

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве практикума для обучающихся по специальности
21.05.04 Горное дело (уровень специалитета)

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.5
М279

Авторский коллектив:
*В. С. Писарев, Н. М. Рябова,
А. В. Никонов, Т. М. Медведская*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор СГУГиТ *А. А. Шоломицкий*
кандидат технических наук, ведущий инженер научно-технического отдела ООО «Новосибирский инженерный центр»
А. В. Владыкина

М279 Маркшейдерско-геодезические приборы : практикум / В. С. Писарев, Н. М. Рябова, А. В. Никонов, Т. М. Медведская. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 72 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-907513-39-6

Практикум подготовлен кандидатами технических наук, доцентами В. С. Писаревым, Н. М. Рябовой, А. В. Никоновым на кафедре инженерной геодезии и маркшейдерского дела СГУГиТ и кандидатом технических наук Т. М. Медведской.

В практикуме освещены основные вопросы, связанные с изучением маркшейдерско-геодезических приборов (теодолитов, нивелиров, электронных тахеометров), а также принципов измерения углов, превышений и выноса точек в натуру по координатам. В практикуме содержатся сведения о конструктивных особенностях и принципе работы беспилотных летательных аппаратов. Приведены практические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Практикум по дисциплине «Маркшейдерско-геодезические приборы» предназначен для обучающихся по специальности 21.05.04 Горное дело (уровень специалитета), а также может быть использован для обучающихся по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия.

Рекомендован к изданию кафедрой инженерной геодезии и маркшейдерского дела, Ученым советом Института геодезии и менеджмента СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.5

ISBN 978-5-907513-39-6

© СГУГиТ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Изучение устройства теодолита и принципов измерения углов	6
Лабораторная работа № 2. Устройство и поверки нивелиров с компенсатором.....	20
Лабораторная работа № 3. Поверки электронного тахеометра и основные приемы работы при решении инженерных задач	35
Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и принципов работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)	52
Библиографический список.....	69
Приложение. Требования к зачету	71

ВВЕДЕНИЕ

Современные геодезические приборы должны обеспечивать высокую производительность труда, достаточную точность измерений, высокую надежность при эксплуатации и транспортировке в полевых условиях, простоту и удобство измерительных операций.

В настоящее время горный инженер должен хорошо знать устройство геодезических приборов, чтобы правильно их выбирать, успешно применять и устранять в случае необходимости их неисправности, а также участвовать в разработке новых высокопроизводительных геодезических приборов. Требования к современным геодезическим приборам определяются актуальностью автоматизации геодезических работ и крупномасштабных съемок, условиями эксплуатации, транспортировки и хранения приборов, необходимой точностью измерений, техническими и технологическими возможностями заводов-изготовителей, новыми запросами потребителей.

В данном учебном издании представлены темы, цели и задачи лабораторных занятий, краткий теоретический материал, задания, контрольные вопросы и методические рекомендации по выполнению лабораторных работ в объеме, определенном рабочей программой дисциплины «Маркшейдерско-геодезические приборы».

Учебное издание нацелено на усвоение и закрепление теоретического материала, проверку знаний, формирование деятельностной составляющей профессиональных компетенций выпускников специальности 21.05.04 Горное дело.

Цель практикума «Маркшейдерско-геодезические приборы» – методическое обеспечение организации и управления самостоятельной работы обучающихся в процессе выполнения лабораторных работ, а также закрепление знаний и умений по следующим разделам:

- изучение теории оптических и оптико-электронных систем;
- изучение устройства механических узлов маркшейдерско-геодезических приборов;
- изучение устройства теодолитов и принципов измерения углов;

- изучение устройства и выполнение поверок нивелиров с компенсатором;
- изучение устройства электронного тахеометра, выполнение поверок и освоение основных приемов работы с ним;
- изучение устройства и принципа работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Разработка лабораторной работы № 1 выполнена доцентом А. В. Никоновым, лабораторной работы № 2 и № 3 – доцентами Н. М. Рябовой и А. В. Никоновым совместно, лабораторной работы № 4 – доцентами В. С. Писаревым и Т. М. Медведской совместно.

Лабораторная работа № 1.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕОДОЛИТА И ПРИНЦИПОВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Цель работы: изучить устройство теодолита 2Т5К, выполнить измерение горизонтальных углов и углов наклона.

Задачи работы

1. Ознакомиться с устройством теодолита 2Т5К и его отсчетной системой.
2. Выполнить основные поверки теодолита и его юстировку (при необходимости).
3. Измерить горизонтальный угол способом отдельного угла.
4. Выполнить измерение углов наклона, вычислить расстояние и превышение.

Перечень обеспечивающих средств

1. Теодолит 2Т5К.
2. Штатив типа ШР-160.
3. Шашечная рейка типа РН-3000.
4. Рулетка.
5. Отвертка и юстировочный ключ.
6. Учебно-методическая литература и паспорт теодолита 2Т5К.

Задание

1. Изучить принципиальное устройство и технические характеристики теодолита 2Т5К и его отсчетной системы.
2. Выполнить поверку цилиндрического уровня.
3. Выполнить поверку коллимационной ошибки.
4. Выполнить поверку места нуля.
5. Выполнить поверку оптического центра.

6. Измерить горизонтальный угол способом отдельного угла.

7. Выполнить измерение углов наклона, вычислить расстояние и превышение.

Общие теоретические сведения

В соответствии с ГОСТ 10529–96 «Теодолиты. Общие технические условия» теодолиты подразделяют на высокоточные (Т1), точные (Т2 и Т5) и технические (Т15, Т30, Т60). Теодолит 2Т5К (рис. 1.1) – один из приборов серии «2Т», относится к точным теодолитам и по внешнему виду унифицирован с теодолитом типа 2Т2.

Основные технические характеристики теодолита 2Т5К представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные технические характеристики теодолита 2Т5К [4]

Характеристика	Значение
Средняя квадратическая ошибка (СКО) измерения одним приемом горизонтального угла вертикального угла	5" 7–8"
Зрительная труба увеличение, крат поле зрения пределы фокусирования	27,5 1° 30' 2 м... ∞
Компенсатор диапазон действия точность компенсации	±3,5' 2"
Отсчетная система диаметр горизонтального лимба, мм диаметр вертикального лимба, мм цена деления лимбов цена наименьшего деления шкалы микроскопа погрешность отсчитывания, не более	95 70 1° 1' 0,1'
Цена деления уровня при алидаде горизонтального круга	30" / 2 мм
Масса теодолита с подставкой, кг	4,2
Общая высота теодолита, мм	335
Температурный диапазон работы	–40 °С ... +50 °С

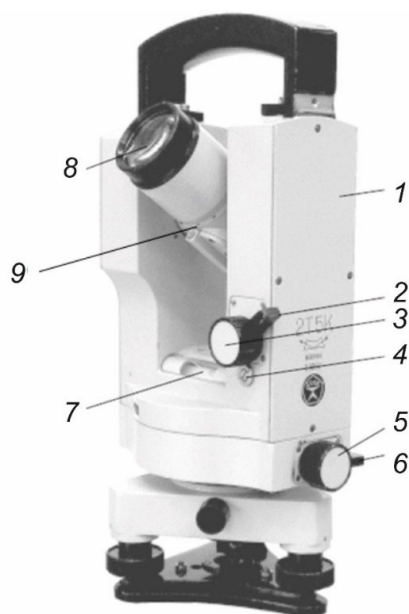


Рис. 1.1. Теодолит 2Т5К, вид со стороны цилиндрического уровня:

1 – боковая крышка колонки; 2, 6 – закрепительные курки; 3, 5 – наводящие винты вертикального и горизонтального кругов соответственно; 4 – юстировочный винт уровня при алидаде горизонтального круга; 7 – уровень при алидаде горизонтального круга; 8 – объектив зрительной трубы; 9 – клиновое кольцо

Теодолит 2Т5К относится к оптическим теодолитам с односторонним отсчетом по кругам. Зрительная труба ахроматическая, астрономическая (дает обратное изображение предметов), переводится через зенит обоими концами. Юстировка коллимационной ошибки производится при помощи механического клина, поворачивающего один из компонентов объектива трубы.

Теодолит 2Т5К снабжен компенсатором с диапазоном работы $\pm 3,5'$. Оптическим элементом компенсатора в теодолите 2Т5К является прямоугольная призма 8, закрепленная на штанге 5 маятника с помощью оправы (рис. 1.2). К нижней части штанги прикреплен успокоитель 6 (демпфер воздушного типа). Принято считать необходимым, чтобы успокоитель гасил вынужденные колебания не более чем за 2 с, прошедшие с момента их возникновения [4].

Согласование моментов пружины и маятника компенсатора достигается изменением свободной длины пружины 9 или перемещением грузика (эти процедуры выполняются заводом-изготовителем или при необходимости – специалистом в мастерской). Свободную длину пружины изменяют

перемещением ограничивающих пластин 4. Верхняя часть пружины закреплена на неподвижном кронштейне, установленном на плате. Ограничитель 3 предохраняет пружину от повреждений при значительных деформациях. Пружина подвеса изготовлена из листовой бронзы толщиной 0,07 мм. Свободная длина пружины устанавливается в пределах 1,4–1,6 мм, исходя из условия полной компенсации в конкретном приборе [4].

На рис. 1.3 показан теодолит со снятой боковой крышкой. Плата 7 с закрепленными на ней оптическими элементами отсчетной системы вертикального круга закреплена в колонке четырьмя винтами. Штанга 5 компенсатора на пружинном подвесе установлена на кронштейне с помощью двух винтов 6. Успокоитель 2 маятника компенсатора круглой формы сопряжен с гнездом 1 [4].

Место нуля исправляется в полевых условиях вращением исправительного винта, расположенного на колонке, при этом призма 3, закрепленная на кронштейне, наклоняется, изменяя отсчет по вертикальному кругу.

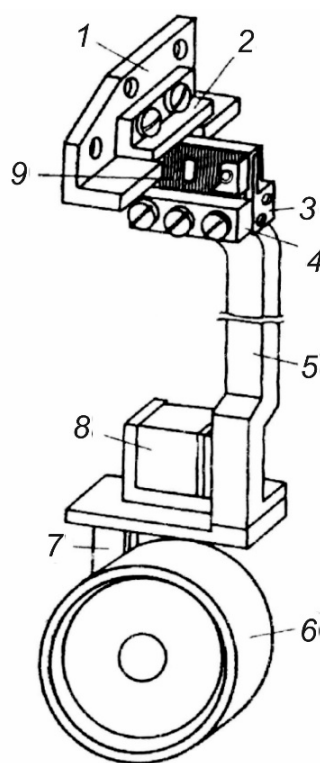


Рис. 1.2. Конструкция компенсатора теодолита 2Т5К [4]:

1 – плата; 2 – неподвижный кронштейн; 3 – ограничитель; 4 – ограничитель пластины; 5 – штанга маятника; 6 – успокоитель; 7 – грузик; 8 – призма; 9 – пружина

Кронштейн, установленный на горизонтальной плоскости колонки, несет две линзы объектива отсчетной системы горизонтального круга, которые закреплены винтами 9 и 11 [4].

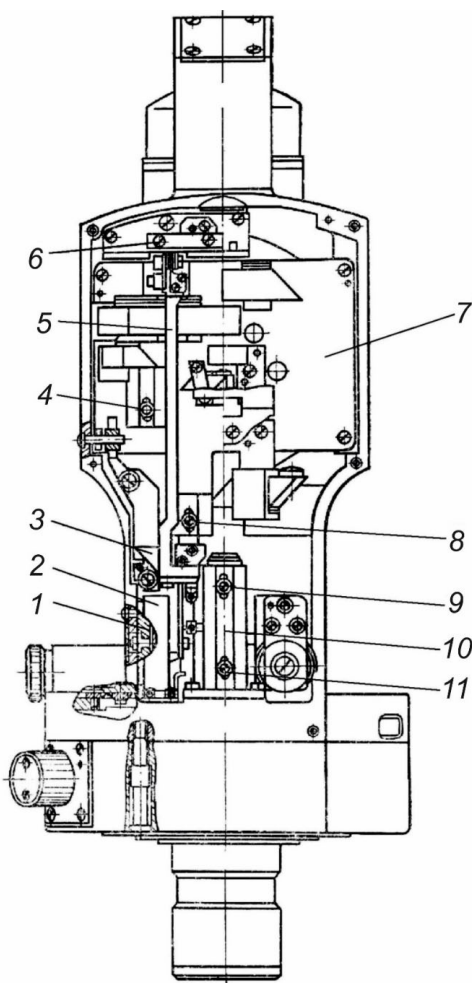


Рис. 1.3. Теодолит 2Т5К со снятой боковой крышкой [4]:

1 – гнездо успокоителя; 2 – успокоитель; 3 – призма; 4, 8, 9, 11 – винты крепления линз; 5 – штанга маятника; 6 – винт; 7 – плата; 10 – кронштейн

Для предварительной установки отсчета по горизонтальному кругу и отыскания направлений теодолит снабжен кругом-искателем с ценой деления 1° . Закрепительные и наводящие устройства совмещены на одной оси, рукоятки закрепительных устройств куркового типа [14].

Стеклянные лимбы разделены через 1° . Вертикальный круг имеет подписи секторами от 0 до 75° и от -0 до -75° , причем 0° и -0° отстоят друг от друга на одно деление [13].

В теодолите 2Т5К для взятия отсчетов применен шкаловый отсчетный микроскоп, поле зрения которого представлено на рис. 1.4. Шкаловым микроскопом называют оптическое устройство для взятия отсчетов по равномерным шкалам (таким как лимбы угломерных кругов теодолитов), состоящее из микроскопа и отсчетной шкалы, штрихи которой нарезаны на стеклянной пластинке. Изображения штрихов лимба проецируются в плоскость этой шкалы и являются отсчетными индексами. Конструктивно длина отсчетной шкалы равна величине изображения одного деления лимба. Так, в теодолите 2Т5К градусному делению лимба соответствует шкала в 60 делений, на которой подписаны десятки минут. При взятии отсчета десятки и единицы минут прочитываются по шкале, а десятые доли минуты берутся на глаз, т. е. взятие отсчетов по кругам производится с дискретностью $0,1'$ [15].

Шкала отсчетного микроскопа для отсчитывания по вертикальному кругу имеет двойную оцифровку с тем, чтобы обеспечить непосредственное отсчитывание отрицательных углов наклона. На рис. 1.4 отсчет по вертикальному кругу равен $-1^{\circ} 35,3'$, по горизонтальному кругу $121^{\circ} 08,5'$.

Угол наклона, измеренный при круге слева (при основном положении теодолита), имеет положительное значение, если визирная цель расположена выше горизонта, и отрицательное, если цель расположена ниже горизонта.

Изображения кругов в поле зрения отсчетного микроскопа обозначены буквами «В» и «Г» и оттенены разным фоном: вертикальный – голубым, горизонтальный – желто-зеленым [13].

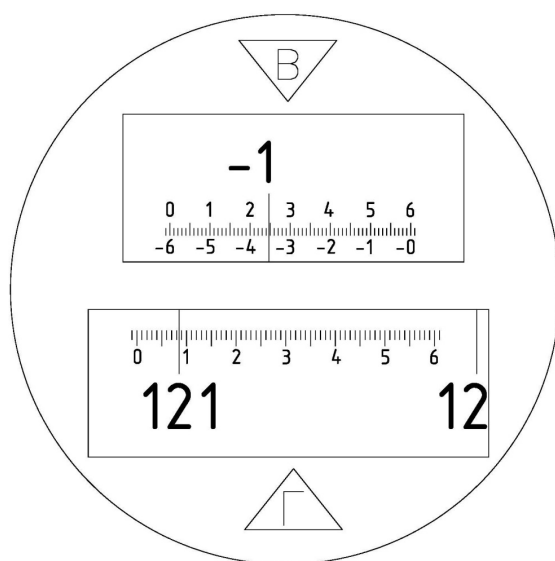


Рис. 1.4. Вид поля зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т5К

Порядок выполнения работы

Задание 1. Изучить принципиальное устройство и технические характеристики теодолита 2Т5К и его отсчетной системы

Ознакомиться с устройством теодолита 2Т5К, используя паспорт прибора, настоящий практикум и при необходимости дополнительную литературу [4, 5, 13, 14]. Выполнить самоконтроль усвоения материала путем ответов на контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

Задание 2. Выполнить поверку цилиндрического уровня

Условие: ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.

