

МИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

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

для студентов 5 курса специальности
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство

УДК 528.4(075.8)

Рассмотрены задания и даны краткие рекомендации для выполнения лабораторных работ на факультативе «Геодезическое обеспечение строительства».

Составитель: С.Н. Кандыбо, к.т.н., доцент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций;
Т.В. Смулько, ассистент кафедры геотехники и транспортных коммуникаций

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

Лабораторная работа № 1

Восстановление навыков работы с техническими теодолитами, измерение горизонтальных и вертикальных углов

Задание 1. Изучить устройство, технические характеристики, отсчетное устройство технического теодолита 4Т15П

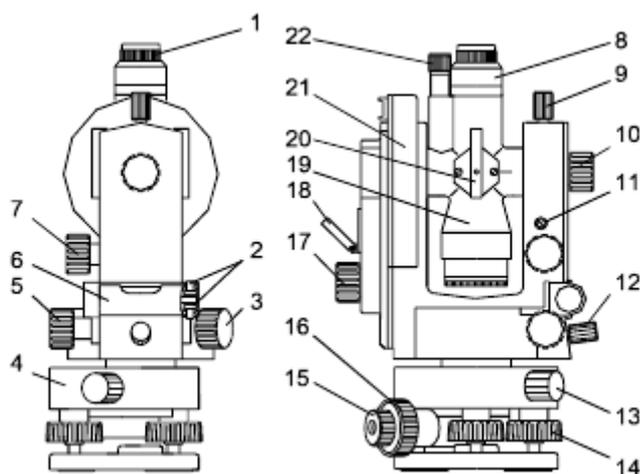


Рис. 1 – Теодолит 4Т15П

Основные технические характеристики

Средняя квадратическая погрешность измерения одним приемом: горизонтального угла - 15"

Средняя квадратическая погрешность измерения одним приемом: зенитного расстояния - 30"

Цена деления шкалы микрометра - 10"

Цена деления при алидаде - 45"

цена деления при трубе 20"

- 1 - диоптрийное кольцо окуляра;
- 2 - юстировочные винты уровня;
- 3 - рукоятка вращения горизонтального круга;
- 4 - подставка;
- 5 - наводящий винт алидады;
- 6 - уровень при алидаде;
- 7 - наводящий винт трубы; 8 - колпачок;
- 9 - закрепительный винт трубы;
- 10 - кремальера;
- 11 - винт;
- 12 - закрепительный винт алидады;
- 13 - закрепительный винт подставки;
- 14 - подъемный винт;
- 15 - окуляр центрира;
- 16 - кольцо фокусирования;
- 17 - рукоятка микрометра;
- 18 - зеркало;
- 19 - зрительная труба;
- 20 - визир;
- 21 - колонка;
- 22 - окуляр микроскопа

В центральной зоне поля зрения микроскопа (рис. 2) расположены бифилярные штрих-индексы, в середину которых вращением рукоятки 17 (см. рис.1) последовательно вводят ближайшие штрихи лимбов и берут отсчеты градусов и десятков минут, а по шкале микрометра, расположенной в верхней части поля зрения, берут отсчет единиц минут и секунды. Поле горизонтального круга отмечено буквой Н, поле вертикального буквой V.

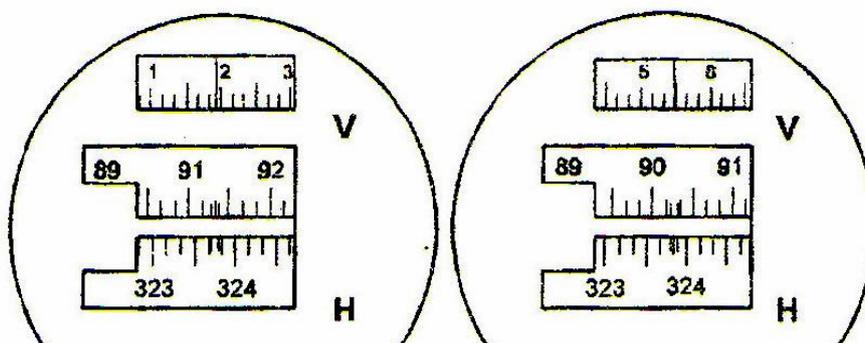


Рис. 2 – Поле зрения микроскопа теодолита 4Т15П

Отсчеты: а) вертикальный круг **91°21'57"**; б) горизонтальный круг **323°55'30"**

Снять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам

ВК _____

ГК _____

Задание 2. Выполнить поверки технического теодолита 4Т15П № _____

1.1 Поверка цилиндрического уровня

Геометрическое условие: Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита

Порядок выполнения поверки:

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

Геометрическое условие: Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита. Проверить можно вертикальную нить (по точке или отвесу) или горизонтальную нить – по нивелирной рейке.

Порядок выполнения поверки (вертикальная нить):

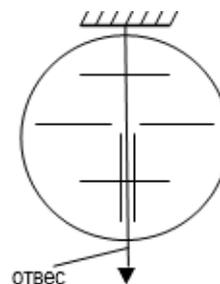


Рис. 3 – Поверка сетки нитей по отвесу

1.3. Определение коллимационной погрешности

Геометрическое условие: Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы.

Порядок выполнения поверки: Невыполнение этого условия приводит к погрешности в отсчете по лимбу теодолита, которая называется коллимационной погрешностью. Коллимационную погрешность определяют путем визирования на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ).

Коллимационную погрешность вычисляют по формуле:

$$C = \frac{1}{2} (КЛ - КП \pm 180^\circ),$$

где КЛ и КП – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при соответствующем положении вертикального круга.

Правильность определения коллимационной погрешности проверяют повторными наблюдениями.

№ 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. Проверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения инструмента – контроль неравенства подставок

Геометрическое условие: Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

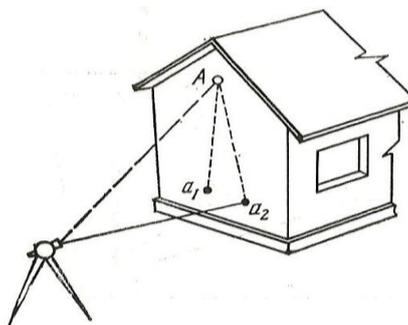


Рис. 4 – Определение перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения

Юстировка:

1.5. Определение места зенита вертикального круга теодолита

Порядок выполнения проверки:

--	--

Допустимое значение места зенита (MZ) _____

Задание 3. Определить место зенита вертикального круга и измерить вертикальные углы теодолитом 4Т15П № _____

Номер станции	№ точек визиров.	Положение вертик. круга	Отсчеты по вертикальному кругу			MZ	Зенитное расстояние Z Угол ν (угол наклона)
			°	'	"		
		КЛ					
		КП					
		КЛ					
		КП					

Формулы для вычисления места зенита и зенитного расстояния:

