкой.

При этом нет необходимости каждый раз вычислять координаты или составляющие смещения точки в направлениях, перпендикулярных к наблюдаемым. Эти смещения  $\Delta X_T$  и  $\Delta Y_T$  вычислим по дифференциальным формулам в зависимости от изменений  $\Delta \gamma$  примычных углов  $\gamma$  между циклами наблюдений:

$$\Delta X_T = A \cdot \Delta \gamma_1 + B \cdot \Delta \gamma_2; \quad \Delta Y_T = -C \cdot \Delta \gamma_1 + D \cdot \Delta \gamma_2.$$

Коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  зависят от геометрической формы треугольника:

$$A = \frac{b_1^2}{b \cdot \rho}; \quad B = \frac{b_2^2}{b \cdot \rho}; \quad C = \frac{b_1^2}{b \cdot \rho} \operatorname{ctg} \gamma_2; \quad D = \frac{b_2^2}{b \cdot \rho} \operatorname{ctg} \gamma_1;$$

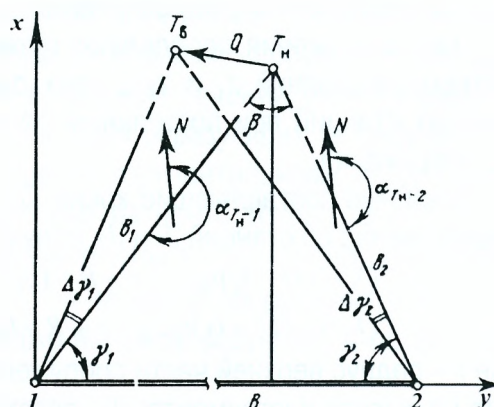


Рисунок 6 – Способ И.С. Рабцевича

где  $b_1$  и  $b_2$  – расстояния от станций 1 и 2 до наблюдаемой точки;  $b$  – расстояние между станциями наблюдений.

На крупных промышленных объектах не всегда можно выбрать станции наблюдений за кренами труб так, чтобы между ними была взаимная видимость. Для нахождения абсолютного значения крена и его направления достаточно измерить расстояния  $b_1$  и  $b_2$  до центра нижнего сечения трубы, определить дирекционные направления  $\alpha_{ТН1}$  и  $\alpha_{ТН2}$  в местной системе координат и углы  $\Delta \gamma_1$  и  $\Delta \gamma_2$  между центрами верхнего  $T_B$  и нижнего  $T_H$  сечений трубы соответственно со станций 1 и 2. Расстояния между станциями наблюдений можно измерить (хотя в условиях плотной застройки это невозможно) или вычислить по теореме косинусов:

$$b = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - 2b_1b_2 \cos \beta}, \text{ причем угол } \beta \text{ засечки центра нижнего сечения трубы } \beta = \alpha_{T_{H-1}} - \alpha_{T_{H-2}}.$$

Углы  $\gamma$  между направлением на центр нижнего сечения трубы и линией базиса  $b$  вычисляют один раз (в первом цикле) по формуле  $\gamma_{1(2)} = \arcsin \frac{b_{2(1)}}{b} \sin \beta$ .

Расстояния  $b_1$  и  $b_2$ , дирекционные направления  $\alpha_{ТН1}$  и  $\alpha_{ТН2}$ , а также углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  могут быть взяты с необходимой точностью непосредственно с генплана завода. В способе предусматривается измерение не углов  $\gamma$ , а углов  $\Delta \gamma$  (малых углов – изменений примычных углов).

Приращения  $\Delta X_T$  и  $\Delta Y_T$  вычисляют в частной системе координат, начало которой совпадает со станцией наблюдений 1, а ось  $y$  совмещена с линией 1 – 2. Знаки  $\Delta \gamma$  положительные, если эти изменения увеличивают углы  $\gamma$ , и наоборот.

Полный крен  $Q$  трубы вычисляют по формуле  $Q = \sqrt{\Delta X_T^2 + \Delta Y_T^2}$ .