Выполнение поверки цилиндрического уровня при горизонтальном круге теодолита стандартным способом должно быть известно из курса геодезии. Поэтому приведем здесь описание выполнения этой поверки по способу Г. Ф. Лысова. Устанавливают уровень параллельно одной из сторон подставки, например 1–2 (рис. 1.5, положение I), и, действуя винтами 1 и 2, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Повернув алидаду на 60° и расположив уровень по направлению винтов 2 и 3 (положение II), приводят винтом 3 пузырек уровня на середину. Наконец, вращая алидаду, устанавливают уровень по направлению винтов 1 и 3 (положение III). Если при этом положении пузырек уровня сместится, его отклонение устраняют исправительным винтом уровня, т. е. перемещают пузырек на полную дугу отклонения [7].

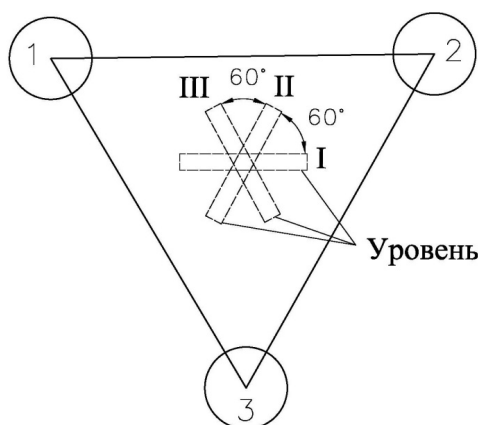


Рис. 1.5. Последовательность установки уровня при поверке по способу Г. Ф. Лысова [7]

Задание 3. Выполнить поверку коллимационной ошибки

Условие: визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси теодолита.

Выбирают четкую визирную цель, удаленную от прибора на расстоянии не менее 50 м. Цель должна располагаться приблизительно на уровне вращения зрительной трубы (отсчет по вертикальному кругу не более $\pm 2^\circ$).

При основном положении теодолита наводят зрительную трубу на визирную цель и берут отсчет по горизонтальному кругу $КЛ_1$. Выполняют повторное наведение на цель при другом положении круга и берут отсчет $КП_1$. После этого освобождают закрепительный винт подставки и поворачивают теодолит примерно на 180° и снова закрепляют его. Выполняют визирование на ту же цель при двух положениях круга и берут, соответственно, отсчеты $КЛ_2$ и $КП_2$.

Коллимационная ошибка c вычисляется по формуле

$$c = 0,25[(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)]. \quad (1.1)$$

Коллимационную ошибку аналогичным образом выполняют второй раз, и если разность между значениями из двух определений не превышает $15''$, то вычисляют среднее арифметическое. Среднее арифметическое значение коллимационной ошибки также не должно превышать $15''$, в противном случае выполняется юстировка.

Для юстировки с помощью наводящего винта 5 (рис. 1.1) устанавливают по горизонтальному кругу отсчет $КП_0$

$$КП_0 = КП_2 + c. \quad (1.2)$$

После этого специальным юстировочным ключом вращается клиновое кольцо 9 (см. рис. 1.1) до тех пор, пока не совместится изображение визирной цели и вертикальной нити сетки нитей (или биссектора). После юстировки поверку необходимо повторить.

Задание 4. Выполнить поверку места нуля

Условие: место нуля (M_0) должно быть близко к нулю.

Как известно, местом нуля называют отсчет по вертикальному кругу, при котором визирная ось занимает горизонтальное положение. Место нуля вертикального круга определяют путем визирования на удаленную цель при двух положениях теодолита. Вычисления производят по формуле

$$M_0 = \frac{КЛ + КП}{2}. \quad (1.3)$$

Как и при определении коллимации, M_0 определяют дважды, допустимое расхождение между двумя значениями составляет $15''$. За окончательное значение принимают среднее арифметическое, которое не должно превышать $15''$. При $M_0 > 15''$ выполняется юстировка. Для этого необходимо установить отсчет по лимбу

$$КП_0 = КП - M_0. \quad (1.4)$$

Отсчет выставляется с помощью юстировочного винта, расположенного на колонке теодолита. После юстировки поверка повторяется.

Задание 5. Выполнить поверку оптического центрира

Условие: визирная ось оптического центрира должна совпадать с осью вращения теодолита.

Закрепляют теодолит на штативе и тщательно приводят ось его вращения в отвесное положение. Наблюдая в окуляр оптического центрира, острым карандашом отмечают положение центра на листе бумаги (либо двигают лист бумаги с начерченным перекрестием до совмещения с центром окружности в поле зрения центрира). После этого поворачивают алидаду на 180° и оценивают смещение карандашной метки относительно центра малой окружности (центра сетки) [7]. Смещение, равное $0,5$ радиуса малой окружности сетки нитей, соответствует погрешности центрирования, равной $0,8 S$ мм, где S – высота штатива в метрах. Например, при $S = 1,2$ м погрешность составит 1 мм. При смещении более $0,5$ радиуса рекомендуется выполнить юстировку центрира, описание которой дано в паспорте к прибору.

Задание 6.

Измерить горизонтальный угол способом отдельного угла

Для начала выполнения задания необходимо отцентрировать теодолит над заданной точкой и отгоризонтировать его. Допустим, теодолит установлен над точкой $PP8$ (рис. 1.6). Необходимо измерить угол между направлениями на марки $OP1$ и $OP2$.

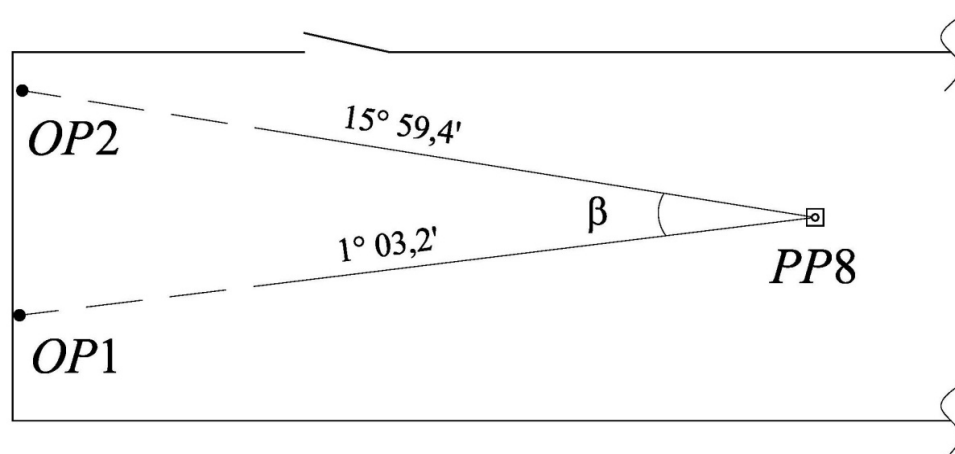


Рис. 1.6. Схема измерения горизонтального угла

Для исключения возможного увлечения лимба при измерении угла в приеме вращение алидады производят в одну сторону (например, по часовой стрелке). Во втором приеме вращение алидады осуществляют в противоположном направлении (против часовой стрелки).

Измерение угла одним приемом выполняется в следующей последовательности:

- наводят зрительную трубу на левую визирную цель (марка $OP1$) и берут отсчет по горизонтальному кругу $1^{\circ} 03,2'$;
- наводят зрительную трубу на правую визирную цель (марка $OP2$) и берут отсчет $15^{\circ} 59,4'$;
- переводят трубу через зенит, поворачивают алидаду по ходу часовой стрелки на 180° и визируют на марку $OP2$ (отсчет $195^{\circ} 58,5'$);
- завершают измерения визированием на марку $OP1$ при круге справа и взятием отсчета $181^{\circ} 02,5'$.

Полученные отсчеты в процессе измерений заносятся в журнал специальной формы (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Измерение горизонтального угла способом отдельного угла

Станция	Полуприем	Точка ви- зирования	Отсчеты по горизонталь- ному кругу	Значение угла в полу- приеме	Значе- ние угла в приеме
PP8	КЛ	OP1	1°03,2'	14°56,2'	14°56,1'
		OP2	15°59,4'		
	КП	OP1	181°02,5'	14°56,0'	
		OP2	195°58,5'		

Если расхождение между значениями угла из двух полуприемов не превышает 0,2', то измерения выполнены качественно, и вычисляют окончательное значение угла в приеме (14°56,1'), найденное как среднее из КЛ и КП.

Задание 8.

Выполнить измерение углов наклона, вычислить расстояние и превышение

При производстве геодезических работ часто возникают ситуации, когда требуется измерить угол наклона, например при определении расстояния параллактическим методом или определении превышения из тригонометрического нивелирования. Допустим, теодолит установлен над точкой 1, а нивелирная рейка в точке 2 (рис. 1.7). Необходимо найти горизонтальное проложение d по измеренным углам наклона φ_v и φ_n , полученным при визировании на верхний (в) и нижний (н) штрихи рейки соответственно.

Для выполнения задания устанавливают теодолит на штативе и приводят его в рабочее положение. Во второй точке ставят вертикально шашечную нивелирную рейку. Далее при круге слева выполняют визирование на какую-либо точку в верхней части рейки, например соответствующую отсчету 2 000, берут отсчет по вертикальному кругу КЛ. После этого переводят трубу через зенит и повторяют измерения на ту же точку при круге справа, получают отсчет КП. Угол наклона φ_v на точку, свободный от влияния M_0 , вычисляется по формуле

$$\varphi_B = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (1.5)$$

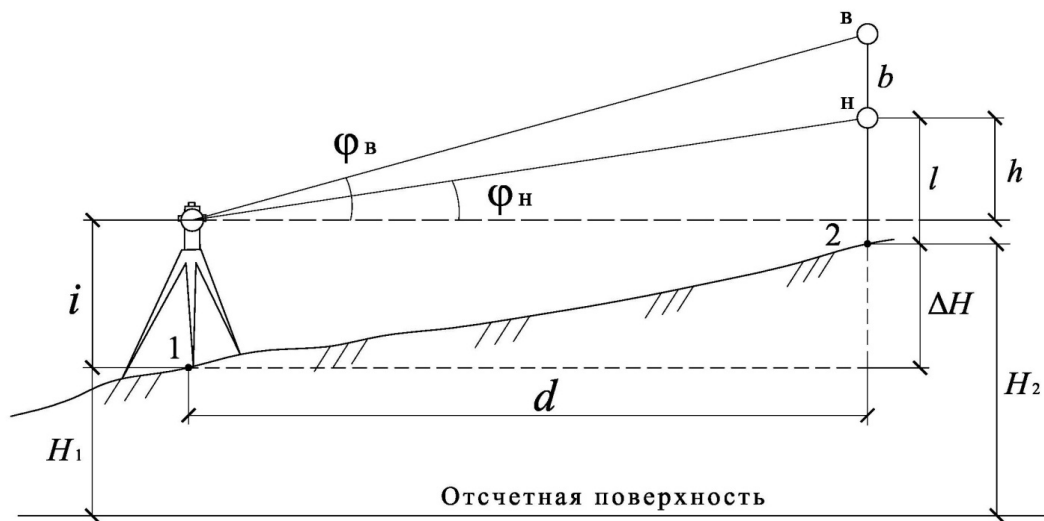


Рис. 1.7. Схема определения расстояния параллактическим методом

Аналогичным образом (при двух положениях круга) находят угол наклона φ_H при визировании на нижнюю точку, например соответствующую отсчету по рейке 1 000.

На основании рис. 1.7 можно составить следующие уравнения [6]

$$\left. \begin{aligned} d \operatorname{tg} \varphi_B &= h + b \\ d \operatorname{tg} \varphi_H &= h \end{aligned} \right\}, \quad (1.6)$$

где h – превышение нижней цели над осью вращения зрительной трубы;

b – расстояние между верхней и нижней точками рейки (длина вертикального базиса).

При вычитании из одного равенства системы (1.6) другого получим

$$d (\operatorname{tg} \varphi_B - \operatorname{tg} \varphi_H) = b, \quad (1.7)$$

откуда выразим расстояние [6]

$$d = \frac{b}{\operatorname{tg} \varphi_B - \operatorname{tg} \varphi_H}. \quad (1.8)$$

Далее следует определить расстояние до рейки, используя формулу (1.8). Длина вертикального базиса b – есть разность отсчетов по рейке (в рассматриваемом примере $b = 2\,000 - 1\,000 = 1\,000$ мм или 1 м).

Полученный результат проконтролировать измерениями по нитяному дальномеру теодолита. Расположить зрительную трубу горизонтально (установить отсчет по вертикальному кругу, близкий к нулю), навестись на рейку и взять отсчет по верхней и нижней нитям сетки нитей. Вычислить расстояние до рейки по известной формуле

$$d = \Delta 100, \quad (1.9)$$

где Δ – разность отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям.

Найденное по формуле (1.9) расстояние выразить в метрах, сравнить с результатом вычислений по формуле (1.8) и сделать выводы.

По измеренным углам наклона и вычисленному по формуле (1.8) расстоянию d найти превышение ΔH между точками 1 и 2 (см. рис. 1.7)

$$\Delta H = i + d \operatorname{tg} \varphi_{\text{в}} - b - l = i + d \operatorname{tg} \varphi_{\text{н}} - l, \quad (1.10)$$

где i – высота прибора, измеренная рулеткой.

Проконтролировать полученный по формуле (1.10) результат следующим образом. Выставить по вертикальному кругу отсчет, равный месту нуля, т. е. расположить визирную ось строго горизонтально. Взять отсчет a по рейке (по средней нити). Превышение между точками определить по формуле геометрического нивелирования способом вперед

$$\Delta H = i - a. \quad (1.11)$$

Сравнить значения превышения, полученные по формулам (1.10) и (1.11), сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Согласно ГОСТ 10529–96 «Теодолиты. Общие технические условия» к какой группе теодолитов относят прибор 2Т5К?
2. Как расшифровываются цифры и буквы в обозначении «2Т5К»?
3. С каким интервалом разделены и оцифрованы горизонтальный и вертикальный лимбы теодолита 2Т5К?

4. Из каких основных элементов состоит компенсатор теодолита 2Т5К и каково его функциональное назначение?
5. Какую величину имеет диапазон работы компенсатора и какова точность компенсации?
6. При нарушении какого геометрического условия возникает коллимационная ошибка?
7. Что такое место нуля и как выполняется его поверка и юстировка?
8. С какой точностью берут отсчеты по кругам при работе с теодолитом 2Т5К?
9. В какой последовательности измеряют горизонтальный угол полным приемом?
10. Как измерить теодолитом 2Т5К угол наклона?
11. Что такое шкаловой отсчетный микроскоп?
12. Каково назначение встроенного оптического центрира?

Лабораторная работа № 2.

УСТРОЙСТВО И ПОВЕРКИ НИВЕЛИРОВ С КОМПЕНСАТОРОМ

Цель работы: изучить устройство и методику проведения поверок нивелиров с компенсатором.

Задачи работы

1. Ознакомиться с комплектностью нивелира, изучить его устройство и технические характеристики.
2. Изучить схему взаимного расположения геометрических осей нивелира с компенсатором.
3. Освоить методику проведения поверок нивелира с компенсатором.

Перечень обеспечивающих средств

1. Нивелир с компенсатором Pentax AP-128.
2. Штатив.
3. Нивелирная рейка.
4. Отвес.
5. Учебно-методическая литература и паспорт нивелира.

Задание

1. Ознакомиться с комплектностью нивелира Pentax AP-128, изучить его устройство и технические характеристики.
2. Выполнить поверку круглого уровня.
3. Выполнить поверку установки сетки нитей.
4. Выполнить поверку главного условия нивелира.
5. Выполнить проверку работоспособности компенсатора.

Общие теоретические сведения

Геометрическое нивелирование применяется для создания, развития и поддержания в рабочем состоянии государственных высотных сетей, а также для обеспечения широкого круга инженерных задач (строитель-

ство, изыскания и др.). При выполнении геометрического нивелирования определяется разность высот (превышение) двух и более точек земной поверхности. Для выполнения этого вида геодезических работ применяется нивелирный комплект, в который входит нивелир и две нивелирные рейки.

