

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель
М. М. Латагуз

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 Горное дело, специализация /
направленность (профиль) Маркшейдерское дело,
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2021

Рецензент

Ю. М. Игнатов, доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии

Латагуз Марина Михайловна

Маркшейдерско-геодезические приборы : методические материалы для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализация / направленность (профиль) Маркшейдерское дело / М. М. Латагуз ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2021. – Текст : электронный.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Маркшейдерско-геодезические приборы». Лабораторные работы содержат описание основных геодезических приборов, оптические схемы. Последовательность выполнения работ, контрольные вопросы по теоретическому курсу, список литературы требования к оформлению отчёта по лабораторным работам.

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева

© Латагуз М. М., составление, 2021

Оглавление

<i>Лабораторная работа №1</i>	4
Теодолиты с односторонней системой отсчитывания	4
<i>Лабораторная работа 2</i>	9
Исследование теодолита с двусторонней системой отсчитывания	9
<i>Лабораторная работа № 3</i>	15
Оптические дальномеры	15
<i>Лабораторная работа №4</i>	20
Работа со светодальномерами	20
<i>Лабораторная работа №5</i>	27
Нивелиры с компенсатором	27
Контрольные вопросы.....	29
<i>Лабораторная работа №6</i>	29
Работа с электронным теодолитом.....	29
<i>Лабораторная работа №7</i>	32
Работа с электронным тахеометром.....	32
<i>Лабораторная работа № 8</i>	38
Знакомство со спутниковой системой GPS,	38
<i>Лабораторная работа №9</i>	40
Работа с беспилотным летательным аппаратом.	40
Список литературы.....	46

Для зачёта лабораторной работы студент должен:

- знать теоретический материал по теме лабораторной работы;
- знать последовательность выполнения поверочных работ;
- уметь производить измерения;
- читать оптические схемы приборов и знать назначения отдельных узлов и деталей.

Отчеты по лабораторным работам выполняются на формате листов А4 (210×297 мм) с использованием текстового редактора Microsoft Word. Параметры страниц: поля – верхнее, нижнее и правое – по 1,5 см, левое – 2,0 см. Шрифт Times New Roman, размер 14 пт, междустрочный интервал одинарный, перенос слов в документе автоматический. К отчётам прилагаются все полевые журналы и измерения, сводные ведомости, заполненные ручкой в соответствии с пп. 391–394 инструкции по производству маркшейдерских работ РД 07-603-03.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях, оборудованных постоянными штативами, по подгруппам. Занятия с тахеометром, спутниковыми навигационными системами и беспилотным летательным аппаратом проводятся на улице с учётом погодных условий для данного прибора.

Лабораторная работа №1

Теодолиты с односторонней системой отсчитывания

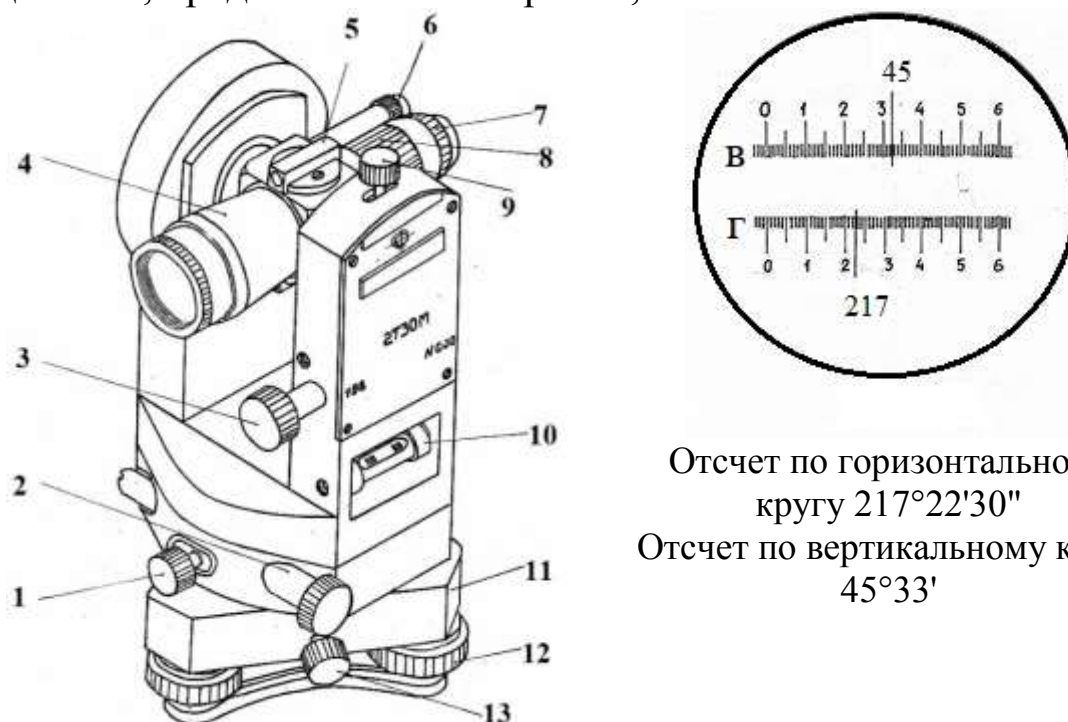
Цель работы:

- Изучение устройства теодолитов, с односторонней системой отсчитывания.
- Изучение оптических схем приборов.
- Научиться определять погрешность отсчитывания, угол поля зрения «U», увеличение трубы «Г».
- Выполнить основные поверки.
- Определить «рен» шкалового микроскопа у теодолитов с односторонней системой отсчитывания.

Приборы для исследования : 2Т30М, 2Т5, Т5К

Последовательность выполнения работ:

1. Дать название пронумерованным винтам и деталям теодолитов, представленных на рис. 1, 2.



Отсчет по горизонтальному
кругу $217^{\circ}22'30''$
Отсчет по вертикальному кругу
 $45^{\circ}33'$

Рис. 1. Теодолит 2Т30М

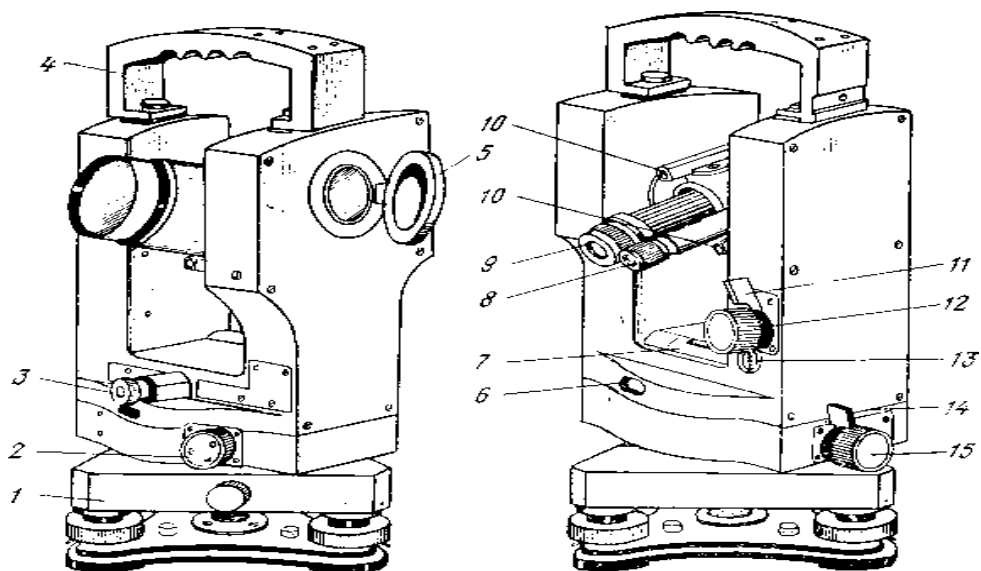
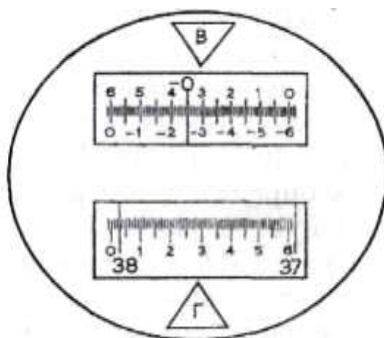


Рис. 2. Теодолит 2Т5К



Отсчет по горизонтальному кругу $38^{\circ}03'00''$
 Отсчет по вертикальному кругу $-0^{\circ}25'05''$

Рис. 3. Поле зрения отсчетного приспособления Т5

2. Самостоятельно зарисовать поле зрения зрительной трубы теодолита, отсчетного приспособления, свои отсчёты по ВК и ГК. Определить вид отсчетного приспособления.

3. Перечертить в тетрадь оптическую схему теодолита Т5 (рис. 4). Показать ход луча от зеркала до окуляра отсчетного приспособления. Раскрыть назначение пронумерованных деталей и узлов.

4. Определить погрешность отсчитывания, угол поля зрения «У», увеличение трубы «Г».

Данные занести в таблицу 1.

5. Выполнить поверки: уровня, коллимационной ошибки, места нуля (МО) или места зенита (MZ). Дать описание поверок, определение коллимационной погрешности, места зенита.

Данные занести в таблицу 2.

6. Определить «рен» шкалового микроскопа у теодолита с односторонней системой отсчитывания.