а направление  $M$  в местной системе координат по формуле

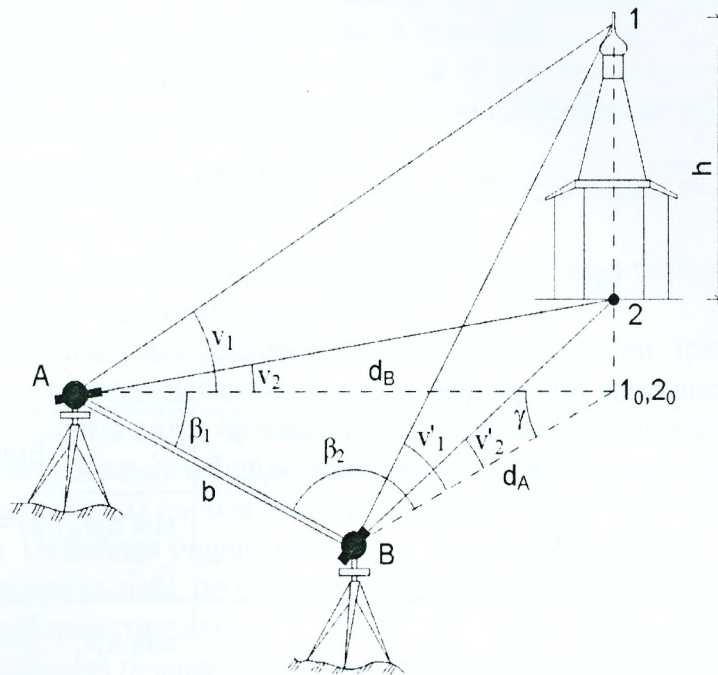
$$M = \alpha_Q^Y - (\alpha_{H-1}^Y - \alpha_{H-1}^M),$$

где  $\alpha_Q^Y = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y_T}{\Delta X_T}$  – направление крена в частной системе координат,  $\alpha_{H-1}^Y = 270^\circ - \gamma_1$ ;

$\alpha_{H-1}^M$  – дирекционные углы станции наблюдения 1 в частной и местной системах координат.

Получение приращения координат центра верхнего сечения трубы относительно центра нижнего сечения дает возможность без вычисления самих координат определять как величину, так и направление крена трубы. Причём расстояния  $b_1$  и  $b_2$  в зависимости от величины измеряемых углов  $\Delta \gamma_1$  и  $\Delta \gamma_2$  можно определять с погрешностью до нескольких метров. Следовательно, станции наблюдений достаточно только обозначить на местности и привязать к заводской ситуации, что значительно уменьшает затраты на организацию наблюдений, не снижая требуемой точности.

Лабораторная работа № 8  
Обработка результатов дистанционного обмера зданий



1. Определение горизонтальных расстояний путем обработки результатов измерений прямой угловой засечки и вертикальных размеров фасада здания

Таблица 1 – Расчет вертикального размера

Станция	Номер точки визирования	Горизонтальные углы, $\sin$ углов	Горизонтальные расстояния, м	Вертикальные углы	Тангенсы углов наклона, вертикальные расстояния, м
А КП	1	$\beta_1 =$	$b =$	$\nu_1 =$	$tg \nu_1 =$
	2			$\nu_2 =$	$tg \nu_2 =$
	В				
А КП	1	$\sin \beta_1 =$	$d_A =$		$h_{1-2} =$
	2				
	В				
В КП	1	$\beta_2 =$	$d_B =$	$\nu_1 =$	$tg \nu_1 =$
	2			$\nu_2 =$	$tg \nu_2 =$
	А				
В КП	1	$\sin \beta_2 =$	$\gamma =$ $\sin \gamma =$		$h_{1-2} =$
	2				
	А				

Неприступные расстояния определяют по теореме синусов

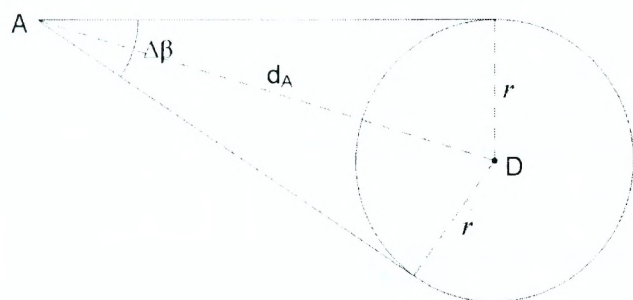
$$d_A = AB \cdot \sin \beta_1 / \sin \gamma;$$