Выпускаемые в нашей стране нивелиры и нивелирные рейки должны соответствовать ГОСТ 10528–90 «Нивелиры. Общие технические условия». По точности измерений выделяют следующие группы нивелиров: высокоточные, точные и технические.

В зависимости от особенностей устройства нивелиры различают [16]:

- по способу взятия отсчета по рейке (визуально и автоматически);
- по способу формирования визирной линии (одиночный визирный луч у оптических нивелиров, лазерная плоскость у лазерных нивелиров и пучок лучей углового сектора у цифровых нивелиров);
- по способу приведения визирной линии в горизонтальное положение (уровненные и с компенсатором).

Нивелирные рейки классифицируются [16]:

- по конструкции (цельные, телескопические и складные);
- по материалу изготовления (деревянные, металлические и инварные);
- по нанесению штрихов на рейку (штрих-кодовые и метрические (шапечные или штриховые));
- по типу нанесения штрихов (односторонние и двухсторонние).

В настоящее время нивелиры с компенсатором более востребованы на производстве, чем нивелиры с уровнем. Принцип действия компенсатора основывается на автоматической установке визирной оси в горизонтальное положение. Важным конструктивным элементом любого компенсатора является демпфер – успокоитель колебания маятника. В геодезических приборах чаще всего применяются воздушные демпферы, в отдельных случаях используются жидкостные и электромагнитные демпферы.

Рассмотрим конструктивную схему нивелира с компенсатором маятникового типа на примере нивелира Koni-025 (рис. 2.1).

Конструкция оптической системы зрительной трубы включает в себя: объектив 1, фокусирующую линзу 2, сетку нитей 6 и окуляр 7. Встроенный в зрительную трубу компенсатор углов наклона состоит из жестко установленной призмы-крышки 5 на корпусе зрительной трубы и подвешенных

с помощью нитей двух прямоугольных призм 3, 4. К прямоугольным призмам укреплен маятник 9 с подвешенным к нему грузом 8 (демпфером – успокоителем колебаний маятника). Демпфер помещен в специальный корпус (кожух) 10. Между грузом и корпусом имеется воздушный зазор.

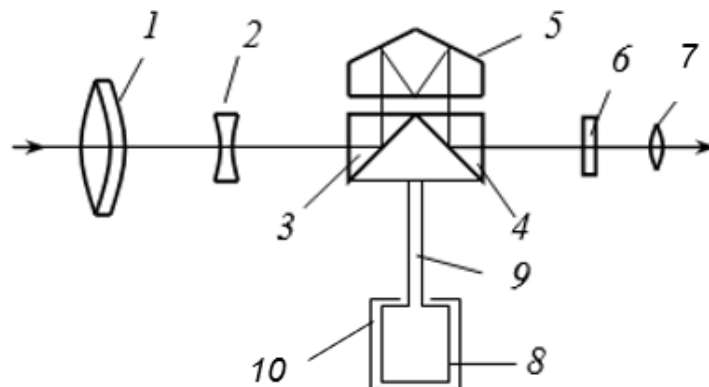


Рис. 2.1. Схема устройства нивелира Koni-025:

1 – объектив; 2 – фокусирующая линза; 3, 4 – прямоугольные призмы;
5 – призма крыша; 6 – сетка нитей; 7 – окуляр; 8 – груз маятника (демпфер);
9 – маятник; 10 – кожух

Принцип действия работы компенсатора состоит в следующем. При наклоне зрительной трубы нивелира наклоняется вся ее оптическая система, представленная на рис. 2.1. При этом прямоугольные призмы и маятник с подвешенным грузом под действием силы тяжести всегда будут стремиться занять отвесное положение. Поскольку движение груза маятника ограничено корпусом, то при наклоне зрительной трубы воздух, находящийся между грузом и корпусом, помогает тормозить колебания груза маятника. Таким образом, компенсатор будет оставаться в отвесном положении, компенсируя угол наклона зрительной трубы.

Существенным преимуществом нивелиров с компенсатором является отсутствие необходимости перед взятием отсчета приводить пузырек уровня в нуль-пункт. Нивелир с компенсатором обеспечивает получение более точных и надежных результатов измерений.

Рассмотрим комплектацию нивелира Pentax AP-128 (рис. 2.2). Согласно паспорту прибора в стандартную комплектацию входит: нивелир, шестигранный ключ, отвертка и отвес.

Внешний вид нивелира Pentax AP-128 представлен на рис. 2.3. Основные части нивелира с компенсатором:

- зрительная труба с компенсатором;
- несъемная подставка (трегер) с тремя подъемными винтами;
- вертикальная осевая система;
- горизонтальный лимб для угловых измерений;
- установочный круглый уровень;
- наводящие винты.



Рис. 2.2. Комплектация нивелира Pentax AP-128

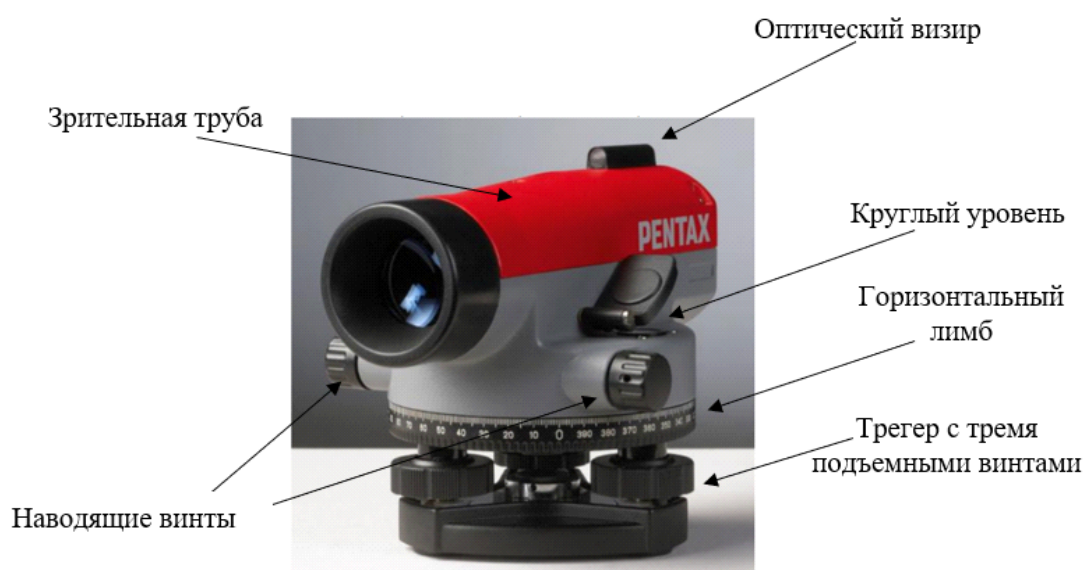


Рис. 2.3. Внешний вид нивелира с компенсатором Pentax AP-128

В рабочее положение нивелир приводится подъемными винтами по круглому установочному уровню. Наводящие винты имеют бесконечный ход, за счет чего обеспечивается плавное и точное наведение сетки нитей на нивелирную рейку в горизонтальной плоскости. Взятие отсчета по шашечной рейке производится визуально с точностью до 1 мм.

Нивелир Pentax AP-128 пригоден для выполнения геометрического нивелирования III и IV классов. Технические характеристики прибора представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технические характеристики нивелира Pentax AP-128

Параметры	Значения
Инструментальная СКО измерения превышения на 1 км двойного хода, мм	$\pm 1,5$
Зрительная труба	
изображение	прямое
увеличение, крат	28
диаметр входного зрачка, мм	30
наименьшее расстояние визирования, м	0,4
коэффициент дальномера	100
Компенсатор	
диапазон работы компенсатора	$\pm 15'$
точность установки	$\pm 0,5''$
Цена деления круглого установочного уровня	10' / 2 мм
Цена деления горизонтального лимба	1°
Масса, кг	1,3

Круглый (сферический) уровень применяется для предварительной установки нивелира в рабочее положение. Более точная его установка выполняется за счет встроенного в корпус зрительной трубы компенсатора. Круглый уровень (рис. 2.4, а) представляет собой стеклянную ампулу (в виде цилиндрического резервуара) 2, имеющую сферическую поверхность определенного радиуса R , которая заключена в металлическую оправу 4. Стеклянная ампула уровня частично заполнена жидкостью 3.

В оставшейся части стеклянной ампулы находится воздух 1 (пузырек уровня). На верхней наружной части ампулы 2 выгравировано несколько окружностей с общим центром O , который является нуль-пунктом круглого уровня (рис. 2.4, б).

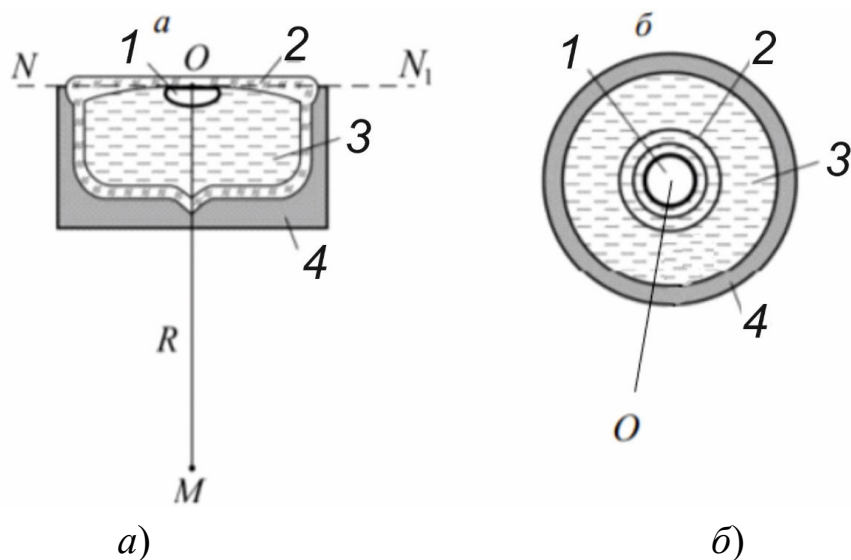


Рис. 2.4. Круглый уровень

За ось круглого уровня принимается нормаль OM к внутренней сферической поверхности, которая проходит через нуль-пункт O . Если через нуль-пункт O провести касательную NN_1 к сферической поверхности ампулы, то она будет перпендикулярна оси OM круглого уровня. При установке пузырька круглого уровня в нуль-пункт ось OM занимает отвесное положение.

Нивелир, как любой геодезический прибор, должен отвечать главным механико-технологическим условиям, под которыми понимается плавное перемещение всех подвижных частей нивелира, жесткость конструкции для обеспечения постоянства взаимного расположения рабочих частей прибора, качественное изготовление уровней и т. д.

Не менее важным является выполнение проверок прибора, заключающихся в проверке его геометрических условий (геометрической правильности взаимного расположения основных его осей). Взаимное расположение осей нивелира с компенсатором представлено на рис. 2.5.

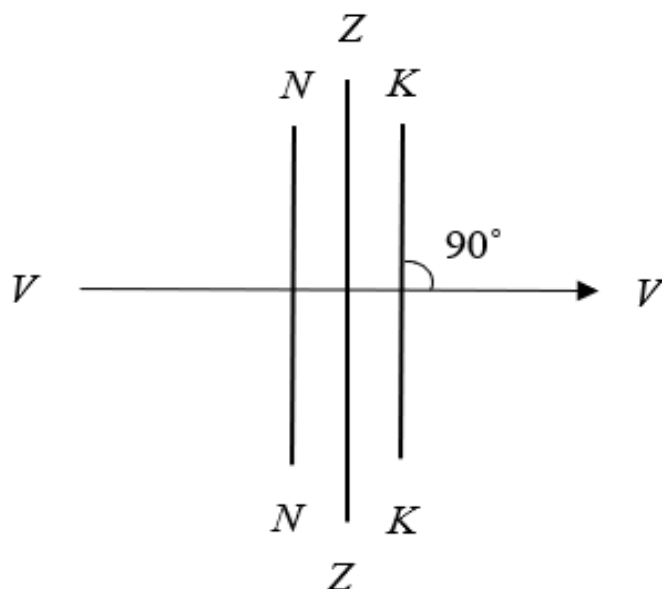


Рис. 2.5. Схема взаимного расположения осей нивелира с компенсатором:

ZZ – вертикальная ось вращения нивелира; VV – визирная ось зрительной трубы; NN – ось круглого уровня; KK – вертикальная ось компенсатора

Для оценки работоспособности нивелира выполняется внешний осмотр прибора. Проверяется плавность вращения винтов (наводящих, подъемных), легкость перемещения фокусирующей линзы, плавность вращения верхней части нивелира, четкость изображения сетки нитей и т. д.

При выявлении тугого вращения его верхней части производится чистка и смазка осей в мастерской. Если в ходе визуального осмотра повреждений или неисправностей не было обнаружено, то приступают к выполнению проверок.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Ознакомиться с комплектностью нивелира Pentax AP-128, изучить его устройство и технические характеристики

Ознакомиться со стандартной комплектацией нивелира Pentax AP-128, изучить его устройство. Использовать паспорт нивелира, настоящий практикум и при необходимости дополнительную литературу [16]. Выполнить самоконтроль усвоения материала путем ответов на контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

Задание 2. Выполнить поверку круглого уровня

Ось установочного круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира ($NN // ZZ$). Поверка выполняется путем вращения подъемных винтов с целью совмещения пузырька круглого уровня с центром ампулы.

Уровень устанавливается параллельно линии двух подъемных винтов A и B (рис. 2.6). Вращением этих винтов в разные стороны устанавливают пузырек круглого уровня соосно с третьим винтом C . Затем третьим винтом C приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Далее нивелир поворачивают на 180° .

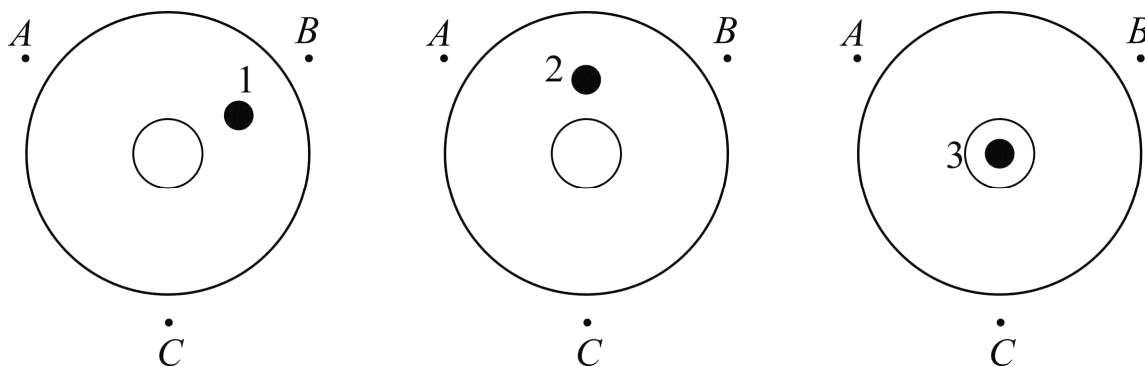


Рис. 2.6. Установка круглого уровня в нуль-пункт [16]

Если пузырек уровня при этом останется в центре ампулы или сместится не более чем на 0,5 одного деления, то проверяемое геометрическое условие выполняется. Если же пузырек сместится более чем на 0,5 деления уровня, то необходима юстировка. Исправительными винтами уровня пузырек установочного уровня перемещается на половину дуги отклонения в сторону нуль-пункта, на вторую половину пузырек перемещается при помощи подъемных винтов. Юстировка выполняется до тех пор, пока после поворота нивелира на 180° пузырек круглого уровня не останется в центре ампулы (с точностью до 0,5 деления). После приведения пузырька отъюстированного круглого уровня в нуль-пункт ось круглого уровня займет отвесное положение, и, следовательно, ось вращения нивелира также займет отвесное положение [16].

Задание 3. Выполнить поверку установки сетки нитей

Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира, а горизонтальная нить должны быть перпендикулярна ей. Завод-изготовитель гарантирует взаимную перпендикулярность штрихов сетки нитей.