Зенитные расстояния вычисляются по одной из формул:

$$Z = \frac{1}{2} (KЛ - КП + 360^0), Z = KЛ - MZ, Z = MZ - КП + 360^0,$$

где КЛ и КП – отсчеты по вертикальному кругу

MZ – место зенита вертикального круга $MZ = \frac{1}{2} (KЛ + КП - 360^0).$

Задание 4. Измерить теодолитом 4Т15П №

горизонтальный угол одним полным

приёмом с перестановкой лимба между полу приёмами на 2-3°

1	2	3	4	5	6			7		
					о	'	"	о	'	"
		КЛ								
		КП								
		КЛ								
		КП								

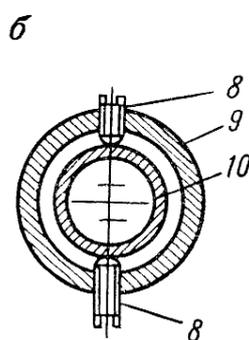
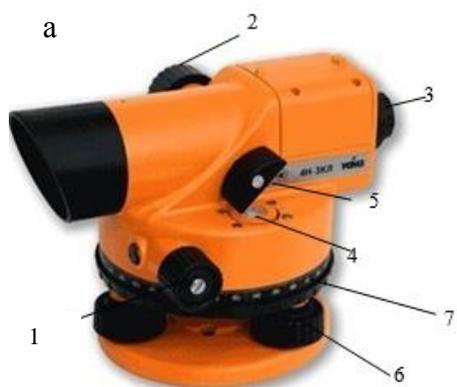
Допустимое расхождение значений угла в полуприемах _____

Лабораторная работа №2

Восстановление навыков работы с точными нивелирами

Задание 1. Повторить устройство нивелира (Н-3, Ни-3), изучить устройство нивелира с компенсатором, выполнить поверки нивелира

В настоящее время в строительном производстве нашли широкое применение нивелиры с компенсатором. У этих нивелиров визирная ось зрительной трубы устанавливается в горизонтальное положение не с помощью цилиндрического уровня, а с помощью специального устройства, - называемого компенсатором.



- 1 – винт бесконечной наводки;
- 2 – кремальера;
- 3 – диоптрийное кольцо окуляра;
- 4 – круглый уровень;
- 5 – зеркальце круглого уровня;
- 6 – подъёмный винт;
- 7 – лимб;
- 8 – юстировочные винты сетки нитей;
- 9 – оправка окуляра;
- 10 – сетка нитей.

Рис. 5 – Нивелир 4Н-3КЛ а) общий вид;

б) поперечный разрез окулярной части зрительной трубы

В рабочее положение нивелир приводят подъёмными винтами 6 по круглому уровню 4. Зрительная труба нивелира – перископическая, т.е. визирный луч проходит через окуляр несколько выше, чем через объектив, поэтому высоту инструмента относительно окуляра

измерять нельзя. Нивелир имеет призмный компенсатор, состоящий из двух призм, одна из которых 3 (рис. 4) подвешена на четырёх скрещенных нитях, другая 4 неподвижно скреплена с корпусом трубы. Компенсатор обеспечивает установку линии визирования в горизонтальное положение при наклонах зрительной трубы до 15–20' для нивелира 4Н–ЗКЛ. Для обеспечения этого угла компенсации служит круглый уровень.

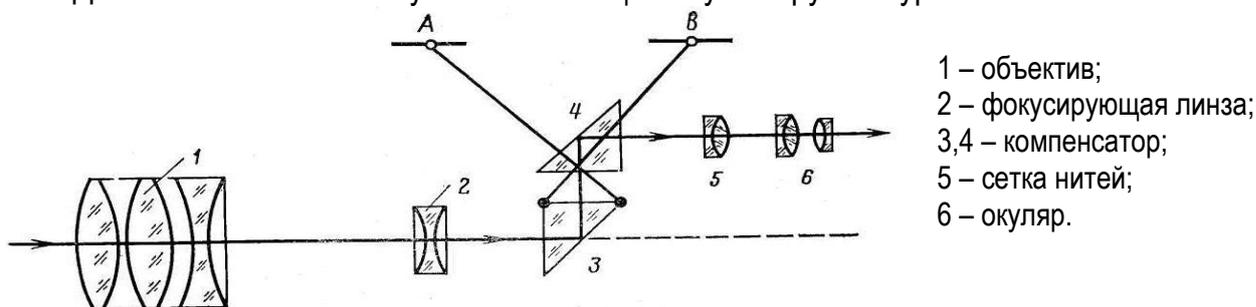


Рис. 4 – Оптическая схема зрительной трубы нивелира Н-ЗК

Необходимая точность нивелирования может быть достигнута только в том случае, если обеспечено верное взаиморасположение основных осей нивелира. Для контроля предъявляемых к прибору требований перед началом работы с нивелиром и периодически в ходе работ выполняют проверки нивелира.

1.1 Проверка круглого уровня

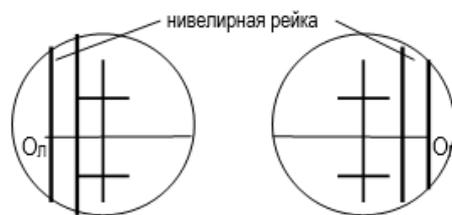
Геометрическое условие: Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Порядок выполнения проверки:

1.2. Проверка сетки нитей (по рейке)

Геометрическое условие: Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Порядок выполнения проверки:



1.3. Главное условие нивелира (для нивелиров с уровнем при трубе)

Геометрическое условие: Ось цилиндрического уровня нивелира должна быть параллельна визирной оси.

Способ двойного нивелирования «вперёд»: определим отклонение визирной оси от горизонтальной линии. На ровной местности на расстоянии примерно 75–80 м. друг от друга забивают колышки, на которые устанавливают нивелирные рейки. Нивелир вначале устанавливают вблизи (6–8 м.) одной рейки и берут отсчеты по ближней рейке B_1 , и дальней D_1 . Затем вблизи другой рейки берут отсчеты по ближней рейке B_2 и дальней D_2 .

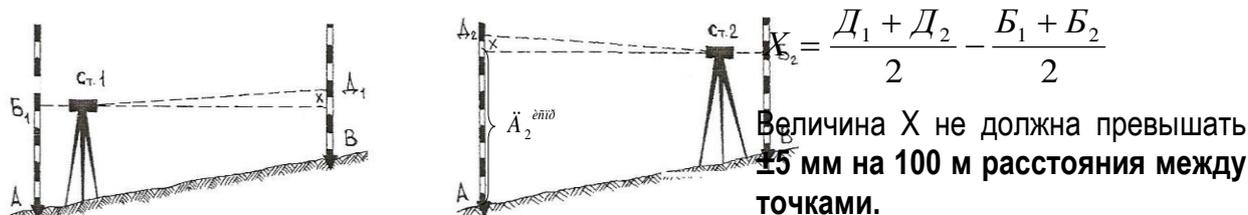


Рис. 6 – Способ двойного нивелирования «вперёд»

№ ст.	№ т.т	Рейка	Отсчеты по рейкам, мм			Вычисления:
			черная	красная	контроль	
1	A	Б ₁				$X_u = \frac{D_1 + D_2 - B_1 - B_2}{2} =$
	B	Д ₁				
2	B	Б ₂				$X_{cp} =$
	A	Д ₂				

Вывод: _____

Если главное условие не соблюдается, то вычисляют

$$D_2^{испр} = D_2 - X_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}$$

и производят юстировку: элевационным винтом совмещаем среднюю горизонтальную нить с вычисленным черным отсчетом $D_2^{испр}$ и исправительными вертикальными винтами цилиндрического уровня приводим пузырек в нуль-пункт

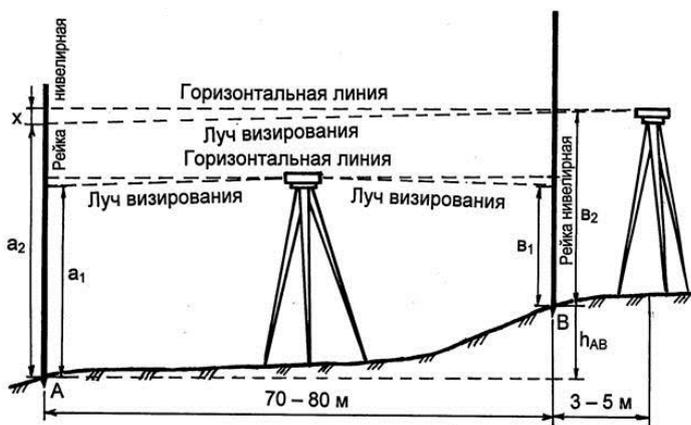


Рис. 7 – Способ сочетания нивелирования «из середины» и «вперёд»