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

Вертикальное расстояние  $h$  определяют по формуле

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

## 2. Определение радиусов отдельных частей здания.



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

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

Таблица 2 – Расчет радиусов тел вращения

Станция	Номер точки визирования	Разность горизонтальных углов на образующие $\Delta\beta$	Вычисления
А	1	$\Delta\beta_B =$	$\sin(\Delta\beta_B / 2) =$ $r_B =$
	2	$\Delta\beta_2 =$	$\sin(\Delta\beta_2 / 2) =$
		$d_A =$	$r_2 =$
В	1	$\Delta\beta_B =$	$\sin(\Delta\beta_B / 2) =$ $r_B =$
	2	$\Delta\beta_2 =$	$\sin(\Delta\beta_2 / 2) =$
		$d_B =$	$r_2 =$

3. Определение крена и его направления по координатам центра в нижнем и верхнем сечениях, используя формулы обратной геодезической задачи.

Таблица 3 – Вычисление крена

Центр инженерного сооружения	Координаты, м		Крены по осям координат, м	Абсолютный крен и его направление
	X	Y		
вверху				
внизу				

Формулы:

Относительный крен \_\_\_\_\_ (сравнить его с допустимым значением).



## Вопросы для подготовки к зачету

1. Инженерная геодезия, ее цели и задачи. Этапы геодезических работ в строительстве. Состав геодезических работ при выполнении инженерных изысканий. Нормативные документы.
2. Системы координат и высот, применяемые в геодезии.
3. Ориентирование. Азимут истинный и магнитный, дирекционный угол, румбы.
4. Теодолиты (классификация, устройство, поверки). Способы измерения горизонтальных и вертикальных углов.
5. Нивелиры (классификация, устройство, поверки). Способ геометрического нивелирования «из середины» и «вперёд».
6. Линейные измерения (мерные приборы, нитяной дальномер оптических приборов, светодальномер, лазерная рулетка, электронный тахеометр).
7. Методы создания плановых разбивочных геодезических сетей: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, строительная сетка, теодолитный ход.
8. Высотные (нивелирные сети). Методы геометрического, тригонометрического, гидронивелирования, микронивелирования и барометрического нивелирования.
9. Методы топографических съемок. Выбор масштаба и высоты сечения. Составление топографических планов. Цифровая модель местности.
10. Тахеометрическая съемка, ее сущность и преимущества при составлении топографических планов для целей проектирования.
11. Состав и организация геодезических работ при проектировании и строительстве инженерных сооружений. Составление проекта геодезических работ (ППГР). Нормативные документы.
12. Генеральный план. Виды генеральных планов и их назначение.
13. Прямая и обратная геодезические задачи.
14. Подготовка геодезических данных (расчет разбивочных элементов) для выноса проекта в натуру. Составление разбивочных чертежей.
15. Вертикальная планировка на основе нивелирования поверхности по квадратам. Геодезические расчеты при проектировании горизонтальной и наклонной площадок, составление плана организации рельефа и картограммы земляных работ.
16. Перенесение в натуру проектного горизонтального угла и проектных длин линий.
17. Разбивка осей сооружения методом полярных и прямоугольных координат.
18. Разбивка осей сооружений методом прямой угловой и линейной засечки.
19. Вынос в натуру точки с заданной (проектной) отметкой и линии заданного уклона.
20. Геодезические работы на нулевом цикле строительства. Создание осевой разбивочной основы.
21. Геодезическое обеспечение земляных работ.
22. Передача осей и отметок в котлованы и на монтажные горизонты.
23. Геодезическое сопровождение устройства фундаментов.
24. Геодезические работы при возведении надземной части зданий.
25. Контроль установки конструкций в проектное положение в плане, по высоте и вертикали.
26. Исполнительные съемки (текущие и окончательная). Съемка подземных коммуникаций до засыпки траншей.
27. Геодезические работы в эксплуатационный период. Обмер зданий.
28. Виды деформаций. Способы определения осадок, горизонтальных смещений, кренов.
29. Цифровые и лазерные нивелиры, их точностные характеристики и сфера применения.
30. Электронные тахеометры, их преимущества и сфера применения. Прикладные программы.
31. Применение лазерного сканирования при съемке местности и инженерных сооружений.