Нивелир по круглому уровню приводится в рабочее положение. На расстоянии 15–20 м от нивелира подвешивается отвес. Вращением наводящего винта зрительной трубы производится совмещение одного из концов вертикальной нити сетки со шнуром отвеса (рис. 2.7).

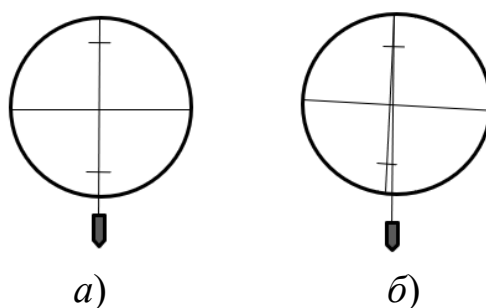


Рис. 2.7. Поверка положения вертикальной сетки нитей:

а) правильное положение сетки нитей; б) положение сетки нитей, требующее юстировки

При правильном положении сетки вертикальная нить должна проектироваться на шнур отвеса или отклоняться от него не более чем на три толщины нити. Если это условие не выполняется, то производится юстировка сетки нитей (ее разворот) в порядке, указанном в паспорте прибора.

Задание 4. Выполнить поверку главного условия нивелира

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси компенсатора (рис. 2.8). Иначе говоря, визирная ось зрительной трубы должна занимать горизонтальное положение при установке оси вращения нивелира в отвесное положение по круглому уровню.

Если визирная ось IV параллельна горизонтальной плоскости $ГГ$ или совпадает с ней, то ось компенсатора $КК$ будет составлять с визирной

осью VV угол, равный 90° . В этом случае в точке C будет находиться правильный отсчет по рейке, взятый по среднему штриху сетки нитей нивелира [16].

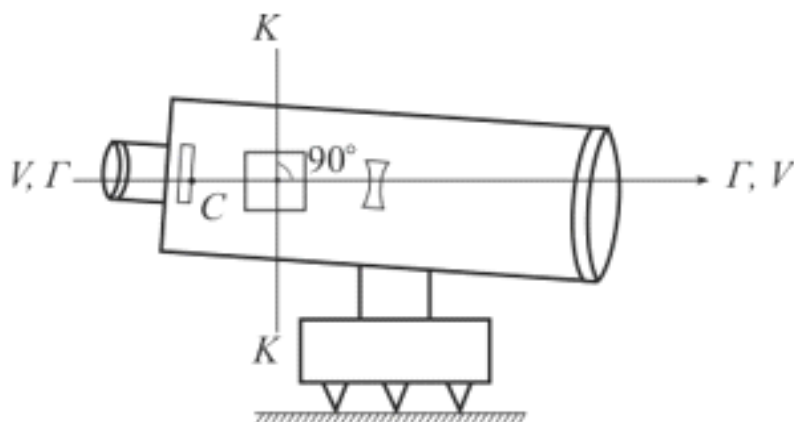


Рис. 2.8. Главное геометрическое условие нивелира с компенсатором [16]

В нивелирах с компенсатором основными причинами нарушения главного геометрического условия является смещение деталей компенсатора, а также смещение оправы со штрихами сетки нитей. Если произошло смещение оптических деталей компенсатора или оправы сетки нитей, то изменится и направление визирной оси VV по отношению к горизонтальной линии $ГГ$, которая может быть направлена вниз (рис. 2.9) или вверх. Таким образом, визирная ось VV будет отклоняться от горизонтальной линией $ГГ$ на некоторый угол (угол i) [16].

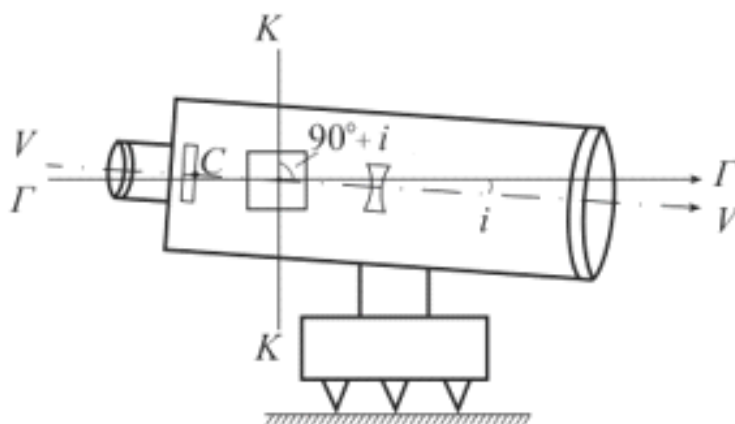


Рис. 2.9. Визирная ось VV наклонена ниже горизонтальной линии $ГГ$ [16]

Рассмотрим один из способов проверки главного условия нивелира (определение угла i) [8]. На местности закрепляются колышками точки A и B на расстоянии 40–60 м друг от друга (рис. 2.10). Сначала нивелирование производят из середины. Для этого в точках A и B устанавливаются рейки, а посередине между ними нивелир (станция 1).

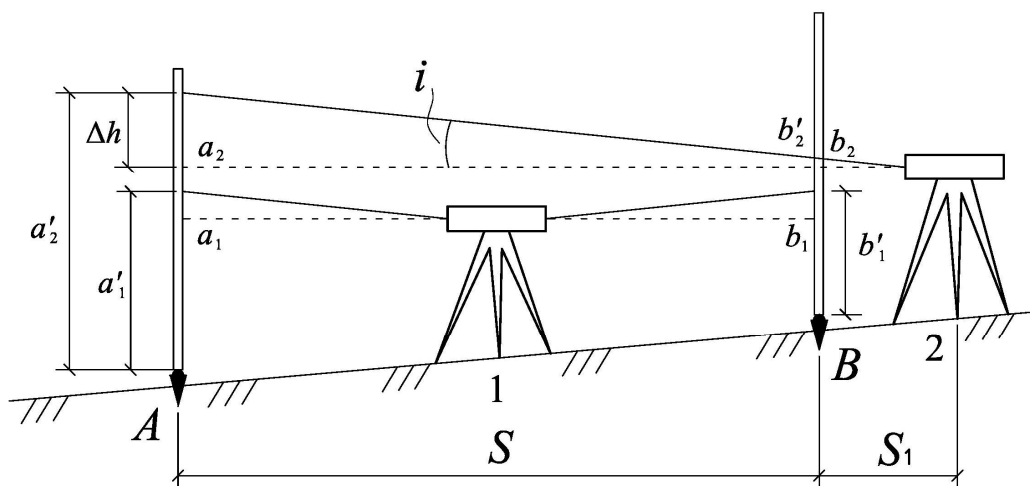


Рис. 2.10. Схема определения угла i [8]

С помощью круглого уровня нивелир приводят в рабочее положение и берут отсчеты по рейкам. Если визирная ось нивелира находится в горизонтальном положении (отсутствие угла i), то по рейкам будут взяты отсчеты a_1 и b_1 . Превышение между точками A и B вычисляют по формуле

$$h = a_1 - b_1. \quad (2.1)$$

При наличии угла i по рейкам будут взяты ошибочные отсчеты a'_1 и b'_1 , а превышение будет равно

$$h = a'_1 - b'_1. \quad (2.2)$$

Следует отметить, что превышение, измеренное из середины, свободно от влияния угла i , так как отсчеты по задней и передней рейкам будут искажены на одну и ту же величину ($a'_1 - a_1 = b'_1 - b_1$).

Далее устанавливают нивелир на расстоянии $S_1 = 3$ м от одной из реек (станция 2). Приводят прибор в рабочее положение и берут отсчеты по рей-

кам. Если визирная ось нивелира находится в горизонтальном положении, то получим отсчеты по рейкам a_2 и b_2 , а превышение будет равно

$$h = a_2 - b_2. \quad (2.3)$$

При наличии угла i отсчеты по рейкам будут равны a'_2 и b'_2 , а превышение будет

$$h' = a'_2 - b'_2. \quad (2.4)$$

Очевидно, что превышение h' будет содержать ошибку за влияние угла i , так как отсчет по ближней рейке из-за малости расстояния S_1 будет практически безошибочен ($b'_2 \approx b_2$), а отсчет по дальней рейке будет искажен на величину Δh . Величина Δh есть влияние угла i в линейной мере (при расстоянии S) и определяется как разность значений превышений

$$\Delta h = h' - h. \quad (2.5)$$

Значение угла i в угловой мере определяется по формуле

$$i = \frac{\Delta h \rho}{S}, \quad (2.6)$$

где $\rho = 206\,265''$;

S – расстояние между рейками, измеренное с ошибкой 0,5–1,0 м.

В случае если угол i будет более $10''$, то требуется выполнить юстировку. Для этого необходимо установить правильный отсчет по дальней рейке, соответствующий горизонтальному положению визирной оси. Правильный отсчет вычисляется по формуле

$$a_2 = a'_2 - \Delta h. \quad (2.7)$$

Для установки правильного (вычисленного) отсчета a_2 по дальней рейке производят изменение положения визирной оси в вертикальной плоскости. Для этого откручивают защитный колпачок со стороны окуляра, и, вращая шпилькой вертикальные исправительные винты, перемещают сетку нитей до тех пор, пока средняя нить не будет установлена на правильный отсчет a_2 (рис. 2.11).

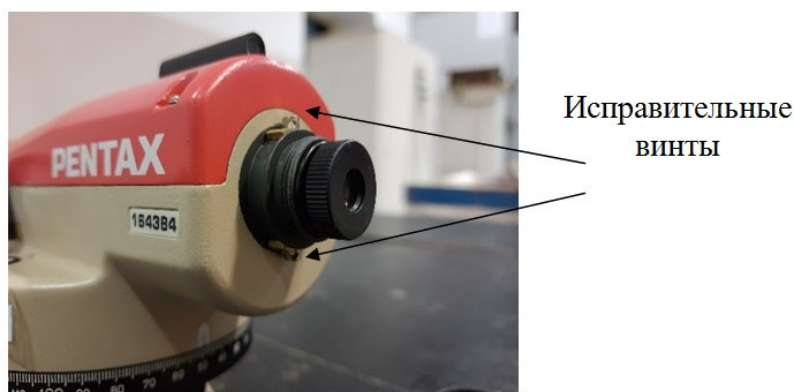


Рис. 2.11. Юстировка сетки нитей

Исправительные винты вращаются совместно: если один винт выкручивается, то второй закручивается на такую же величину. Таким способом обеспечивается надежное фиксирование сетки нитей в заданном положении. При вращении исправительных винтов не допускается приложение чрезмерных усилий, так как это может привести к срыву резьбы.

После завершения юстировки поверка в обязательном порядке повторяется.

Задание 5. Выполнить проверку работоспособности компенсатора

Для того чтобы при выполнении измерений избежать ошибок, очень важно перед началом работы проверить корректную работу компенсатора. Для этого нивелир устанавливается на штативе (тумбе), а на расстоянии 5–10 м от него подвешивается в отвесное положение линейка с миллиметровыми делениями (рис 2.12, а). Перед установкой нивелира убеждаются, что один из подъемных винтов нивелира располагается по направлению на линейку (рис. 2.12, б). Нивелир тщательно приводится в рабочее положение по круглому уровню.

Снимают отсчет по линейке (с точностью до 0,1 мм) при пузырьке круглого уровня в нуль-пункте (положение I, рис. 2.12, в). Вращают подъемный винт *I* до тех пор, пока отсчет по линейке не начнет меняться (пузырек смещается в направлении на линейку, занимая положение II). После этого винтом *I* возвращают пузырек в нуль-пункт и берут повторный отсчет по линейке, который не должен отличаться от первоначального больше чем на $\pm 0,1$ мм.

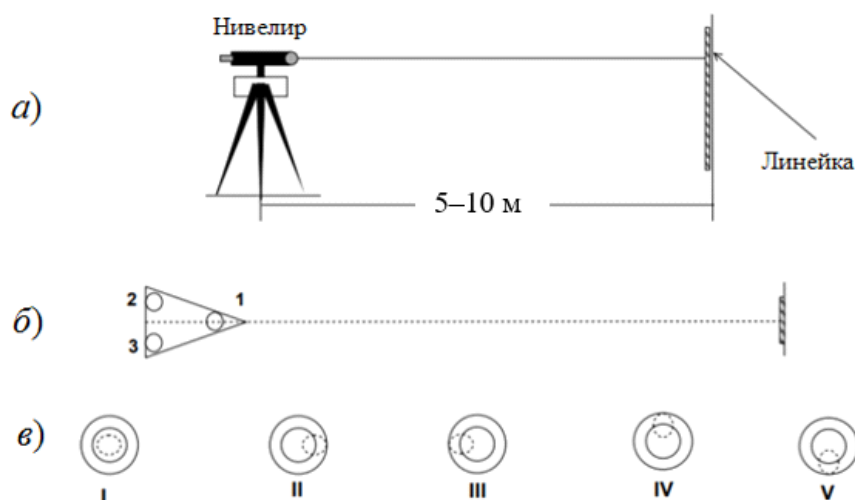


Рис. 2.12. Проверка работоспособности компенсатора [1]:

а) схема расположения нивелира и линейки; б) схема расположения подъемных винтов нивелира; в) схема положения пузырька уровня

Повторяют указанные действия, смещая последовательно соответствующими подъемными винтами пузырек в направлении от рейки (III), влево (IV) и вправо (V) (см. рис. 2.12, в). По возвращении пузырька в нуль-пункт отсчет во всех случаях должен равняться первоначальному, иначе компенсатор признается неработоспособным.

Контрольные вопросы

1. Дать описание классификации нивелиров.
2. Дать описание классификации нивелирных реек.
3. Перечислить основные технические характеристики нивелира Pentax AP-128.
4. Что такое компенсатор и для чего он служит?
5. Что такое предел работы компенсатора?
4. Какие геометрические условия должны соблюдаться у нивелира с компенсатором?
5. Что понимают под ошибкой самоустановки линии визирования?
6. С какой целью выполняются поверки геодезических приборов?
7. Перечислите основные поверки нивелира с компенсатором.
8. В чем заключается главное условие нивелира?

9. Опишите последовательность действий при поверке угла i .
10. Какой допуск устанавливается на величину угла i ?
11. С какой точностью можно привести ось вращения нивелира в отвесное положение по круглому уровню?
12. В чем главное преимущество нивелиров с компенсатором по сравнению с уровнем нивелирами?
13. С какой целью в процессе измерений стремятся устанавливать нивелир посередине между рейками?

Лабораторная работа № 3.

ПОВЕРКИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА И ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Цель работы: изучить устройство и методику проведения поверок электронного тахеометра Geomax Zoom 25, освоить выполнение основных инженерных задач (съемка и разбивка).

Задачи работы

1. Изучить руководство по эксплуатации электронного тахеометра Geomax Zoom 25.
2. Изучить устройство электронного тахеометра Geomax Zoom 25 и его технические характеристики.
3. Освоить порядок проведения поверок электронного тахеометра Geomax Zoom 25.
4. Освоить порядок подготовки электронного тахеометра к работе на станции.
5. Освоить методику проведения тахеометрической съемки.
6. Освоить методику выноса точки в натуру по заданным координатам.

Перечень обеспечивающих средств

1. Электронный тахеометр Geomax Zoom 25.
2. Штатив.
3. Веха.
4. Отражатель.
5. Рулетка.
6. Учебно-методическая литература и руководство по эксплуатации электронного тахеометра Geomax Zoom 25.

Задание

1. Ознакомиться с комплектностью и устройством электронного тахеометра Geomax Zoom 25.
2. Выполнить поверки электронного тахеометра Geomax Zoom 25.

3. Освоить порядок подготовки электронного тахеометра к работе на станции.
4. Освоить методику проведения тахеометрической съемки.
5. Освоить методику выноса точки в натуру по заданным координатам.

Общие теоретические сведения

В настоящее время электронные тахеометры выпускают ряд зарубежных фирм: Leica, Sokkia, Geomax, Topcon, Pentax, Trimble и др. Электронные тахеометры широко применяются для выполнения топографо-геодезических работ, а также позволяют решить ряд инженерных задач.