Вычисления:

На колышки, закрепляющие линию АВ длиной 50-75м, устанавливают нивелирные рейки, а точно посередине между рейками – нивелир и берут отсчеты a_1 и b_1 по двум противоположно стоящим рейкам. Вычисляют превышение h_1 , которое будет свободно от влияния погрешности X .

$$h_1 = a_1 - b_1$$

Далее устанавливают прибор примерно в створе линии АВ на расстоянии 3-5 м от точки В, приведя пузырёк цилиндрического уровня на середину, берут отсчеты a_2 и b_2 и вычисляют превышение

$$h_2 = a_2 - b_2$$

Величину X вычисляют по формуле

$$x = (h_2 - h_1) / 2$$

Если главное условие не соблюдается, то вычисляют правильный отсчёт

$$a_{испр.} = a_2 - x$$

Задание 2. Определить превышение способом геометрического нивелирования «из середины» по методике IV класса. Результаты измерений и 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_A известна _____
	B d =	 PO		

Допуски:

Лабораторная работа №3

Геодетические разбивочные работы

Задание 1. Вынос на местность проектной отметки

Комплект приборов: точный нивелир, штатив, деревянные колья.

Все отметки, указанные в проекте сооружения, даются от уровня «чистого пола» первого этажа. Поэтому предварительно их необходимо перевести в систему, в которой даны отметки (высоты) исходных рабочих реперов. – в абсолютную систему высот (Балтийскую СВ). На стройплощадке должно быть закреплено 2 высотных репера, на них передают отметки от пунктов государственных нивелирных сетей.

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

На исходном точке (репере) устанавливают рейку, взяв отсчет a по чёрной стороне рейки, и вычисляют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{Pn} + a.$$

Чтобы установить точку на проектную отметку $H_{пр}$, необходимо знать величину проектного отсчета b по рейке на определяемой точке.

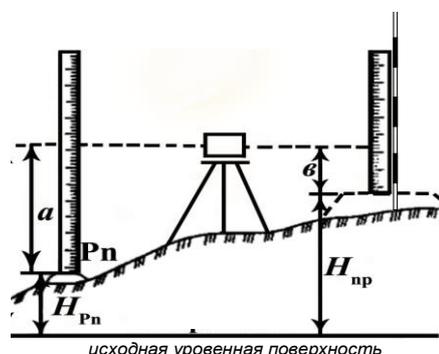


Рис. 8 – Вынос проектной отметки

Проектный отсчет равен: $b = ГИ - H_{пр}$.

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

Для контроля повторяют передачу проектной отметки при другом горизонте инструмента или другого рабочего репера, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают её значение с проектной отметкой. *Точность выноса проектной отметки составляет 3-10 мм в зависимости от вида сооружения*.

Контроль при другом ГИ

Отметки, м		Отсчеты по рейкам, мм		Отметки, м		Отсчеты по рейкам, мм	
репера	проектной точки	на репере	проектный отсчет	репера	проектной точки	на репере	проектный отсчет
ГИ ₁ =				ГИ ₂ =			

Вывод: _____

Задание 2. Разбивка основных осей здания на местности

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 отложения от исходного направления (стороны разбивочной сети) проектного угла β 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 50-ти метровая рулетка, отрезки арматуры (6 шт.).

Сначала с помощью рулетки разбивается базисная сторона АВ и закрепляются кольями (кусочками арматуры) точки А и В. Затем устанавливают теодолит над точкой А, центрируют его с помощью нитяного отвеса и приводят в рабочее положение по цилиндрическому уровню подъемными винтами, положение вертикального круга слева (КЛ).

Вынос точек пересечения осей (углов здания) 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).

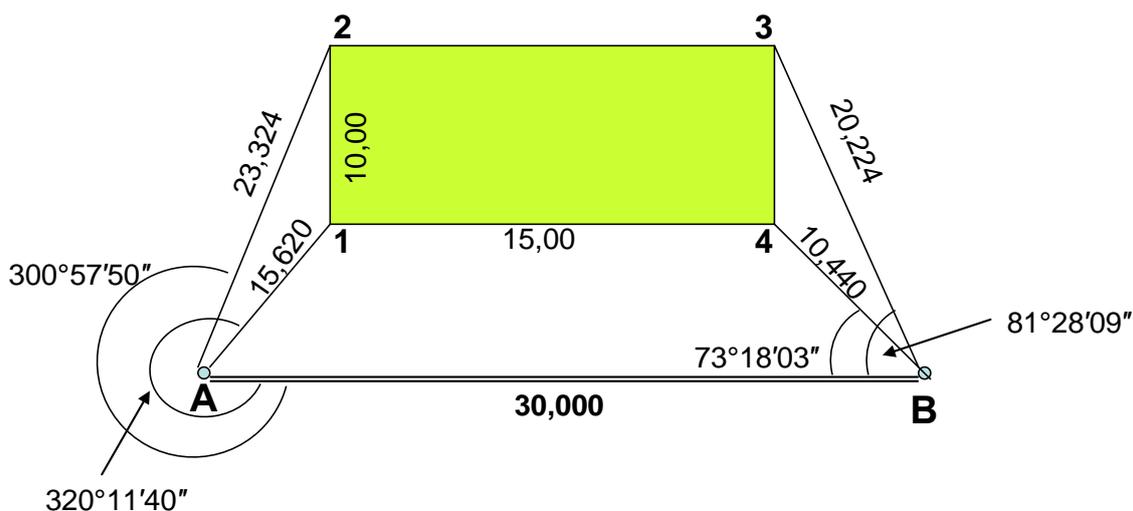
В полученном направлении устанавливают веху и откладывают стальной рулеткой расстояние 14,142 м в створе, построенного теодолитом направления. Таким же образом, выносят точку 2. Точки 3 и 4 разбивают аналогично, установив теодолит в точке В.

Согласно СН 1.03.02-2019 «Геодезические работы в строительстве. Основные положения», 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



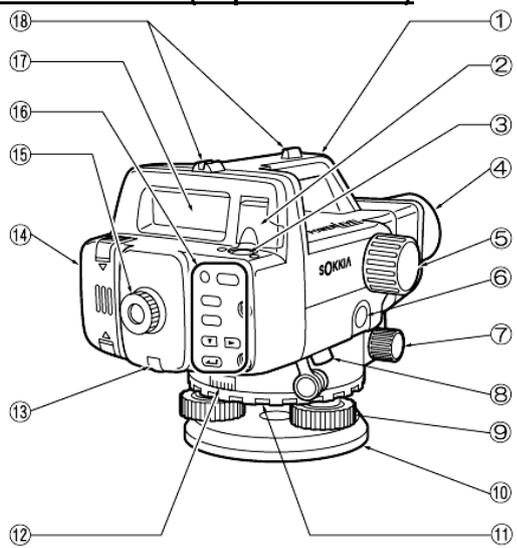
Наименование точек	Координаты, м	
	X	Y
A	110,00	200,00
B	110,00	230,00
1	120,00	212,00
2	130,00	212,00
3	130,00	227,00
4	120,00	227,00
Дирекционный угол $\alpha_{AB} = 90^{\circ} 00'$		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Работа с цифровым нивелиром SOKKIA SDL30 (Topcon DL-503)

Электронные (цифровые) нивелиры – это современные multifunctional геодезические приборы, совмещающие функции высокоточного оптического нивелира, электронного запоминающего устройства и встроенного программного обеспечения для обработки полученных измерений. Основная отличительная особенность электронных нивелиров - это встроенное электронное устройство для снятия отсчета по специальной штрих-кодовой рейке. Рейки изготавливаются из пластика и металла (дюралюминевые), а для высокоточных работ используют рейки с инварной полосой. Применение электронных нивелиров позволяет исключить личные ошибки исполнителя и ускорить процесс выполнения измерений по сравнению с обычным нивелиром.