## Примерный перечень зачетных задач

1. Определить уклон линии АВ длиной 83,62 м, если известны отсчеты по рейкам из нивелирования: в точке А – 1026 мм; в точке В – 1531 мм.
2. Определить горизонт инструмента, если известна отметка точки А:  $H_A = 115,236$  м и отсчеты по рейке, установленной по точке А равны 1165 мм и 5965 мм.
3. При задании направления линии АВ длиной 136 м была допущена погрешность 2' при построении проектного угла. Определить смещение точки В линии АВ ( $\rho = 206265'' = 3438'$ ).
4. Определить место нуля (МО) вертикального круга, если отсчеты по вертикальному кругу равны: КП=  $8^\circ 27'$  и КП=  $188^\circ 33'$ . Каким теодолитом выполнены измерения?
5. Отсчеты по вертикальному кругу теодолита: КП –  $8^\circ 31' 07''$  КП  $8^\circ 29' 46''$ . Определить угол наклона. Каким техническим теодолитом выполнены измерения?
6. Определить уклон линии АВ, если из продольного профиля известны отметки концов линии: начального ПК2 + 2 –  $H_A = 132,28$  м, конечного ПК5 + 55 –  $H_B = 118,29$  м.
7. Отметка рабочего репера  $H_A = 103,851$  м. Требуется вынести на местность точку В с проектной отметкой  $H_{пр} = 101,463$  м, используя рабочий репер. Определить проектный отсчет по рейке, если отсчет по рейке в точке А равен 0984 мм.
8. Определить расстояние, измеренное нитяным дальномером, если отсчеты по нивелирной рейке: средняя нить 0228 мм и верхняя 0656 мм.
9. Каково наклонное расстояние между двумя точками, если их отметки  $H_1 = 124,35$  м,  $H_2 = 118,69$  м, а уклон по линии 42 ‰?
10. В треугольнике ABC техническим нивелированием получены три превышения:  $h_{AB} = 341$  мм,  $h_{BC} = -1412$  мм,  $h_{CA} = 1076$  мм. Какова высотная невязка и в допуске ли она?
11. При выносе в натуру проектной точки превышение между репером и точкой составило  $h = +0,758$  м, отметка репера 128,520 м. Какой отсчет должен быть по рейке на проектной точке, если отсчет по рейке на репере  $a = 1253$  мм.
12. При нивелировании «вперед» измерена высота инструмента  $i = 1,52$  м, отсчет по рейке, установленной на определяемой точке, равен 1386. Определить отметку точки и горизонт инструмента, если нивелир установлен над репером с отметкой 120,875 м.
13. Определить величину вертикального элемента здания, если известны углы наклона на верхнюю точку  $v_{в} = 44^\circ 30'$ , нижнюю  $v_{н} = 19^\circ 24'$  и горизонтальное расстояние от теодолита до здания равно 62,26 м.
14. Необходимо на местности отложить расстояние до проектной точки, равное 60,4 м, с помощью нивелира и рейки. Каков должен быть отсчет по верхней дальномерной нити, чтобы при отсчете по нижней нити, равном 1425.
15. Рассчитайте величину осадки и её скорость, если из геометрического нивелирования отметка осадочной марки в нулевом цикле (1.03.2012) составила 101,245 м и во втором цикле (15.06.2012) имеет значение 101,229 м.
16. Рассчитайте величину горизонтального смещения некоторой точки сооружения, если её координаты в первом и во втором циклах наблюдений таковы:  $X_1 = 114,128$  м;  $Y_1 = 236,918$  м;  $X_2 = 114,112$  м;  $Y_2 = 236,910$  м.
17. Для передачи отметки в глубокий котлован использовали два нивелира, комплект реек и рулетку с миллиметровыми делениями. Рассчитайте отметку дна котлована, если отметка репера 141,352 м, отсчёты на станции 1: по рейке, стоящей на репере –1212, а по рулетке, опущенной отвесно в котлован нулём вниз, – 4,315 м; отсчёты на станции 2: по рейке на дне котлована –1238 м и по рулетке – 1,038 м.
18. Рассчитайте угловую величину крена дымовой трубы высотой 36 м, если линейная величина крена равна 32 мм. В допуске ли крен?