В меню тахеометра Geomax Zoom 25 имеются следующие разделы:

- съемка (1 СЪЕМКА);
- разбивка (2 ВЫНОС);
- обратная засечка (3 ОбрЗСЧК);
- косвенные измерения (4 КОСВИЗМ);
- координатная геометрия (5 СОГО);
- площади и объемы (6 Пл. об-м);
- недоступная высота (7 НедостН);
- базовый элемент (8 БАЗ-ЛИН, 9 БАЗДУГА);
- строительство (01 Строит.);
- трасса (02 ТРАССА 2D, 03 ТРАССА 3D).

Две страницы главного меню прибора показаны на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Главное меню прибора

Программа «Съемка» используется для выполнения тахеометрической съемки объектов местности.

Программа «Разбивка» используется при выносе точек в натуру.

Программа «Обратная засечка» используется для определения координат прибора и его ориентирования. Для реализации засечки должны быть известны координаты (x, y) нескольких исходных точек.

Программа «Косвенные измерения» позволяет вычислять наклонные расстояния, горизонтальные проложения, превышения и дирекционные углы между точками, на которые были выполнены измерения. Косвенные измерения могут выполняться двумя методами: полигональным и радиальным. В первом случае вычисляются значения параметров (расстояния, дирекционные углы и т. д.) между смежными точками, а во втором – между начальной точкой и последующими.

Программа COGO (Координатная геометрия) позволяет выполнить вычисления по формулам координатной геометрии: прямая и обратная геодезические задачи, прямая угловая засечка, координаты точки на пересечении двух линий и т. д.

Программа «Площади и объемы» позволяет вычислять площадь участков, ограниченных точками – вершинами многоугольника, в которые устанавливается веха с отражателем. Вычисленная площадь проектируется на горизонтальную (2D) или наклонную плоскость, заданную тремя точками (3D).

Программа «Базовая линия» применяется при выносе в натуру точек относительно оси, заданной двумя точками, по величинам продольных и поперечных сдвигов. Данная программа актуальна при разбивке осей здания, а также в дорожном строительстве.

С помощью программы «Базовая дуга» задается дуга, и решаются такие задачи на местности, как продольный и поперечный сдвиг, вынос точек, дуг, хорд и углов. Такие задачи актуальны при строительстве дорог.

Программа «Недоступная высота» используется для вычисления высотных отметок, недоступных для непосредственных измерений точек, расположенных над местом установки отражателя.

Программа «Трасса» используется для измерений или выноса в натуру точек дорожных проектов относительно заданных элементов. Таким элементом может быть прямая, дуга или переходная кривая. В качестве задаваемых параметров могут выступать пикетаж, шаг разбивки и сдвиги (влево или вправо).

Порядок выполнения работы

Задание 1. Ознакомиться с комплектностью и устройством электронного тахеометра Geomax Zoom 25

Содержимое кейса (рис. 3.2), как правило, включает в себя: инструмент с трегером, зарядное устройство, юстировочные приспособления (шпильки, отвертки, ключи), USB-флэшку, отвес, USB-кабель, наконечник для вешки мини-призмы, сборную вешку для мини-призмы, мини-призму, защитный кожух, аккумулятор, краткое руководство пользователя.

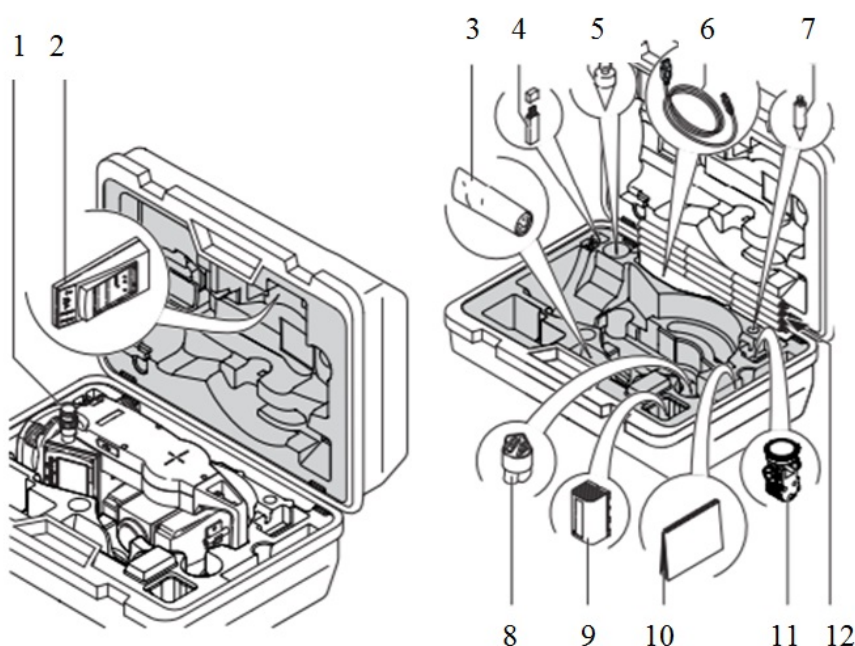


Рис. 3.2. Комплектность электронного тахеометра [12]:

1 – инструмент с трегером; 2 – зарядное устройство; 3 – юстировочные приспособления; 4 – USB-флэшка; 5 – отвес; 6 – USB-кабель; 7 – наконечник для вешки мини-призм; 8 – защитный кожух; 9 – аккумулятор; 10 – краткое руководство пользователя; 11 – мини-призма; 12 – сборная вешка для мини-призмы

Устройство электронного тахеометра Geomax Zoom 25. Электронный тахеометр марки Geomax Zoom 25, как любой современный тахеометр, имеет:

– жидкокристаллический дисплей;

- электронный уровень с компенсатором и лазерный отвес;
- функцию безотражательного режима измерения расстояний.

На рис. 3.3 приведены основные элементы прибора. Раскладка клавиатуры показана на рис. 3.4.

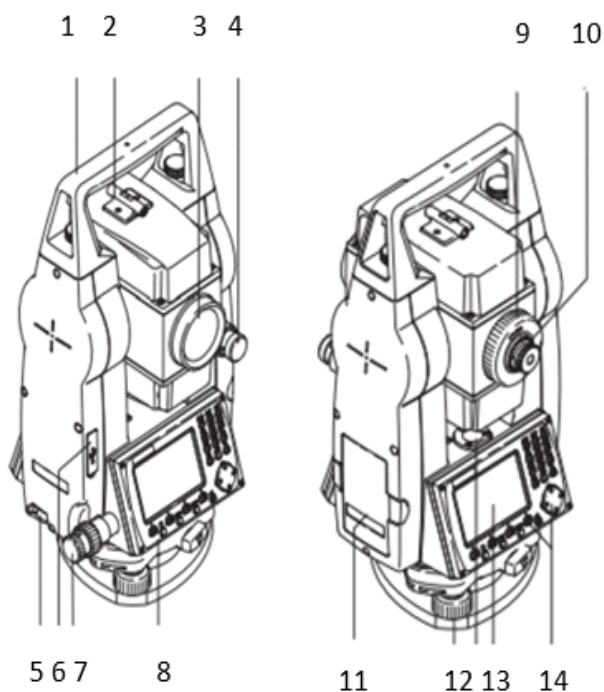


Рис. 3.3. Основные компоненты прибора [12]:

1 – съемная ручка; 2 – оптический визир; 3 – объектив со встроенным дальнометром (EDM); 4 – наводящий винт вертикального круга; 5 – коммуникационные разъемы RS232 / USB; 6 – порт USB; 7 – наводящий винт горизонтального круга; 8 – кнопки управления; 9 – фокусирующее кольцо зрительной трубы; 10 – окуляр; 11 – крышка аккумуляторного отсека; 12 – подъемный винт; 13 – экран; 14 – клавиатура



Рис. 3.4. Раскладка клавиатуры Geomax Zoom 25 [12]:

1 – алфавитно-цифровая панель; 2 – навигационная клавиша; 3 – кнопка ENTER (Ввод); 4 – функциональные клавиши F1 – F4; 5 – кнопка ESC; 6 – кнопка FNS; 7 – кнопка PAGE

Описание кнопок управления показано в табл. 3.1.

Описание кнопок управления Geomax Zoom 25

Клавиши	Описание
	Кнопка, служащая для перелистывания страниц
	Кнопка обеспечивает быстрый доступ к операциям
	Навигационная клавиша
	Кнопка ENTER. Служит для подтверждения операции ввода и перехода к следующему полю на дисплее
	Выход из текущего окна или режима редактирования без сохранения сделанных изменений. Переход к следующему более высокому уровню.
	Клавиши, которым прописаны определенные функции

*Задание 2. Выполнить поверки электронного тахеометра
Geomax Zoom 25*

Поверка тахеометра проводится на этапе подготовительных работ. При необходимости выполняется юстировка прибора. Рассмотрим основные поверки электронного тахеометра Geomax Zoom 25.

Поверка электронного уровня. Для начала производят поверку жидкостного круглого уровня (аналогично поверке уровня нивелира, см. лабораторную работу № 2). После этого тщательно приводят пузырек жидкостного уровня в нуль-пункт, затем активируют электронный уровень: [Инструм] – [УРОВЕНЬ] (рис. 3.5). Если пузырек электронного уровня значительно отклоняется от нуль-пункта, то требуется юстировка прибора, выполняемая в сервисном центре.

Если электронный уровень исправен, то он может использоваться в дальнейшем для юстировки круглого уровня тахеометра или трегера. Для этого пузырек электронного уровня приводится в нуль-пункт и оценивается положение пузырька жидкостного уровня. Если пузырек электронного

уровня и жидкостного уровня на приборе (трегере) находятся в нуль-пункте, то поверка выполнена. При отклонении пузырька жидкостного уровня его возвращают с помощью юстировочных винтов в нуль-пункт. По окончании исправления убеждаются, что все юстировочные винты достаточно затянуты.



Рис. 3.5. Электронный уровень прибора

Поверка лазерного отвеса. Тахеометр горизонтируется, после чего на уровне пола кладется лист бумаги, на котором карандашом отмечается положение лазерного пятна отвеса. Затем алидада поворачивается вокруг вертикальной оси на один оборот (360), при этом оценивается положение красной точки на листе бумаги. Если центр красной точки будет смещаться более чем на 3 мм от намеченной на листе бумаги точки или двигаться по кругу, то лазерный отвес нуждается в юстировке. Выполняется юстировка прибора только авторизованным сервисным центром.

Поверка коллимационной ошибки и определение места нуля прибора. Под коллимационной ошибкой (c) понимается отклонение от прямого угла оси вращения трубы и визирной оси.

Место нуля прибора – это отклонение отсчета по вертикальному кругу от 0° при горизонтальном положении визирной оси.

Для выполнения этих поверок приводят прибор в рабочее положение и в главном меню выбирают вкладку [6 Инструм], затем вкладку [1 Поверки]. В диалоговом окне выбирается необходимая поверка клавишей F1

[Коллимационная ошибка] или клавишей F2 [Место нуля]. Затем, следуя командам диалогового окна, выполняют измерения электронным тахеометром, визируя на выбранную точку сначала при КЛ, а затем при КП (после каждого наведения активируется команда [ЗАПИСЬ]). Точка должна располагаться на уровне горизонта инструмента (угол наклона $\pm 3^\circ$), примерно на удалении 100 м.

После проведения поверки на дисплей выводится предыдущее и новое значение коллимационной ошибки / места нуля. Для надежности результата поверку повторяют: выбирают команду [Доп-но] и руководствуются подсказками на дисплее прибора.

После повторного выполнения поверки на экране будет показано значение коллимационной ошибки, полученное как среднее арифметическое из двух определений, а также ошибка результата.

Чтобы в процессе работы посмотреть результаты выполненных ранее поверок, необходимо последовательно выполнить команды [6 Инструм], [1 Поверки], [Показ данных поверок].

Обязательное выполнение поверок требуется проводить перед первым использованием прибора, перед высокоточными измерениями, после длительной транспортировки, после продолжительных периодов работы, а также при значительных колебаниях температуры (более 10 °C).

Задание 3. Освоить порядок подготовки электронного тахеометра к работе на станции

После выполнения поверок выполняется подготовка электронного тахеометра к работе, которая состоит в следующем:

- приведение электронного тахеометра в рабочее положение (центрирование и горизонтирование);
- установка координат точки стояния и измерение высоты прибора над точкой;
- ориентирование электронного тахеометра.

Центрирование и горизонтирование электронного тахеометра

Перед началом измерений тахеометр необходимо отцентрировать над точкой с известными координатами, т. е. совместить ось вращения прибора с центром геодезического знака.

Над точкой устанавливается штатив таким образом, чтобы его площадка занимала горизонтальное положение, а центр площадки был примерно над центром устанавливаемой точки. После этого закрепляют тахеометр на штативе с помощью станкового винта [2]. Один из способов центрирования прибора заключается в следующем. Поворотом подъемных винтов трегера осуществляют совмещение красной точки лазерного отвеса с центром геодезического знака. Далее, поднятием или опусканием ножек штатива добиваются приведения круглого уровня в нуль-пункт. Точное горизонтирование прибора осуществляется подъемными винтами трегера. После этого оценивается положение красной точки отвеса. Если она несущественно сместилась с центра знака, то точное центрирование осуществляется смещением тахеометра по площадке штатива (при ослаблении станкового винта). Процесс центрирования и горизонтирования осуществляется методом последовательных приближений.

Установка координат точки стояния и измерение высоты прибора над точкой. В меню тахеометра выбирается необходимая программа, например, «Съемка». Нажимают клавишу F1 [Выбор проекта] и выбирают существующий или создают новый проект, в который будут записываться результаты последующих измерений.

Для задания координат точки во вкладке «Съемка» следует активировать команду [Выбор станции] (рис. 3.6). После этого, нажав клавишу F3 [ХУН], можно внести в прибор известные координаты точки стояния. Если координаты точки хранятся в памяти прибора (введены заранее), то нажатием клавиши F2 [Список] переходят к списку сохраненных точек и выбирают среди них нужную. После установки координат станции необходимо ввести высоту прибора, которая измеряется рулеткой с точностью до 1 мм.

Ориентирование электронного тахеометра. Ориентировать тахеометр можно двумя способами:

- по точке с известными координатами (способ 1);
- по известному дирекционному углу направления (способ 2).

Сущность первого способа: заранее известны координаты точки стояния и точки ориентирования (рис. 3.7).

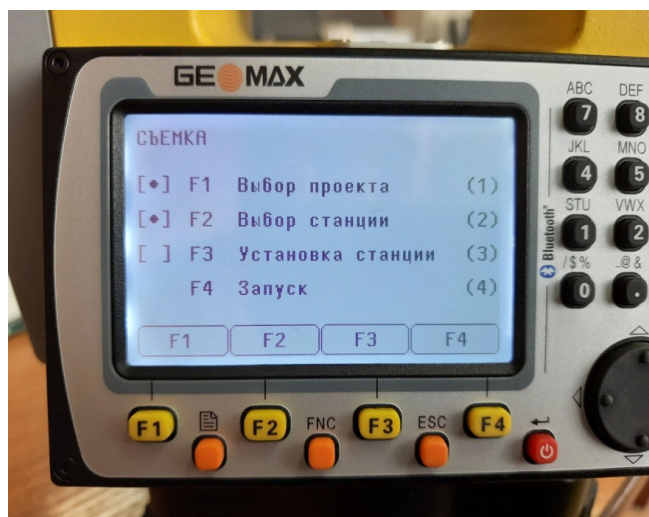


Рис. 3.6. Меню тахеометра при подготовке его к работе на станции

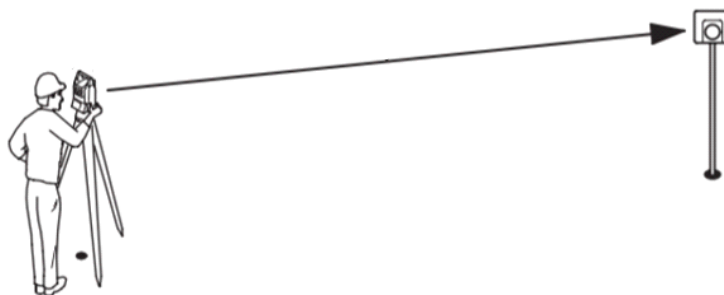


Рис. 3.7. Ориентирование электронного тахеометра по точке с известными координатами [12]

Для ориентирования прибора нажимают клавишу F3 [Установка станции] (см. рис. 3.6), а затем клавишу F2 [Координаты]. Затем в прибор вводятся координаты точки ориентирования, высота отражателя, после чего приступают к измерениям. Перед измерением на точку активируют команду [EDM] и устанавливают необходимые настройки измерения расстояний: выбирают тип отражателя, вводят метеорологические параметры.