Задание 1. Изучить устройство и технические характеристики цифрового нивелира SOKKIA SDL30 (Topcon DL-500)



- 1 - Ручка; 2 - Зеркало уровня;
- 3 - Круглый уровень
- 4 - Объектив; 5 - Кремальера
- 6 - Кнопка измерений;
- 7 - Горизонтальные наводящие винты;
- 8 - Порт для передачи данных;
- 9 - Подъемные винты;
- 10 - Подставка;
- 11 - Кольцо перестановки лимба горизонтального круга;
- 12 - Лимб горизонтального круга;
- 13 - Юстировочный винт сетки нитей с защитной крышкой;
- 14 - Крышка аккумуляторного отсека; 15 - Окуляр;
- 16 - Клавиатура; 17 - Экран;
- 18 - Визир

Рис. 9 – Цифровой нивелир SOKKIA SDL30

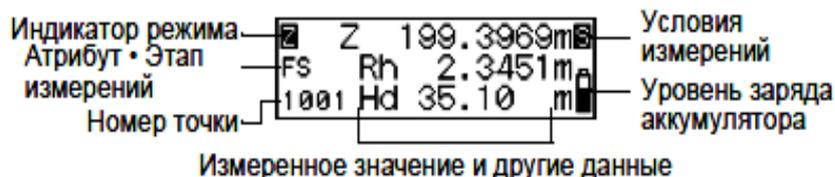
Технические характеристики

Увеличение: 32х
 Изображение: Прямое
 Минимальное расстояние фокусирования: 1.5 м
 Коэффициент оптического дальномера: 1:100
 Постоянная поправка дальномера: 0
 Продолжительность работы: более 7 часов (при 25°C)
 Дисплей: ЖК матрица 128 x 32 точки с подсветкой
 Клавиатура: 8 клавиш
 Автоотключение питания: ВКЛ (инструмент выключается через 30 мин. после последней операции) / ВЫКЛ(выбор)
 Круглый уровень: 10"/2 мм
 Рабочая температура: от -20 до 50°C
 Водозащищенность: соответствует IPX4
 Вес: около 2.4 кг (с аккумулятором)

Диапазон измерений:

Превышений от 0 до 2.7 м (рейка BGS27с 2 секциями по 1.36 м)
 от 0 до 4 м (рейка BGS40 с 3секциями по 1.36 м)
 от 0 до 5 м (рейка BGS50 с 3 секциями по 1.36 м + 1.01 м)
 Расстояний от 1.6 до 100 м
 Минимальный отсчет:
 Превышений 0.0001 м / 0.001 м (выбор)
 Расстояний 0.01 м (режим single, repeat или average),
 0.1 м (режим tracking)
СКП измерения превышения (с рейками Sokkia BG27/40/50)
 ±0.8 мм (при измерениях на инварную рейку),
 ±1.5 мм (при измерениях на фиберглассовую рейку)
Точность измерения расстояний:
 При расстояниях менее 10 м: ±10 мм
 При расстояниях от 10 до 50 м: ±(0.1% x D)
 При расстояниях более 50 м: ±(0.2% x D)

На экране отображаются следующие символы, указывающие на состояние работы и текущий режим и помогающие оператору отслеживать последовательность измерений



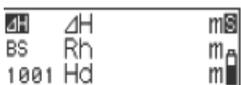
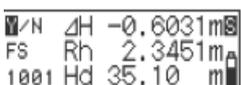
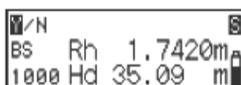
Указатель задней или передней рейки		Отображение режимов	
BS	Задняя точка (<i>Backsight point</i>)	ΔH	Измерение превышений
FS	Передняя точка (<i>Foresight point</i>)	Z	Измерение высот
IS	Промежуточный отсчет (<i>Intermediate sight</i>)	SO	Вынос в натуру
FIX	Опорная точка (<i>Fixed point</i>)	C	Режим конфигурации
		Rev.	Просмотр данных

Задание 2. Измерить превышение между двумя точками местности

Комплект приборов: цифровой нивелир, штатив, штрих-кодовые рейки, деревянные колья.

Порядок работы

- Установите прибор посередине между точками А и В.
- В режиме меню выберите "Ht-diff".
- Выполните измерения задней точки.
- Выберите "Yes" для подтверждения номера точки и измеренного значения.
- Выполните измерения передней точки. Инструмент вычисляет превышение ΔH относительно задней точки и выводит результат.
- Выберите "Yes" для подтверждения номера точки, атрибута и измеренного значения. Результат сохраняется.
- Нажмите клавишу **(MENU)**. Появляется вопрос, желаете ли вы поменять станцию.
- Если инструмент перемещается, выберите "Yes". Полученный на шаге 5 результат измерений передней точки сохраняется как превышение переходной точки (turning point - TP).
- Перейдите на следующую станцию и повторите измерения с шага 3. Превышение, измеренное на шаге 5, отображается как превышение задней точки (TP).



№	№точки	Расстояние, м	Отсчеты, м	Превышение, м
1	BS			
	FS			

Ввод номера точки

Шаг 3: Нажмите для подготовки инструмента к вводу номера точки.

Шаг 5: Нажмите дважды для подготовки инструмента к вводу номера точки.

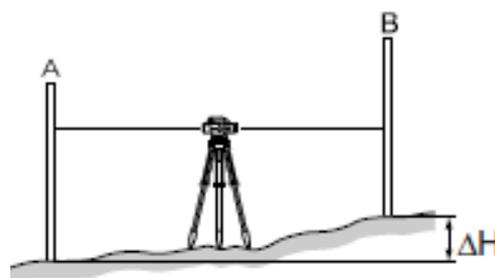


Рис. 10 – Измерение превышения

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

Комплект приборов: цифровой нивелир, штатив, штрих-кодовые рейки, колышки.

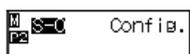
Таблица 1. Журнал геометрического нивелирования (нивелир _____)

№№ станций	№№ точек	Расстояние, м	Отсчеты по рейкам, м		Превышение, м		Отметки, м
			задний	передний	вычисленное	уровненное	
1	2	3	4	5	6		7
постраничный контроль							
Невязки							

Задание 4. Вынос на местности проектной отметки

Комплект приборов: цифровой нивелир, штатив, штрих-кодовые рейки, деревянные колышки.

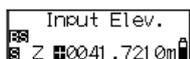
Последовательность работы



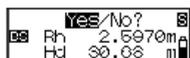
1. Установите прибор посередине между точками А и В.



2. В режиме меню выберите "Set-out", затем "Elev." (Высота).

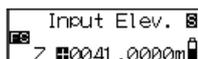


3. Введите отметку задней точки.

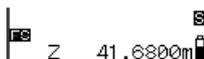


4. Выполните измерения задней точки. Инструмент берет отсчет по задней рейке и показывает результат.

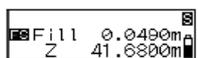
5. Выберите "Yes" для подтверждения значения.