19. Рассчитайте величину крена антенны высотой 42 м, если координаты центра в нижнем и верхнем сечении таковы:  $X_1 = 114,12$  м;  $Y_1 = 230,91$  м;  $X_2 = 114,28$  м;  $Y_2 = 230,93$  м. В допуске ли крен?

20. Определить уклон участка и проектную отметку пикета 8 по трассе линейного сооружения, если известны отметки концов запроектированного участка:  $H_{ПК7+20} = 135,24$  м и  $H_{ПК12} = 137,48$  м.

21. Найти расстояния до точки нулевых работ при вертикальной планировке, если сторона квадрата равна 20 м, а рабочие отметки:  $r^+ = 0,24$  м,  $r^- = 0,38$  м.

22. При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю рейку составил  $З = 2551$  мм, на переднюю –  $П = 1480$  мм. При смене высоты инструмента на заднюю рейку был получен отсчет  $З' = 2524$  мм, а на переднюю –  $П' = 1450$  мм. Определить превышение из технического нивелирования и сделать вывод о качестве измерений.

23. 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?

24. Определить отметку точки А, если отметка репера 128,520 м, высота инструмента 1,45 м, отсчет по рейке на точке А равен 2356 мм.

25. Определить горизонтальное проложение и уклон линии, если наклонное расстояние, измеренное стальной рулеткой, равно 78,64 м; а угол наклона равен  $\nu = 3^\circ 00'$ .

Задачи на работу с геодезическими приборами: 26–35.

26. Определить коллимационную погрешность теодолита 4Т15П или 2Т2, 3Т2КП и сравнить с допустимым значением.

27. Измерить горизонтальный угол способом отдельного приема теодолитом 4Т15П, 2Т2 или 3Т2КП.

28. Определить место нуля вертикального круга теодолита 4Т15П, 2Т2 или 3Т2КП.

29. Измерить вертикальный угол теодолитом 4Т15П, 2Т2 или 3Т2КП.

30. Определить расстояние по нитяному дальномеру и охарактеризовать точность измерения.

31. Измерить превышение способом геометрического нивелирования «из середины» нивелиром Н-3 по методике технического нивелирования.

32. Измерить превышение способом геометрического нивелирования «вперед» нивелиром Н-3.

33. Измерить превышение способом тригонометрического нивелирования теодолитом 4Т30П.

34. Вынести проектную отметку нивелиром Н-3.

35. Измерить превышение нивелиром Н-05, используя отсчеты по бисектору (отсчеты по дальномерным нитям не брать).

### Литература для подготовки к зачету

1. Инженерная геодезия: учебник для студ. строит. спец. вузов / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Минск: Вышэйшая школа, 2011.

2. Лабораторный практикум «Геодезические измерения» / Л.Ф. Зуева, С.Н. Кандыбо, Н.В. Сянкина. – Брест: БрГТУ, 2011.

3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1990.

4. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01-96. – Мн.: Минстрой архитектуры Республики Беларусь, 1996.

5. Геодезические работы в строительстве: ТКП 45-1.03-26-2006 (02250). – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2006.

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

Учебное издание

*Зуева Людмила Фёдоровна*

**Рабочая тетрадь**  
**для выполнения лабораторных работ**  
**по дисциплине**  
**«Геодезическое обеспечение строительства»**

для студентов 4 курса специальности  
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 20.12.2012 г. Формат 60x84 1/8. Бумага «Снегурочка».

Усл. п. л. 3,26. Уч.-изд. л. 3,5. Тираж 250 экз. Заказ № 1404.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.