Сущность второго способа: заранее известны координаты точки стояния и дирекционный угол направления на ориентир (рис. 3.8).

Для ориентирования прибора нажимают клавишу F3 [Установка станции] (см. рис. 3.6), а затем клавишу F1 [Ручная настройка углов]. После этого в прибор вводится известный дирекционный угол, выполняется наве-

дение зрительной трубы на ориентир, активируется команда [Запись]. Этими действиями ориентирование прибора по известному дирекционному углу заканчивается.

После завершения ориентирования прибора одним из двух способов нажатием клавиши F4 [Запуск] приступают к выполнению съемки.

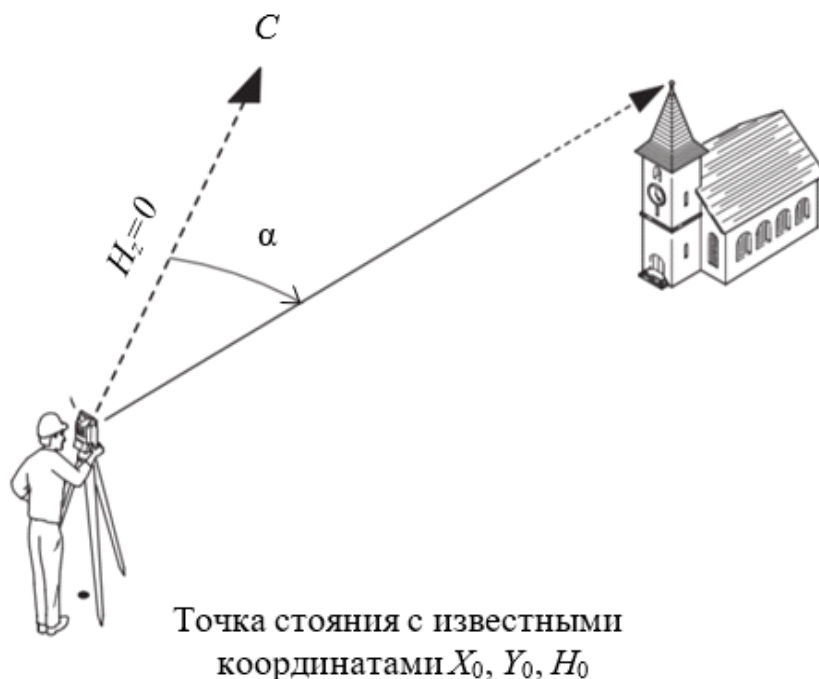


Рис. 3.8. Ориентирование тахеометра по известному дирекционному углу направления [12]

Обратная линейно-угловая засечка. Существует еще один способ подготовки тахеометра к работе и его ориентирования, особенностью которого является установка прибора в произвольном месте, с которого имеется видимость на несколько точек с известными координатами. В этом случае отпадает необходимость центрировать прибор, для начала установки станции требуется только привести пузырек круглого уровня в нуль-пункт.

Сущность способа: известны координаты не менее двух точек, находящихся в прямой видимости с места установки прибора (рис. 3.9).

Данный способ позволяет по измеренным углам и расстояниям на известные точки определить координаты точки стояния и выполнить ориентирование прибора. Минимальное количество исходных точек – 2 (гори-

горизонтальный угол между направлениями на точки должен быть не менее 30°). Для надежного определения координат станции следует использовать не менее трех исходных точек.

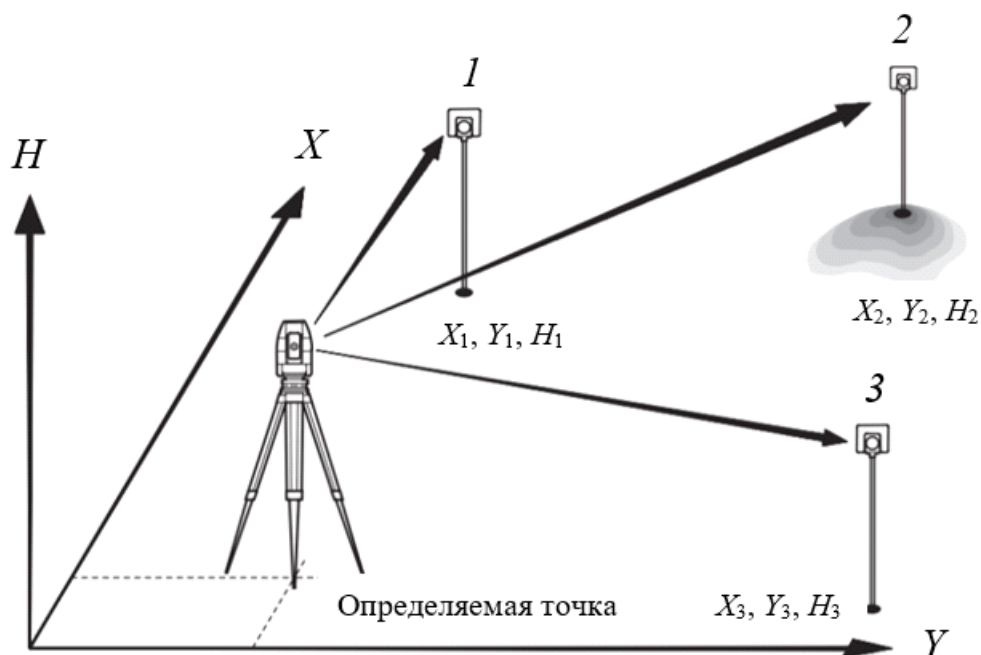


Рис. 3.9. Ориентирование электронного тахеометра способом обратной линейно-угловой засечки [12]

Для ориентирования электронного тахеометра способом обратной линейно-угловой засечки необходимо выбрать в главном меню [1 Progr.] и далее активировать программу [3 ОбрЗСЧК]. Далее потребуется последовательно вводить координаты и высоты известных точек и выполнять на них измерения. Если в качестве исходных точек выступают пленочные отражатели (обычно закрепляются на стенах капитальных зданий), то высота отражателя вводится равной нулю.

По результатам засечки (после нажатия клавиши F4 [Вычислить]) на дисплее тахеометра выводятся найденные координаты и высота точки стояния (рис. 3.10).

Нажатием клавиши F3 [Std. Dev] можно посмотреть средние квадратические ошибки планового и высотного положения точки стояния, а также ошибку ориентирования. Если точность обратной засечки признается удо-

влетворительной, то нажимают клавишу F4 [УСТ-КА] (см. рис. 3.9), после чего прибор готов к выполнению измерений.

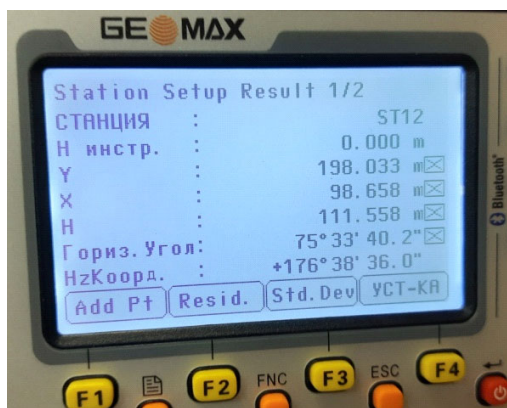


Рис. 3.10. Результат обратной линейно-угловой засечки

Задание 4. Освоить методику проведения тахеометрической съемки

После подготовки тахеометра к работе одним из приведенных в задании 3 способов приступают к выполнению тахеометрической съемки местности. Суть съемки заключается в последовательном выполнении измерений на отражатель, закрепленный на вехе, который устанавливается в характерных точках местности (углы зданий, дороги, ручьи, возвышенности и т. д.).

В процессе выполнения тахеометрической съемки составляется абрис (схематичный план местности). На абрисе (рис. 3.11) с помощью условных знаков отображается ситуация местности – указываются границы контуров и точечные объекты (колодцы, столбы, отдельно стоящие деревья и т. д.). Кроме того, отображаются основные формы рельефа и характерные линии (водоразделы, тальвеги и пр.).

Точки установки вехи с отражателем (пикетные точки) нумеруются, при этом используется сквозная нумерация, соответствующая именам точек в памяти тахеометра. Пикеты располагают таким образом, чтобы вся местность была покрыта ими равномерно. Расстояние между пикетами зависит от масштаба съемки и высоты сечения рельефа. Чем крупнее масштаб и меньше высота сечения рельефа, тем ближе друг к другу располагаются пикеты. Например, при съемке масштаба 1 : 500 максимальное расстояние между смежными пикетами составляет 15 м.

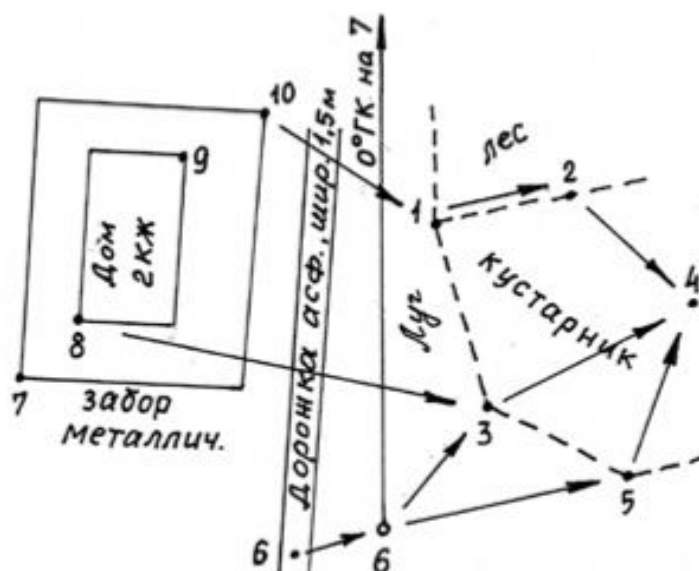


Рис. 3.11. Фрагмент абриса

Также на абрисе отображают положение станции, с которой производится съемка, и направление на точку ориентирования (обычно соседнюю точку тахеометрического хода). При необходимости на абрисе делаются пояснительные надписи.

После окончания съемки на данной станции проверяют стабильность положения прибора, для чего повторяют визирование на точку ориентирования (смежную точку хода). Отсчет по горизонтальному кругу не должен отличаться от первоначального более чем на $30''$. Если контроль выполняется, тахеометр выключают и переносят на следующую точку.

*Задание 5. Освоить методику выноса точки
в натуру по заданным координатам*

Вынести точку в натуру – значит по заданным координатам x и y (или разбивочным элементам, например расстоянию S и углу β , отсчитываемому от заданного базиса) найти ее положение на местности и закрепить временным знаком (арматурой, колышком). Очевидно, что в процесс разбивки решается задача, противоположная съемке.

К разбивке приступают после того, как выполнена установка станции одним из способов, рассмотренных в задании 3 данной лабораторной работы. В списке программ выбирают [2 Вынос] и нажимают команду [За-

пуск]. Вводят координаты искомой точки, используя команду [XYH]. Также можно выбрать точку из списка (команда [Список]), если предварительно координаты и имя точки заносились в память прибора.

На дисплее могут отображаться разные элементы разбивки: угол и расстояние (рис. 3.12, а), смещения вдоль и поперек створа (рис. 3.12, б), а также смещения Δx и Δy вдоль координатных осей (рис. 3.12, в). Для этого необходимо соответствующей клавишей перелистывать страницы меню.

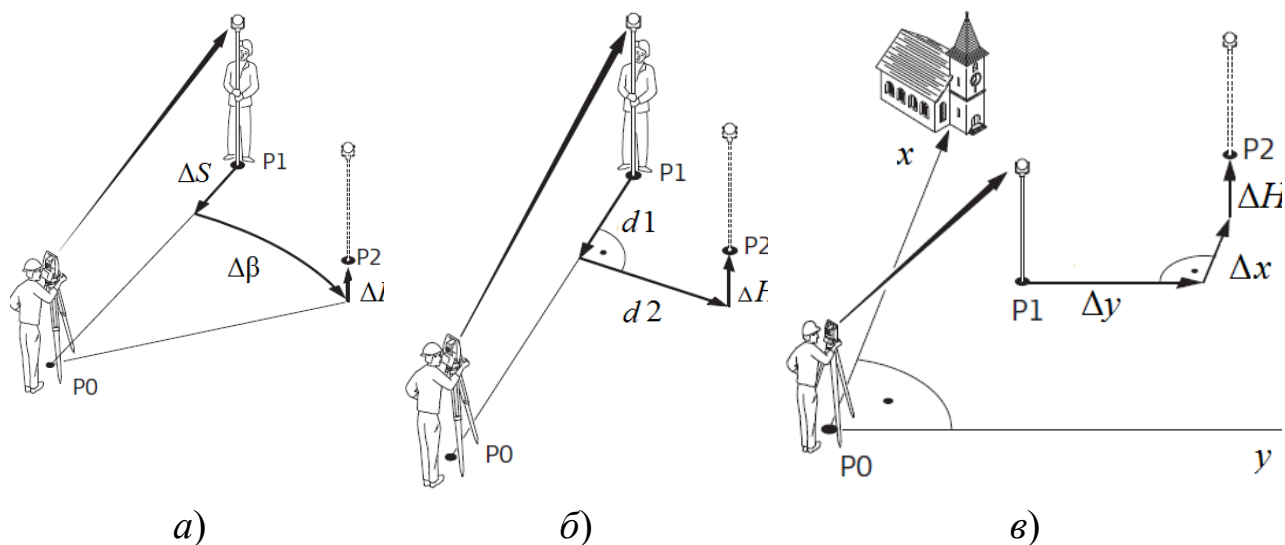


Рис. 3.12. Способы отображения данных при выносе точки в натуру [12]:

а) полярных координат, б) перпендикуляров, в) плоских прямоугольных координат

При выполнении задания в лаборатории № 31 СГУГиТ необходимо выполнить вынос точки в натуру по координатам в соответствии с заданным вариантом (табл. 3.2).

Процесс выноса точки в натуру производится последовательными приближениями. Сначала совмещают коллимационную плоскость прибора с направлением на искомую точку, для этого поворачивают алидаду до тех пор, пока значение «dГ. У.» на дисплее тахеометра не окажется равным нулю. После этого подают команды помощнику с вешкой, целью которых является размещение отражателя на вехе приблизительно в заданном створе. После этого наводят зрительную трубу на центр отражателя и про-

изводят дальномерные измерения. На дисплее тахеометра (страница 2 меню) появятся значения линейных перемещений (dL – вдоль коллимационной плоскости прибора; dT – поперек коллимационной плоскости), на которые необходимо сместить вежу с отражателем, чтобы оказаться в искомом месте (см. рис. 3.12, б). Помощнику сообщаются величины необходимых смещений, и измерения на отражатель повторяются до тех пор, пока заданная точка не будет определена на местности с точностью 3–4 мм.

Таблица 3.2

Исходные данные для выноса точки в натуру

Точки стояния прибора	Координаты выносимой точки	
	x , м	y , м
<i>PP8</i>	101,973	182,989
<i>PP9</i>	101,571	186,300
<i>PP10</i>	98,004	186,248
<i>PP11</i>	98,186	203,869
<i>PP12</i>	100,257	203,877
<i>PP13</i>	98,701	186,261
<i>PP14</i>	102,270	186,308

После завершения работы по выносу точки в натуру преподаватель оценивает точность разбивочных работ.

Контрольные вопросы

1. С какой точностью тахеометр Geomax Zoom 25 измеряет углы и расстояния?
2. С какой целью используется лазерный отвес тахеометра?
3. Какие настройки необходимо установить в тахеометре для корректного измерения расстояний?
4. Перечислите методы установки станции и ориентирования электронного тахеометра. Опишите сущность каждого из методов.
5. В чем сущность выполнения тахеометрической съемки?