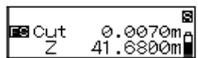
6. Введите отметку, которую вы хотите вынести.



7. Выполните измерения передней точки. Инструмент вычисляет разность между измеренным и введенным значением и выводит результат.



8. Переместите рейку на значение, указанное на экране, и возьмите еще один отсчет по передней рейке.



Если на экране показано "Fill", перемещайте рейку вверх.

Если на экране показано "Cut", перемещайте рейку вниз.

Если на экране показан "0", вы нашли нужную отметку.

Для контроля повторяют передачу проектной отметки при другом горизонте инструмента или другого рабочего репера.

Вынос проектной отметки				Контроль выноса проектной отметки			
Отметки, м		Отсчеты по рейкам, м		Отметки, м		Отсчеты по рейкам, м	
репера	проектная	на репере	Расхождение отметок	репера	проектная	на репере	Расхождение отметок

По значению расхождения проектной и фактической отметки делают вывод о точности разбивочных работ. Точность выноса проектной отметки составляет 3-10 мм в зависимости от вида сооружения

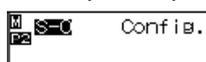
Вывод: _____

Задание 5. Вынести на местность проектное расстояние.

Точность измерения расстояния зависит от длины линии (см. технические характеристики). Так при расстоянии от 10 до 50 м точность измерений составляет порядка 0.1 % (для расстояния 50 м это составит 0,05 м, что соответствует относительной погрешности 1:1000). Таким образом, цифровой нивелир можно использовать для измерения и выноса расстояний при выполнении работ не требующих высокой точности.

Комплект приборов: цифровой нивелир, штатив, штрих-кодовые рейки, колышки, стальная 50-ти метровая рулетка.

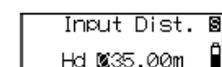
Порядок работы:



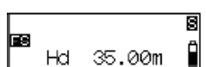
Установите инструмент в точке А.



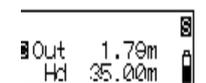
В режиме меню выберите "Set-out" затем "Dist" (Расстояние).



Введите значение расстояния, которое вы хотите вынести в натуру.



Выполните измерения передней точки. Инструмент вычисляет разность между измеренным и введенным значением и выводит результат.



Переместите рейку на значение, указанное на экране, и возьмите еще один отсчет по передней рейке. Если на экране показано "Out", перемещайте рейку от прибора.

Если на экране показано "In", перемещайте рейку к прибору. Если на экране показан "0", вы нашли нужную точку.

Нажмите  или .

Вынос расстояния завершен. Выполните вынос следующей точки.

Результаты выноса проектного расстояния

Проектное расстояние : _____ м

Расхождение: _____

Контроль стальной рулеткой): _____ м

Вывод:

Лабораторная работа № 5

Работа с ротационным лазерным нивелиром GPR-4H

Задание 1. Изучить устройство, назначение и технические характеристики ротационного лазерного нивелиром GPR-4H.

Принцип работы лазерного нивелира основан на использовании самогоризнтирующих систем, на которых устанавливаются лазерные излучатели, визуально задающие горизонталь. Благодаря этому обеспечивается высокая стабильность отображаемых лазерных плоскостей – они могут использоваться как исходная база (основа) для нивелирования (вертикальных измерений относительно заданного уровня), а также вертикальной и горизонтальной разметки. Автоматическая компенсация наклона исключает необходимость выполнения точного горизонтирования визирной оси нивелира, что уменьшает время его подготовки к работе, а также исключает появление ошибок при случайном изменении положения прибора.

В статических системах луч в плоскость «разворачивается» с помощью линз и призм, а ротационные нивелиры имеют вращающуюся головку (со своим приводом, режим работы и скорость которого могут регулироваться). Благодаря использованию прецизионных датчиков, высокоточных приводов и быстродействующей системы управления, серволайнеры «гасят» вибрации и колебания основания.

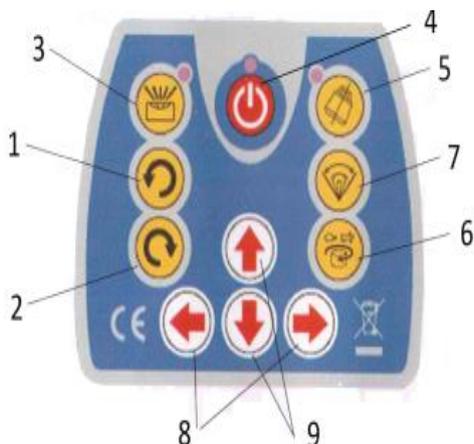


Рис.11 – Ротационный лазерный нивелир GPR-4H

Ротационный лазерный нивелир GPR-4H создает горизонтальную, либо вертикальную лазерную плоскость и перпендикулярный к рабочей плоскости лазерный луч (отвес). Функция автоматического нивелирования позволяет быстро устанавливать нивелир в рабочее положение и обеспечивает неизменность положения лазерной плоскости при наклонах инструмента в диапазоне $\pm 5^\circ$. Нивелир имеет несколько скоростей вращения лазерного луча и функцию сканирования лазерного луча в пределах 10, 45, 90, 180°. В комплект входит специальный приемник, позволяющий выполнять измерения в солнечную погоду при плохой видимости лазерного луча и значительных расстояниях.

Технические характеристики ротационного лазерного нивелира GPR-4H

Лазерный диод	635 нм, < 1 мВт
Рабочий диапазон с приемником / визуально	500 м / до 60 м
Точность нивелирования	$\pm 0,1$ мм/м (GPR-4H),
Диапазон самогоризонтирования	$\pm 5^\circ$ (8 %)
Скорость вращения	0, 60, 120, 300, 600 об/мин
Режим сканирования	0/10/45/90/180°
Рабочий диапазон температур	-10 ... +45 °С
Защита от пыли и водяных брызг	IP 64



- 1- Вращение лазерного луча против часовой стрелки
- 2- Вращение лазерного луча часовой стрелки
- 3- Переключение между режимами(автоматическое или ручное нивелирование)
- 4- Включение /выключение прибора
- 5- Включение/выключение режима предупреждения вибраций
- 6- Ротационный и точечный режимы работы. Выбор скорости вращения лазерного луча
- 7- Выбор в градусах зоны сканирования
- 8- Наклон лазерного луча в плоскости X
- 9- Наклон лазерного луча в плоскости Y

Рис.12 – Панель управления лазерного нивелира GPR-4H

С помощью лазерного прибора можно построить горизонтальные, вертикальные и наклонные линии и плоскости; можно сделать вынос проектной отметки, построение линии заданного уклона; с успехом прибор можно применить при монтаже строительных конструкций и выполнении исполнительных съемок.

Преимущество лазерных нивелиров по сравнению с оптическими – построение светящихся направлений и плоскостей что особенно эффективно при выполнении работ в плохо освещенных и стесненных условиях производства.

Задание 2. Определить отклонение колонны от вертикали с помощью вертикальной плоскости

Комплект приборов: лазерный ротационный нивелир, линейка или марка с миллиметровыми делениями.

Для решения задачи устанавливаем ротационный лазерный нивелир на землю в створе грани колонны на расстоянии до 3 м от конструкции. Совмещаем лазерный луч с гранью колонны в ее верхней части, определяем отклонение в нижнем сечении с помощью линейки или специальной марки с миллиметровыми делениями $b = \underline{\hspace{2cm}}$ мм. Аналогичные действия выполняем по другому сечению $b_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Вертикальное положение конструкций характеризуется следующими допусками: для металлических и ж/б колонн высотой до 5 м - 2 мм; от 5 до 15 м - 3 мм; свыше 15 м 0,0017 Н, но не более 6 мм.

Вывод: _____

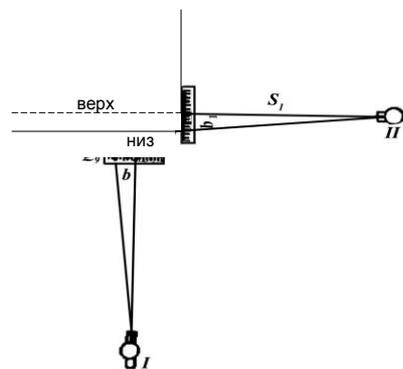


Рис.13 – Определение отклонения колонны от вертикали

Задание 3. Выполнить исполнительную съемку горизонтальной площадки

Высотная исполнительная съемка может быть выполнена с помощью оптического, цифрового или лазерного нивелиров. Контроль высотного положения, как правило, выполняется по сетки квадратов.

Для выполнения исполнительной съемки горизонтальной площадки необходимо разбить на местности сетку квадратов (сторона квадрата задается преподавателем). Определить фактические отметки горизонтальной площадки и вычислить отклонения от проектного положения по сетки квадратов. Проконтролировать работу с помощью цифрового нивелира и сравнить полученные результаты.

Комплект приборов: лазерный ротационный нивелир в комплекте, цифровой нивелир в комплекте, штатив, стальная 50-ти метровая рулетка

Исходные данные: проектная отметка горизонтальной площадки $H_{пр} = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

Отметка репера $H_{реп} = \underline{\hspace{2cm}}$ м

Исполнительная схема горизонтальной площадки

7	8	9
6	5	4
1	2	3

Условные обозначения:

- проектная отметка в м
- фактическая отметка в м
- отклонение от проекта в мм (лазерный нивелир)
- отклонения от проекта (цифровой нивелир)

Вычисления:

Отсчет на репере $a = \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Горизонт инструмента

$ГИ = H_{реп} + a = \underline{\hspace{2cm}}$ м

Отсчеты s_i по рейке на точках в мм

1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5			

Фактические отметки точек вычисляют по формуле $H_f = ГИ - s_i$ и выписывают на схему

Отклонения от проекта вычисляют как разность проектной и фактической отметок и записывают на исполнительную схему.

При выполнении высотной исполнительной съемки горизонтальной площадки цифровым нивелиром SOKKIA SDL30 используют встроенную функцию «Вынос проектной высоты» (меню **Set out** → **Elevation**). Задают отметки репера и проектную отметку площадки, а затем на каждой точке определяют отклонение от проектной величины. В данном случае результат **FILL** будет иметь знак «минус», а **CUT** соответствовать отклонению с плюсом. Отклонения от проектной отметки горизонтальной площадки записывают на исполнительную схему в мм.

Вывод:

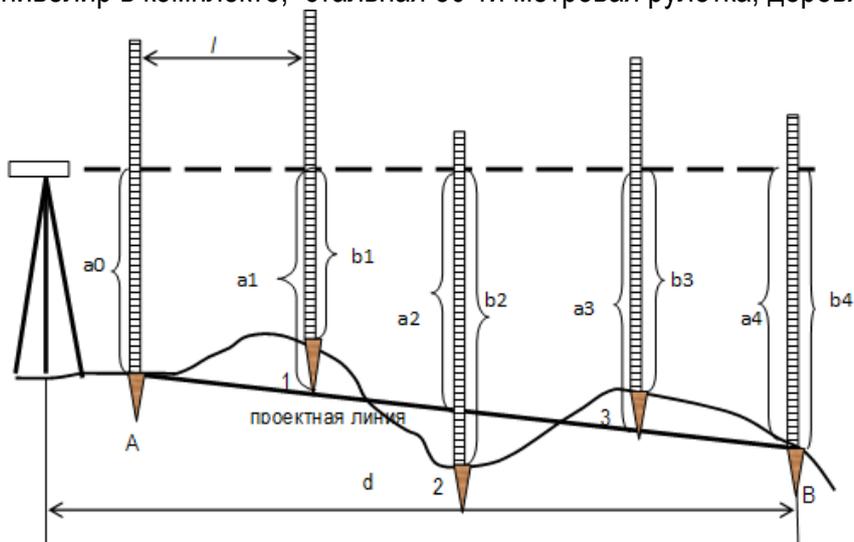
Задание 4. Вынести на местность линию заданного уклона с помощью ротационного нивелира

Проконтролировать работу с помощью цифрового нивелира и сравнить полученные результаты.

Исходные данные: проектный уклон $i_{пр} = \text{_____} \% = \text{_____}$ (в тысячных долях).

Расстояние между точками $l = \text{_____}$ м.

Комплект приборов: лазерный ротационный нивелир, штатив, нивелирная рейка, цифровой нивелир в комплекте, стальная 50-ти метровая рулетка, деревянные колья



Точки в створе линии АВ закрепляют кольями через l метров.

Устанавливают нивелир примерно на расстоянии 3-х метров от исходной точки А с проектной отметкой и снимают отсчет a_0 по рейке.

Отсчет в точке А :

$a_0 = \text{_____}$ мм.

Рис.14 – Построение линии проектного уклона горизонтальным лучом

Порядок работы:

1. Нивелируют на местности точки 1,2,3,...и снимают фактические отсчеты b_1, b_2, b_3, \dots

2. Вычисляют проектные отсчеты a_n по рейкам в точках 1, 2, ...n по формулам:

$$a_1 = a_0 - \Delta$$

$$a_2 = a_0 - 2\Delta$$

$$a_n = a_0 - n\Delta$$

где $\Delta = l * i_{пр} = \text{_____}$ мм

3. Вычисляют рабочие отметки r_n во всех точках по формулам:

$$r_1 = b_1 - a_1; r_2 = b_2 - a_2; r_n = b_n - a_n$$

Результаты всех измерений заносят в таблицу.

4. Движением рейки по отвесной линии устанавливают вычисленные отсчеты в перекрестие сетки нитей. Пятка рейки будет определять точку, лежащую на линии проектного заданного уклона. Эти точки фиксируют колышками соответствующей высоты.

Контроль

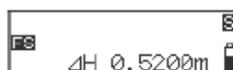
Название точки	Фактические отсчеты b_n , мм	Проектные отсчеты a_n , мм	Рабочие отметки r_n , мм	Отклонения ΔH , мм
1				
2				
3				
4				
5				

Линию заданного проектного уклона можно построить цифровым нивелиром SOKKIA SDL30 используя встроенную функцию «Вынос превышения» (меню **Set out**→**Ht.-Diff**).

Последовательность работы



1. Устанавливают нивелир примерно на расстоянии 3-х метров от исходной точки А

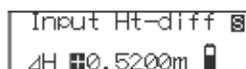


6. Выполните измерения на передней точке, например. Точке 1.

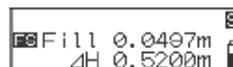


2. В режиме меню выберите “Set-out” (Вынос), а затем выберите “Ht-diff” (Превышение)

Инструмент вычисляет разность между измеренным и введенным значением и выводит результат.

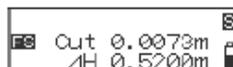


3. Введите значение превышения, которое вы хотите вынести в натуру. В нашем случае значение превышения равно величине $\Delta = l * i_{np}$



7. Переместите рейку на значение, указанное на экране, и возьмите еще один отсчет по передней рейке.

4. Выполните измерения задней точки. Инструмент берет отсчет по задней рейке и выводит результат.

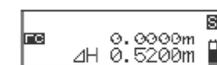


Если на экране показано “Fill”, перемещайте рейку вверх. Если на экране показано “Cut”, перемещайте рейку вниз.