6. Зачем вводить в прибор высоту отражателя при выполнении тахеометрической съемки?
7. Какое минимальное количество исходных точек нужно для реализации обратной угловой засечки?
8. В каком случае обратная угловая засечка не имеет решения?
9. Какое минимальное количество исходных точек нужно для реализации обратной линейно-угловой засечки?
10. Зачем измерять высоту прибора над точкой?
11. Перечислите величины, измеряемые тахеометром, и величины, отображаемые на дисплее, полученные в ходе вычислений.
12. Что представляют собой разбивочные работы?
13. Какие способы отображения данных при выносе точки в натуру реализованы в тахеометре Geomax Zoom 25?
14. Каким образом в результате обратной линейно-угловой засечки получается высота точки стояния?

Лабораторная работа № 4.

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)

Цель работы: изучение устройства и принципов работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Задачи работы

1. Изучить разновидности и назначение современных БПЛА различных производителей.
2. Изучить принцип работы беспилотного летательного аппарата и виды получаемой пространственной информации.
3. Научиться запускать БПЛА для съемки в автоматическом режиме.
4. Ознакомиться с камеральной обработкой материалов аэрофото-съемки.

Перечень обеспечивающих средств

1. Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа DJI Phantom.
2. Персональный компьютер.
3. Программное обеспечение для обработки материалов аэрофото-съемки.
4. Учебно-методическая литература, руководство по эксплуатации БПЛА, руководство по работе с программным обеспечением (электронный ресурс).

Задание

1. Изучить комплектацию и устройство беспилотного летательного аппарата вертолетного типа (модель DJI Phantom 4).
2. Изучить принцип работы беспилотного летательного аппарата в ручном и автоматическом режимах.
3. Выполнить аэрофотосъемку территории студенческого городка в автоматическом режиме.

4. Выполнить камеральную обработку материалов аэрофотосъемки исследуемой территории.

Общие теоретические сведения

Беспилотные летательные аппараты становятся все более востребованы в горнодобывающей отрасли. Применение БПЛА позволяет получать детальную пространственную информацию о снимаемой территории, в том числе в режиме реального времени. Без этой информации немислима эффективная эксплуатация современных горных предприятий.

Области применения БПЛА в горном деле:

- разведка, рекогносцировка и съемка отвалов горных пород открытых месторождений;
- оценка устойчивости бортов карьеров;
- точное и детальное картографирование стен карьеров;
- идентификация нарушений растительного покрова под воздействием геологических аномалий;
- оценка и разработка наилучших путей подъезда буровой разведочной техники в условиях густой растительности;
- оценка воздействия на окружающую среду геологоразведочной деятельности и других горных работ;
- мониторинг процесса рекультивации рудников.

Горнодобывающая промышленность является одной из наиболее опасных отраслей народного хозяйства при добычи полезных ископаемых. Особенно опасной является добыча ископаемых в подземных горных выработках. Опасность работы на таких предприятиях заключается в обрушении горных пород, в том числе в условиях экстремальной влажности при затоплении областей выработок подземными водами. С целью минимизации рисков для рабочих горнодобывающие компании стали применять БПЛА для осуществления эффективного и безопасного мониторинга шахт и месторождений, находящихся глубоко под землей.

БПЛА могут являться носителями как сканирующих систем, так и специальных фотокамер. От этого зависит вид, точность и скорость получаемой информации. Современная фотоаппаратура позволяет выполнять фотографирование местности с высоким разрешением.

В настоящее время БПЛА выпускаются различными фирмами-производителями. Рассмотрим подробнее основные виды БПЛА и их технические характеристики.

Беспилотный летательный аппарат Elios 2. Противоударный БПЛА Elios 2 (рис. 4.1), разработанный швейцарской компанией Flyability, предназначен для съемки в подземном пространстве, что обеспечивает визуальный контроль опасных и труднодоступных объектов промышленности.



Рис 4.1. Противоударный беспилотник Elios 2

Квадрокоптер Elios 2 закреплен внутри прочного каркаса в форме сферы на свободно вращающихся платформах. Такой каркас обеспечивает электромоторам, лопастям, камерам и тепловизору беспилотника надежность защиты от механических повреждений при его столкновениях с препятствиями (при скорости полета до 4 м/с), а также падения с относительно небольшой высоты.

Беспилотный летательный аппарат самолетного типа Геоскан 201. Геоскан 201 представляет собой аэрофотосъемочный комплект для работы с радиусом действия 30 км и временем полета до трех часов (рис. 4.2). Геоскан 201 позволяет снимать территорию площадью до 8 000 га за день и получать ортофотопланы с точностью геопривязки, соответствующей требованиям масштаба 1 : 500 [3]. Благодаря геодезическому ГНСС-приемнику на борту, возможно получить точные координаты привязки снимков и повысить качество обработки данных.

Основные характеристики комплекса Геоскан 201 представлены в табл. 4.1.



Рис. 4.2. Беспилотный летательный аппарат самолетного типа Геоскан 201 [3]:

1 – подставка для сборки беспилотного воздушного судна; 2 – фюзеляж; 3, 4, 5 – штыри соединительные 120, 220 и 610 мм; 6 – ложемент для фюзеляжа; 7, 8 – левая и правая консоль крыла; 9, 10 – левая и правая законцовка крыла; 11 – кили; 12 – радиомодем

Таблица 4.1

Основные характеристики комплекса Геоскан 201 [3]

Параметры	Значения
Длительность полета, ч	> 3
Максимальная протяженность маршрута, км	210
Площадь съемки за 1 полет при масштабе 3–10 см/пикс, км ²	7–22
Максимально допустимая скорость ветра, м/с	12
Скорость полета, км/ч	64–130
Максимальная взлетная масса, кг	8,5
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	1,5
Размах крыла, см	222
Минимальная безопасная высота полета, м	100
Максимальная высота полета, м	4 000
Температура эксплуатации	от –20 до +40 °С
Двигатель	электрический, бесколлекторный
Взлет	с пусковой установки
Посадка	на парашюте в автоматическом режиме

Беспилотное воздушное судно (БВС) Геоскан 201 включает в себя:

- модернизированную цифровую фотокамеру Sony A6000 со шторно-щелевым затвором (24 Мпикс, объектив 20 мм);
- аккумуляторную батарею 5S, 34000 mAh;
- раскладную подставку для сборки БВС;
- транспортировочный кейс БВС (IP67, размер: 80 × 52 × 31 см, вес брутто: 18,5 кг).

Кроме БВС в стандартную комплектацию входит:

- программное обеспечение для планирования полетного задания Geoscan Planner;
- радиомодем для канала связи управления и телеметрии;
- зарядное устройство;
- пусковая установка в защитном чехле (размер: 120 × 25 × 20 см, вес брутто: 11 кг).

К дополнительному оборудованию можно отнести двухчастотный бортовой ГНСС-приемник Торсон с антенной.

Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа Геоскан 401

Геоскан 401 – аэрофотосъемочный комплекс с вертикальным взлетом и посадкой (рис. 4.3). Способен стартовать с площадки диаметром 5 м, работать в ограниченном пространстве и точно огибать рельеф. Благодаря геодезическому ГНСС-приемнику на борту, полученные снимки позволяют создавать точные геопривязанные ортофотопланы и 3D-модели.

Основные характеристики комплекса Геоскан 401 представлены в табл. 4.2.



Рис. 4.3. БПЛА вертолетного типа Геоскан 401 [3]

Основные характеристики комплекса Геоскан 401 [3]

Параметры	Значения
Длительность полета, ч	> 1
Максимальная протяженность маршрута, км	24
Площадь съемки за 1 полет, км ² при масштабе	
2,5 см/пикс	0,95
3 см/пикс	1,40
5 см/пикс	2,10
Максимально допустимая скорость ветра, м/с	12
Скорость полета, км/ч	> 50
Максимальная взлетная масса, кг	9,3
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	2,5
Габаритные размеры	
сложенное положение, см	70 × 25 × 20
полетное положение, см	150 × 150 × 43
Минимальная безопасная высота полета, м	25
Максимальная высота полета, м	500
Температура эксплуатации	от –20 до +40 °С
Двигатель	электрический (4 шт.)

Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа DJI Phantom IV Pro. Наиболее распространенный БПЛА – Phantom 4 Pro (рис. 4.4). На корпусе и у основания расположены сенсоры системы уклонения от препятствий Guidance, которые состоят из специальных ультразвуковых датчиков и интегрированных TOF-камер.



Рис. 4.4. БПЛА вертолетного типа DJI Phantom 4 Pro [9]

Технические характеристики квадрокоптера DJI Phantom IV Pro представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технические характеристики DJI Phantom 4 [9]

Параметры	Значения
Масса (с аккумулятором и пропеллерами), кг	1,388
Размер по диагонали (без пропеллеров), мм	350
Максимальная скорость набора высоты, м/с	5–6
Максимальная скорость снижения, м/с	3–4
Максимальная скорость, км/ч, в режиме <i>S</i> <i>A</i> <i>P</i>	72 58 50
Максимальный угол наклона в режиме <i>S</i> <i>A</i> <i>P</i>	42° 35° 25°
Максимальная угловая скорость в режиме <i>S</i> <i>A</i>	250 °/с 150 °/с
Максимальная высота полета над уровнем моря, м	6 000
Максимально допустимая скорость ветра, м/с	10
Максимальная время полета, мин	30
Диапазон рабочих температур	от 0 до +40 °С

Порядок выполнения работы

Задание 1. Изучить комплектацию и устройство беспилотного летательного аппарата вертолетного типа (модель DJI Phantom 4)

Комплектация беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 показана на рис. 4.5.

Базовая комплектация включает:

- пульт управления;
- два аккумулятора емкостью 5 350 мАч (полет до 28 мин);
- зарядное устройство для аккумуляторов и пульта управления;
- инерциальный подвес с камерой;

- два комплекта винтов;
- кейс для транспортировки.

Устройство беспилотного летательного аппарата вертолетного типа, модель DJI Phantom 4 представлено на рис. 4.6.



Рис. 4.5. Комплектация БПЛА DJI Phantom 4 [9]



Рис. 4.6. Устройство БПЛА вертолетного типа, модель DJI Phantom 4 [9]

Взаимодействие пользователя с квадрокоптером происходит через пульт управления, представленный на рис. 4.7.



Рис. 4.7. Устройство пульта управления БПЛА [9]:

1 – стики управления: вверх, вниз; 2 – стики управления: прямо, назад, вправо, влево; 3 – кнопка перехода в автоматический режим «возврат на точку взлета»; 4 – индикатор, показывающий уровень заряда аккумулятора пульта управления; 5 – кнопка включения / отключения питания пульта управления; 6 – антенна для связи пульта управления и квадрокоптера

При работе в автоматическом режиме квадрокоптер достаточно быстро реагирует на команды, поступающие с пульта управления. Бортовой компьютер, установленный внутри БПЛА, обрабатывает всю поступающую информацию с датчиков, камеры и аппаратуры управления.

Задание 2. Изучить принцип работы беспилотного летательного аппарата в ручном и автоматическом режимах

БПЛА работает как в ручном, так и в автоматическом режимах. Рассмотрим каждый из этих режимов управления квадрокоптером.

Ручной режим управления квадрокоптером. Управление в ручном режиме происходит при помощи пульта управления. Пульты управления бывают двух типов:

- с интегрированным монитором и уже установленным специальным программным обеспечением DJI GO (рис. 4.8, а);
- без монитора. Такой тип пульта управления предполагает использовать в качестве экрана планшет либо смартфон с установленным программным обеспечением (рис. 4.8, б).



а)



б)

Рис. 4.8. Пульт управления с монитором (а) и без монитора (б)

При управлении квадрокоптером в ручном режиме и использовании программы DJI GO пользователю доступны следующие функции:

- Tap to Fly (приложение, позволяющее прокладывать маршрут к заданной пользователем точке на карте);
- AutoTrack (приложение, позволяющее фокусировать и следить камерой за указанной пользователем целью, в качестве цели может быть выбран человек, транспортное средство или объект, при этом квадрокоптер при изменении траектории полета будет следить за «выбранной целью» автоматически);
- круговой облет (данная функция, как и AutoTrack, автоматически следит камерой за установленной оператором целью, позволяя при этом делать облет данной цели);
- прокладывание маршрута (функция позволяет проложить маршрут по карте после чего квадрокоптер переходит в автоматический режим и следует по данному маршруту, в автоматическом режиме самостоятельно облетает препятствия, возникающие на его пути. Перевести управление в ручной режим можно в любой момент);
- автоматический возврат к точке взлета.

Автоматический режим управления квадрокоптером. Автоматический режим управления квадрокоптером позволяет выполнять взлет, посадку и выполнение процесса аэрофотосъемки полностью в автоматическом режиме, без участия пользователя.

На сегодняшний момент существует несколько видов свободно распространяемого программного обеспечения, предназначенного для выполнения аэрофотосъемки территории полностью в автоматическом режиме. Наиболее распространенной и функциональной является программа PIX4D Capture, работа в которой начинается с выбора типа полетного задания (рис. 4.9).

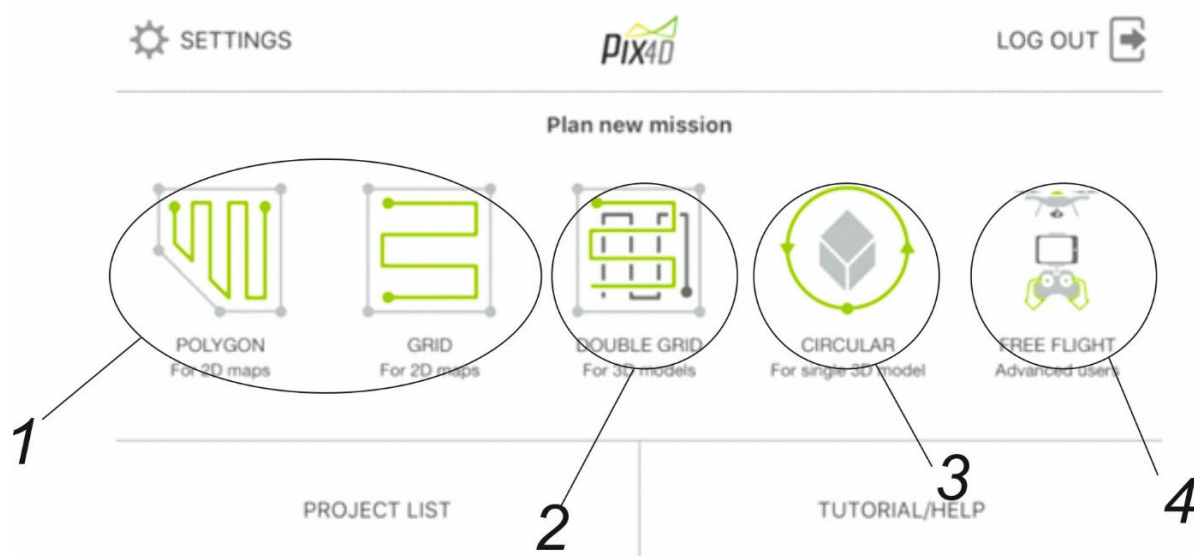


Рис. 4.9. Типы полетных заданий:

1 – создание 2D-карты; 2 – создание 3D-модели территории; 3 – создание 3D-модели отдельно стоящего объекта; 4 – свободный полет

Сначала пользователь выбирает тип полетного задания, а затем указывает область, подлежащую аэрофотосъемке, также указывается высота съемки, продольное и поперечные перекрытия смежных фотографий (в процентном соотношении, обычно выбирают 70–80 %).

После этого программа PIX 4D сама строит планируемый маршрут и указывает пользователю ожидаемое время на выполнение процесса аэрофотосъемки. Пример результата запланированного полетного задания представлен на рис. 4.10.

На следующем этапе можно приступить непосредственно к выполнению аэрофотосъемки исследуемой территории. Начало съемки происходит с нажатия кнопки «Start» и удержания ее в течении трех секунд, после чего квадрокоптер в автоматическом режиме начнет взлет на заданную высоту

и выполнит полет по созданному маршруту с фотографированием местности. После завершения процесса аэрофотосъемки квадрокоптер автоматически вернется на точку взлета.



Рис. 4.10. Пример полетного задания

Задание 3. Выполнить аэрофотосъемку территории студенческого городка в автоматическом режиме

Порядок выполнения аэрофотосъемки с БПЛА. Выполнение аэрофотосъемки включает три этапа:

- подготовительный;
- полевой (съемочные работы);
- камеральный (постобработка собранных данных).

На подготовительном этапе выполняется:

- исследование имеющихся материалов;
- составление или сбор требований к материалам, которые необходимо получить по итогам съемочных работ (тип и масштаб плана, границы объекта съемки);
- составление технических требований и параметров съемки (координаты контура участка съемки, перекрытие снимков, точность определения

координат центров фотографирования, требования к наземной опорной сети, если привязка фотоплана выполняется по точкам наземной опорной сети);

- составление полетного плана для БПЛА.

Составление полетного плана производится программой – планировщиком полета, входящей в состав комплекса. Пользователь обязан задать на карте очертание участка съемки и приблизительное местоположение стартовой площадки, ввести необходимое разрешение и перекрытие снимков. Далее программа планирует маршрут полета и проверяет его выполнимость.

Съемочные работы территории с применением БПЛА. По прибытии на стартовую площадку выполняется:

- уточнение местоположения стартовой площадки, ввод точки возвращения и ввод данных о скорости и направлении ветра на рабочем уровне, в случае если таковые известны;

- автоматическое уточнение схемы полета и повторное испытание его выполнимости;

- старт БПЛА;

- выполнение съемки в автоматическом режиме;

- посадка.

При применении комбинированного метода производится определение координат опорных точек, отобранных для привязки снимков.

Камеральная обработка данных включает:

- экспорт данных (фотоснимки и журнал полета) с бортовых носителей информации;

- зрительную оценку качества фотографий и отбраковку «технических» кадров, в случае если такие записаны. Техническими кадрами являются снимки, выполненные за пределами границ участка съемки – при полете к месту, на дугах разворота и т. п.;

- генерацию файла привязки центров фотографирования.

В ходе полета аппаратура управления ведет запись всевозможных характеристик, которые включают координаты, скорость и параметры ориентирования летательного аппарата. В результате завершения съемки из файла журнала полета нужно извлечь координаты, которые соответствуют моментам фотографирования.

Задание 4. Выполнить камеральную обработку материалов аэрофотосъемки исследуемой территории

Для обработки аэрофотоснимков и построения ортофотоплана требуется импорт фотографий, полученных с БПЛА, в специальную программу.

У каждого снимка есть атрибуты Lat [Y] (градусы широты), Long [X] (градусы долготы) и Altitude [Z] (высота). Эти координатные атрибуты каждой фотографии БПЛА сохранял в процессе съемки, что позволяет привязать снимки к карте.

После создания проекта и загрузки аэрофотоснимков, полученных с помощью БПЛА, необходимо указать параметры обработки. Обработку фотоматериалов предполагается выполнить в программе Agisoft MetaShape.

Программа Agisoft MetaShape – универсальный инструмент для построения трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоснимкам. MetaShape применяется для создания моделей местности по данным аэрофотосъемки, генерации матриц высот и ортофотопланов, образованных на основе этих моделей.

Построение и привязка результатов съемки на местности в программном обеспечении состоит из трех этапов:

- создание грубой модели. На данном этапе на перекрывающихся снимках выполняется автоматическое определение связующих точек, восстановление проектирующих лучей, вычисление координат центров фотографирования и элементов взаимного ориентирования снимков, расчет параметров, которые характеризуют оптическую систему (положение центральной точки, коэффициент асимметрии, дисторсия);

- привязка полученной модели к внешней (геоцентрической) системе координат и уравнивание всех параметров системы – координат центров фотографирования и наземных опорных точек, углов ориентирования снимков, параметров оптической системы с применением параметрического метода уравнивания. В роли весовых коэффициентов для уравнивания выступают погрешности измерения координат точек съемки (центров фотографирования), определения координат точек наземной опорной сети, дешифрирования и маркирования опорных точек на аэрофотоснимках;

– построение полигональной модели поверхности местности по результатам определенных на предыдущем этапе параметров. Затем полученная модель используется для генерации ортофотопланов и матриц высот.

Общая последовательность выполнения процессов построения цифровой модели местности (ЦММ) исследуемой территории приведена на рис. 4.11.

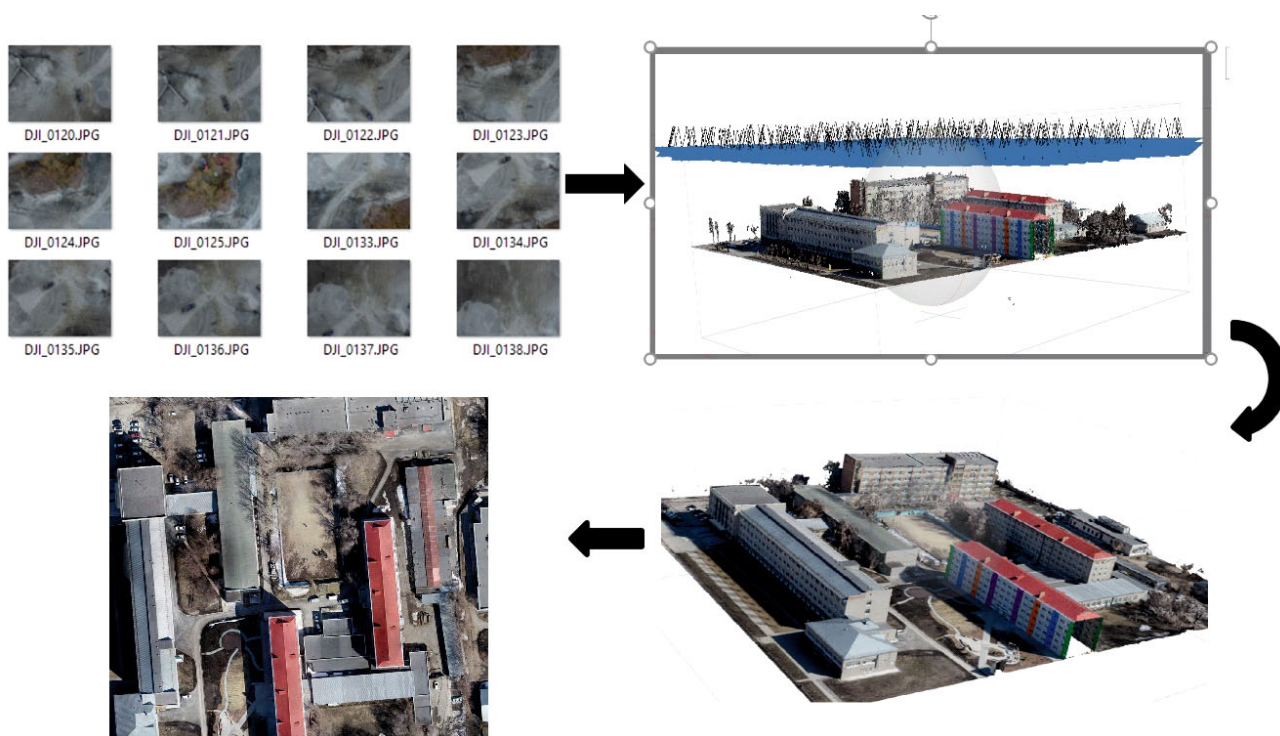


Рис. 4.11. Процесс построения ЦММ на примере территории СГУГиТ

Для камеральной обработки аэрофотоснимков и построения ортофотоплана требуется загрузка фотографий. Положение камер будет задано в соответствии с их координатами (X , Y , Z).

На следующем этапе происходит выравнивание фотографий. Выравнивание фотографий выполнялось с высокой точностью и преселекцией пар по геодезической привязке снимков к положению аппарата в момент фотографирования. Программа распознает положение камер и строит разреженное облако точек на основе соответствий между фотографиями. Для выравнивания камер в диалоговом окне «Обработка» выбираем пункт «Выравнивать фотографии» (аэротриангуляция) [10].

После построения разреженного облака связующих точек было рассчитано плотное облако точек, меню «Построение плотного облака» с агрессивной фильтрацией карт глубины [10].

Основываясь на рассчитанных положениях камер программа вычисляет карты глубины для каждой камеры и строит плотное облако точек. На основе полученного плотного облака точек программа строит трехмерную полигональную модель. Преимуществом программы является наличие возможности накладывания «текстуры» на 3D-модель.

После построения цифровой трехмерной модели текстура рассчитывается в режиме параметризации «Адаптивный ортофото» и режиме смешивания «Мозайка» [10, 11, 17]. Конечный результат создания цифровой модели по аэрофотоснимкам представлен на рис. 4.12.

Далее по созданной цифровой модели создаем ортофотоплан данной территории через меню «Обработка / Создать ортофотоплан». Фрагмент полученного ортофотоплана территории СГУГиТ представлен на рис. 4.13.

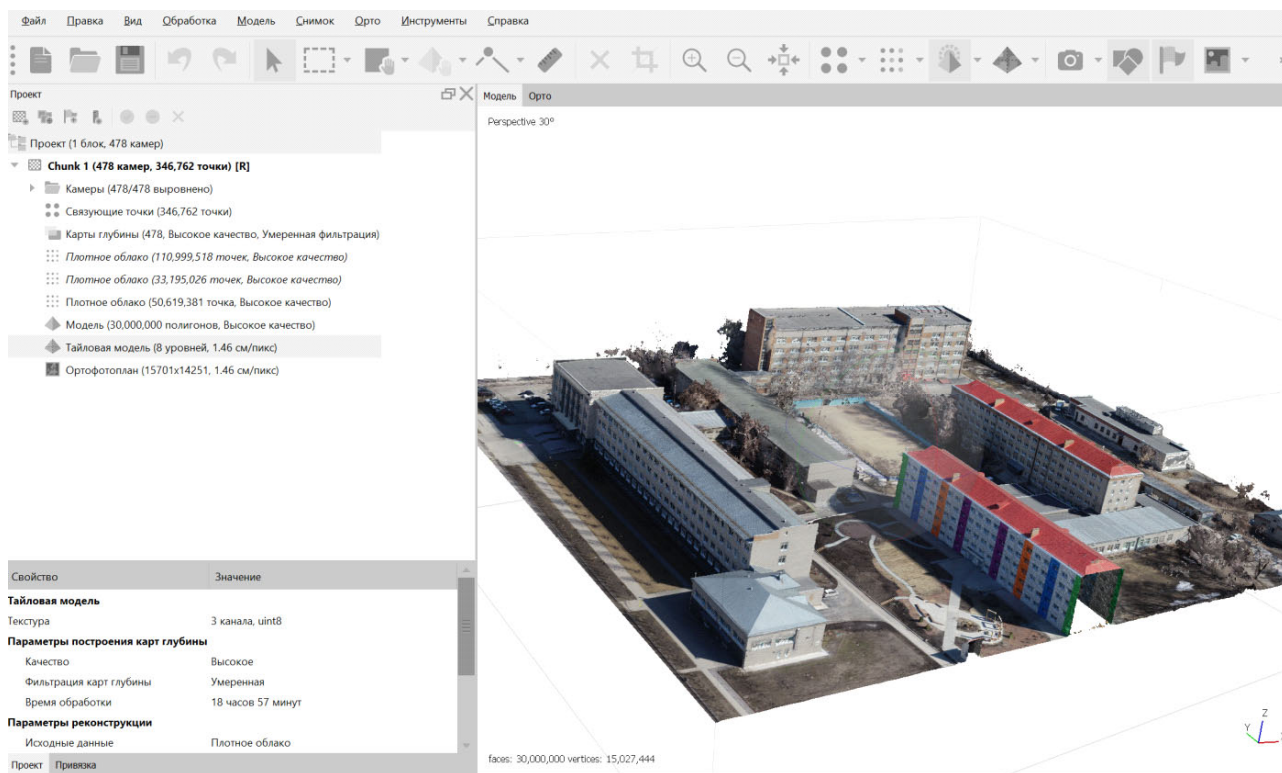


Рис. 4.12. Цифровая модель исследуемой территории



Рис. 4.13. Фрагмент ортофотоплана территории СГУГиТ

Контрольные вопросы

1. Основное предназначение беспилотных летательный аппаратов.
2. Опишите принцип работы БПЛА.
3. Какие типы БПЛА вы знаете и в чем их основные отличия?
4. Какие режимы съемки с использованием БПЛА вы знаете? Чем они принципиально отличаются?
5. Какое продольное и поперечное перекрытие используется при съемке с БПЛА? Для чего нужно выполнять такое перекрытие?
6. Какое максимальное время полета у БПЛА вертолетного типа?
7. Преимущества и недостатки вертолетных типов БПЛА.
8. Преимущества и недостатки БПЛА самолетного типа.
9. Какое программное обеспечение для управлением БПЛА вы знаете?
10. Какое программное обеспечение для обработки материалов аэрофотосъемки БПЛА вы знаете?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чешева И. Н., Лесных Г. И. Геодезия. Ч. 1. Нивелирование III и IV классов : сб. описаний лабораторных работ. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 91 с.
2. Чешева И. Н., Иванов А. В., Еремина Н. А. Геодезия. Ч. 2. Плановые геодезические сети. Топографические съемки : сб. описаний лабораторных работ. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 142 с.
3. Геоскан 201 – комплекс для аэрофотосъемки обширных территорий и линейно-протяженных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan201/base>.
4. Захаров А. И. Геодезические приборы: справочник. – М. : Недра, 1989. – 314 с.
5. Захаров А. И. Новые теодолиты и оптические дальномеры. – Изд. 2, перераб. и доп. – М. : Недра, 1978. – 261 с.
6. Иордан В., Эггерт М., Кнейссл М. Руководство по высшей геодезии. Ч. II. Прецизионное и тригонометрическое нивелирование. – М. : Госгеолтехиздат, 1963. – 263 с.
7. Лысов Г. Ф. Поверки и исследования теодолитов и нивелиров в полевых условиях. – М. : Недра, 1978. – 96 с.
8. Никонов А. В., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Особенности определения угла i цифровых нивелиров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 94–101.
9. Официальный сайт DJI [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.dji.com/ru>.
10. Писарев В. С., Ахмедов Б. Н., Нурмухаметова А. Т., Тарабукин А. И. Построение цифровой модели временных отвалов карьера Борок в программе Agisoft Photoscan // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 34–40.

11. Писарев В. С., Кудрявцева А. С. Методика создания трехмерной модели карьера по добыче строительного камня // Междунар. науч-техн. онлайн конф. «Пространственные данные в условиях цифровой трансформации». – Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – № 11. – С. 144–146.
12. Руководство пользователя GeoMax Zoom20 / 30 / 35 Pro. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.geooptic.ru/static/files/geomax-zoom-20-30-35-pro.pdf>.
13. Селиханович В. Г. Геодезия : учеб. для вузов. Ч. II. – М. : Недра, 1981. – 544 с.
14. Спиридонов А. И., Кулагин Ю. Н., Крюков Г. С. Справочник-каталог геодезических приборов. – М. : Недра, 1984. – С. 238.
15. Топографо-геодезические термины: справочник / Б. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов и др. – М. : Недра, 1989. – 261 с.
16. Уставич Г. А. Геодезия. В 2-х кн. Кн. 2 : учеб. для вузов / Г. А. Уставич. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 536 с.
17. Free drone flight planning app for optimal 3D mapping and modeling. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЧЕТУ

Отчеты лабораторных работ оформляются согласно требованиям СТО СГУГиТ.

Защита отчетов производится устно в форме собеседования.

Основные требования к оформлению отчетов

Текст отчета должен располагаться на листах формата А4 с односторонней печатью.

Размер шрифта – 14 пт (Times New Roman).

Межстрочный интервал – 1,5 строки.

Поля:

- левое – 2,5 см;
- правое – 1 см;
- верхнее и нижнее – 2 см.

Номера страниц вверху страницы, по центру.

В состав отчетов входит:

- титульный лист с указанием темы работы;
- описание цели и задач работы, а также задания работы;
- описание исходных данных (при наличии);
- описание хода выполнения работы с приведением полученных результатов и выводов.

Учебное издание

Писарев Виктор Семенович

Рябова Надежда Михайловна

Никонов Антон Викторович

Медведская Татьяна Михайловна

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Редактор *Ю. С. Мерзликина*

Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 30.03.2022. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 4,18. Тираж 80 экз. Заказ 44.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.