Если на экране показан “0”, точка вынесена на проектную отметку.



5. Выберите “Yes” для подтверждения значения.



8. Нажмите или .

Вынос превышения завершен.

Выполните вынос следующей точки



5. Устанавливают нивелир примерно на расстоянии 3-х метров от исходной точки А

Результаты отклонений ΔH записать в таблицу. Сделать вывод по результатом выполненной работы

Вывод: _____

Лабораторная работа № 6

Работа с электронным тахеометром Trimble M3 DR

Задание 1. Изучить устройство и технические характеристики электронных тахеометров Trimble M3 DR (2/5")

Электронный тахеометр – оптико-электронный прибор, совмещающий в себе электронный (кодовый) теодолит, светодальномер, вычислительное устройство и регистратор информации. С помощью тахеометра можно измерять горизонтальные и вертикальные углы (зенитные расстояния); наклонные дальности и горизонтальные проложения, определять превышения и приращения координат между точками местности. Электронные тахеометры снабжены микропроцессорами, позволяющими автоматизировать процесс измерения, решать различные геодезические задачи, обеспечивать управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение. В комплект тахеометра входят штатив, вехи, отражатели, источники питания, разрядно-зарядное устройство. Наиболее известными мировыми производителями электронных тахеометров, представленных на нашем рынке являются швейцарская компания Leica Geosystems AG с брендом Leica, американская Trimble Navigation с брендами Nikon и Trimble, японская компания Sokkia с брендами Sokkia и Topcon, китайская South Surveying & Mapping Instrument Co и др. .

Технические характеристики Trimble M3 DR 2"/5"

Двухосевой автоматический компенсатор $\pm 3''$,

Дальность измерения расстояний по призме:

Лист-отражатель (5x5 см) - 270 м

Стандартная призма (1P) -3000 м

Безотражательный режим

Образцовая цель 300 м -

Точность измерения расстояний

По призме (2 + 2 ppm x D) мм)

Безотражательный режим

(3 + 2 ppm x D) мм)

Точность угловые измерения

2"/5"

Время непрерывной работы

Непрерывное измерение дальности и углов

около 12 часов

Измерение дальности и углов 1 раз в 30 сек

около 26 часов

Центрир

Лазерный/ оптический

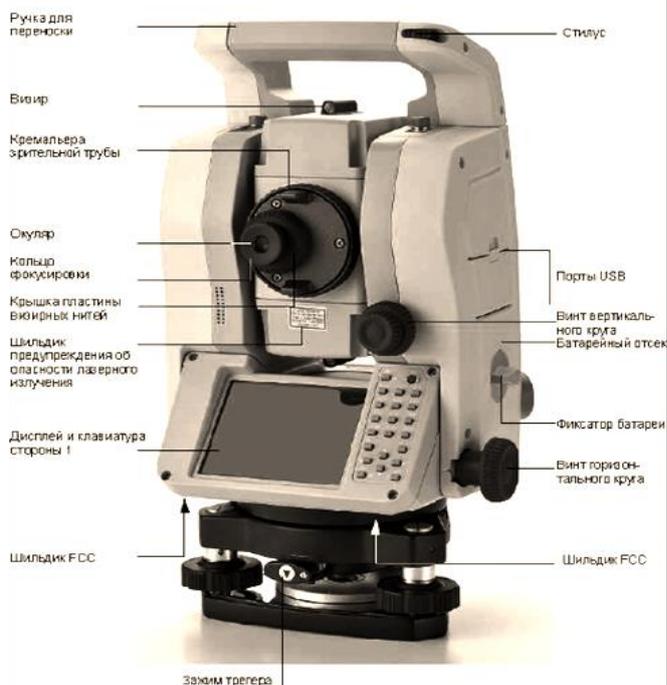


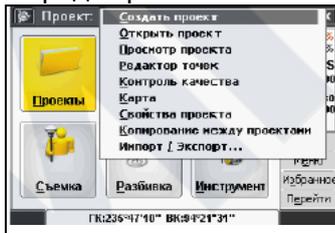
Рис. 15 – Электронный тахеометр Trimble M3

Задание 2. Выполнить установку тахеометра на станции (на точке с известными координатами и заданному дирекционному углу). Зарисовать схему с исходными данными

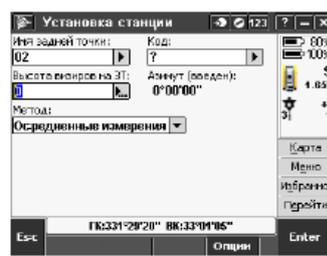
Комплект приборов: электронный тахеометр, штатив, веха с отражателем, рулетка.

Схема	Исходные данные:

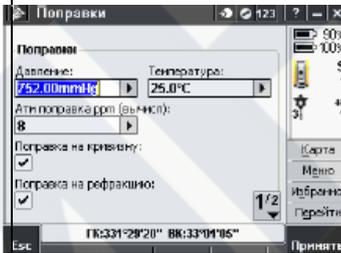
Порядок работы:



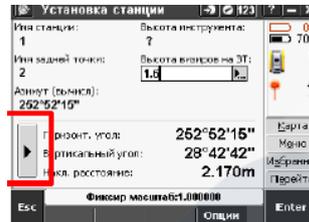
1. Установите тахеометр над точкой, выполните центрирование и горизентирование.
2. Создайте новый проект (дата+номер группы).



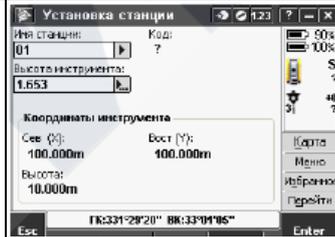
5. Введите имя задней точки и высоту цели. Если для точки неизвестны координаты, можно ввести азимут.



3. Выполните установку станции **Установка станции**. Установите поправки связанные с инструментом: атмосферные, за кривизну земли и рефракцию



6. Выберите опцию в поле *Метод*. Наведите на центр задней цели и нажмите кнопку *Изменить* и *Запись*.



4. Введите имя станции **Доступны следующие опции измерений:** *Углы и расстояния* - измерение горизонтального и вертикального углов и наклонного расстояния;

Углы и расстояния - измерение горизонтального и вертикального углов и наклонного расстояния;

Усреднение измерений - измерение горизонтальных и вертикальных углов, а так же наклонных расстояний для установленного количества наблюдений;

Только углы - измерение горизонтального и вертикального углов;

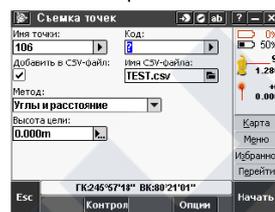
а также различные варианты съемок **с угловыми и линейными домерами**.

Задание 3. Измерить точки тахеометром, используя разные методы измерений

Порядок работы:

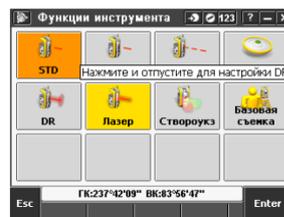
1. В меню *Съемка* выберите *Съемка точек*.
2. Введите значение в поле *Имя точки* (при необходимости введите код объекта в поле *Код*).
3. В поле метод выберите метод измерения расстояния (углы и расстояния).
4. Введите значение в поле *Высота цели* и нажмите *Начать*.

5. Если выбран пункт *Просмотр до сохранения* в стиле съемки на экране появится информация о выполненном измерении. Отредактируйте при необходимости высоту цели и код и нажмите *За-*



писать для сохранения точки. Если пункт *Просмотр до сохранения* не был выбран, точка сохраняется автоматически и ее имя увеличивается.
6. Выполните съемку нескольких точек в безотражательном режиме. Для этого нажмите иконку инструмента на панели состояния и выберите DR и введите высоту цели (0.000 м).

Для включения лазера нажмите иконку инструмента на панели состояния и далее лазерный указатель (при включенном DR режиме).



использует его для вычисления координат точки с горизонтальным и вертикальными углами из второго измерения.

Метод углового домера по вертикали сохраняет горизонтальное положение и горизонтальный угол из первого измерения и использует его для вычисления координат точки с вертикальными углами из второго измерения.

Метод углового домера по горизонтали сохраняет наклонное расстояние и вертикальный угол из первого измерения и использует его для вычисления координат точки с горизонтальным углом из второго измерения.

При съемке в безотражательном режиме лазерный указатель позволяет не смотреть через зрительную трубу во время измерения точек.

7. Выполните съемку нескольких точек, используя метод домеров. **Метод углового домера** сохраняет горизонтальное положение из первого измерения и

Задание 4. Выполнить установку электронного тахеометра на станции методом обратной засечки

Вычисления координат станции может быть выполнено: измерением минимум двух углов и расстояний до разных точек (обратная линейно-угловая засечка); измерением трех углов до разных точек (обратная угловая засечка).

Порядок работы

1. Вы берите меню *Съемка Установка Станции / Обратная засечка.*

2. Установите поправки связанные с инструментом: атмосферные, за кривизну земли и рефракцию.

2. Введите имя станции стояния и высоту инструмента.

3. Введите имя первой задней точки и высоту цели. Выберите тип измерений в поле *Метод.*

4. Наведитесь на центр цели и нажмите *Измерить.*

Таким же образом измерьте остальные точки

5. Когда будет достаточно данных для расчета обратной засечки,

автоматически

появляется экран *Невязки обратной засечки.*

Точка	ΔГК	ΔВК	ΔНакл...
В	0°00'00"	-0°00'04"	0.000m
× А	-0°00'00"	-0°00'01"	0.000m
× S102	0°00'00"	0°00'07"	0.000m



Для просмотра результата (*Результат*)

6. Нажмите запись для сохранения результатов.

Схема обратной засечки и результаты:

Данный экран используются для наблюдение большего количества точек (+ *Точка*);

Задание 4. Определить площадь помещения

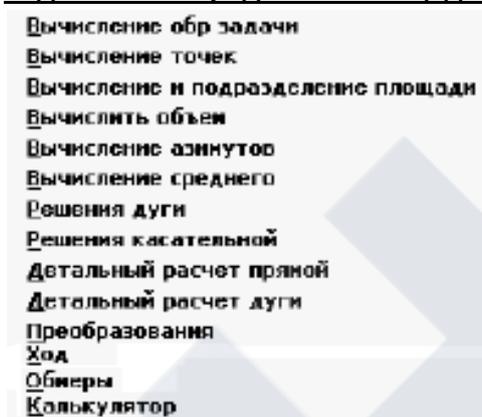
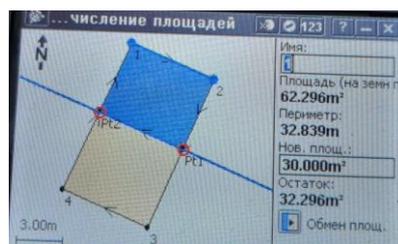


Рис. 16 – Пункт меню «Расчеты»

Программное обеспечение электронного тахеометра (пункт меню *Расчеты*) позволяет решать различные задачи координатной геометрии: прямая и обратная геоэзические задачи, вычисление координат, дуг, площадей, объемов и др. (рис.16). Для вычислений можно использовать как результаты измерений так и координаты точек введенные вручную.

Встроенная программа *Вычисление и подразделение площадей* позволяет вычислить площадь и разделить ее одним из методов: параллельная линия или бровка. При этом вычисляются координаты новых точек пересечения .

Для определения площади помещения (аудитории) измерьте 4 угла в безотражательном режиме и сохраните точки. Далее выберите пункт меню *Расчеты* → *Вычисление площадей* и последовательно укажите номера точек вручную (или выберите их на карте). Далее выберите метод *параллельная линия* и введите новую площадь. Введенная новая площадь залита синим цветом, а точки пересечения называются Pt1, Pt2 и т.д. Можно выполнить обмен площадями и сохранить в память тахеометра точки пересечения.



Результаты :

Площадь _____ м²

Периметр _____ м

Задание 5. Определить высоту недоступного объекта

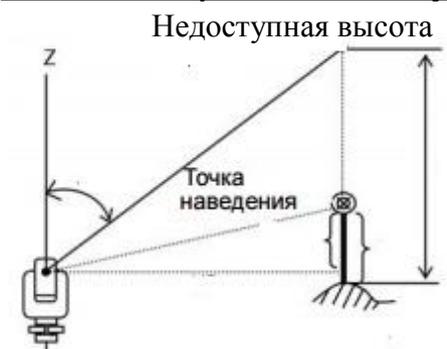


Рис. 17 – Определение высоты недоступного объекта

Устанавливают отражатель над точкой, высоту которой необходимо измерить. В меню *Съемка* выберите *Съемка точек* → *Недоступный объект*. Зрительную трубу сначала наводят на отражатель, а в память прибора вводят высоту отражателя и выполняют измерение. Затем наводят трубу на точку с недоступной высотой. Высота объекта отображается на дисплее. Аналогично можно измерить ширину недоступного объекта.



Результаты: _____

Задание 6. Разбивка основных осей здания на местности электронным тахеометром

Вынести на местность точки пересечения основных осей (углы здания прямоугольной формы) по готовому разбивочному чертежу полярным способом электронным тахеометром. Разбивочный чертеж выдается преподавателем.

Программное обеспечение электронного тахеометра позволяет вычислить разбивочные элементы по координатам, а также вынести в натуру точки по введенным вручную разбивочным элементам.

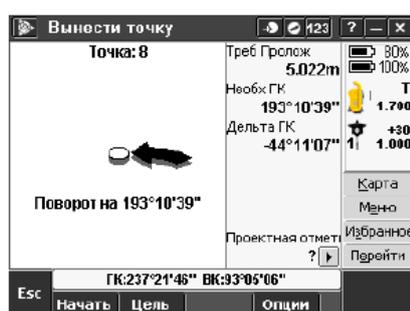
Порядок выполнения:

Создаем новый проект и вводим координаты исходных точек базиса А и В (см. лабораторную работу №3) и координаты проектных точек. Устанавливают тахеометр на точке А, измеряют высоту прибора и выполняют ориентирование на точку В.

Заходим в пункт меню **Съемка** → **Разбивка**.

Выбирают из списка проектную точку например 1.

В данном режиме включается графическое окно экрана разбивки.



По направлению, полученного при построении проектного угла, устанавливаем вежу с отражателем на расстоянии близком к проектному (приблизительно). Прибор выполняет измерения и вычисляет координаты места установки отражателя.



По разности проектных и фактических координат программа вычисляет элементы смещения: угловой и линейный. После чего вежу смещают и точка принимает координаты, равные проектным значениям.

После закрепления точки выполняют контрольные измерения.

Учебное издание

Составители:

Кандыбо Светлана Николаевна

Смулько Татьяна Владимировна

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

для студентов 5 курса специальности
1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство

*Текст печатается в авторской редакции,
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Кандыбо С.Н.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Кандыбо С.Н.

Подписано в печать 22.09.2020 г. Формат 60x84 1/8. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 2,79. Уч. изд. л. 3,0. Заказ № 845. Тираж 21 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.