Формулы для вычисления результатов поверок:

$$C = 0,5(KЛ - КП + 180^\circ) \quad (1)$$

$$MZ = 0,5(KЛ + КП - 360^\circ) \quad (2)$$

$$МО = 0,5(KЛ + КП - 180^\circ) \quad (3)$$

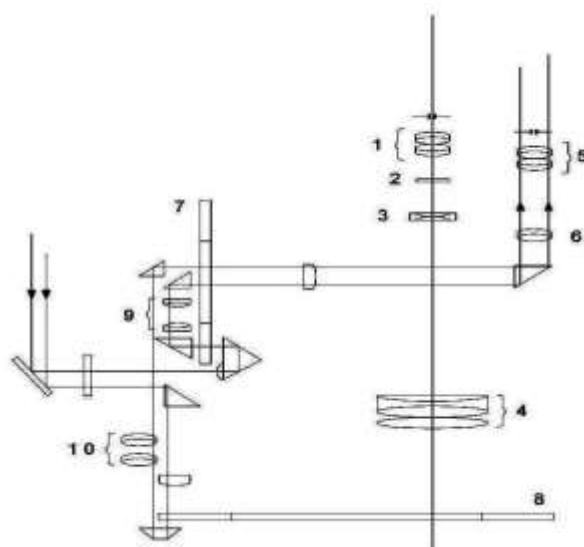


Рис. 4. Оптическая схема теодолита Т5

Таблица 1

Точностные характеристики

Задание	Обозначения	Значения искомых величин
Цена деления лимба	λ	
Количество делений шкалы	n	
Цена деления отсчётного приспособления	$t = \lambda / n$	
Увеличение	Γ	
Угол поля зрения	U	

Таблица 2

Поверочные данные

Задание	Точка наведения	КЛ КП	Отчеты ° ' "	Значение С / МО
Определение коллимационной ошибки (С)	1	КЛ		
		КП		
	2	КЛ		
		КП		
Определение места зенита МZ (МО)	1	КЛ		
		КП		
	2	КЛ		
		КП		

Определение «рена» шкалового микроскопа

«Реном» оптического микрометра или микроскопа называется разность между длиной изображения наименьшего деления лимба и длиной шкалы оптического микрометра или микроскопа.

«Рен» шкалового микроскопа представляет собой разность между действительной длиной отсчетной шкалы и её расчётного значения, которое должно соответствовать наименьшему делению лимба. (Для теодолитов Т5, Т15, Т20, Т30, 2Т30М – одному градусу).

Определяют «рен», путём сравнения длины шкалы микроскопа с изображением деления лимба.

Измерения выполняют с перестановкой лимба через 60° в прямом и обратном ходах. Ниже приводится таблица 3 установок лимба.

Таблица 3

Установки лимба для теодолита Т5

Горизонтальный круг, град.						
Прямой ход	0	60	120	160	240	300
Обратный ход	30	90	150	210	270	330

Последовательность выполнения работ

1. Устанавливают теодолит на прочное основание, приводят по уровню плоскость лимба в горизонтальное положение.

2. Поворотом алидады находят нужную установку лимба (0°) и приблизительно совмещают нулевой штрих шкалы с градусным штрихом установки.

3. Рычагом, скрепляя лимб с алидадой, поворачивают теодолит в положение благоприятного освещения. Фиксируют лимб закрепительным винтом.

4. Наводящим винтом точно совмещают нулевой штрих шкалы с градусным штрихом лимба (30° и 0) и берут отсчет по соседнему правому градусному штриху на шкале микроскопа "а", оценивая на глаз деление шкалы до $0,1$ деления ($6''$).



Рис. 5. Отсчет по шкале

На рисунке 5 этот отсчет равен $29^\circ 59' 54''$. Измерения повторяют, выполняя повторное совмещение нулевого градусного штриха, и берут второй отсчёт по соседнему штриху a' (например, $29^\circ 60' 00''$). Отсчеты заносят в таблицу 4. Затем действия 2, 3, 4 повторяют для следующей установки.

Таблица 4

Определение «рена» горизонтального круга

Дата 25.09.21

Теодолит 2Т30М

№ установки	Прямой ход			Обратный ход				
	Установка	Отсчеты			Установка	Отсчеты		
		a	a'	a_{cp}		a	a'	a_{cp}
1	0	-6	0	-3	30	0	0	0
2	60	0	0	0	90	0	+6	+3
3..	120..	-12..	-12..	-12..	150	0	-6	-3
				

$$r_{пр} = \frac{\sum a_{cp}}{n}; \quad (4)$$

$$r_{обр} = \frac{\sum a_{cp}}{n}, \quad (5)$$

где n – число установок в ходе.

Значение «рена» из прямого и обратного хода вычисляется по формуле

$$r = \frac{r_{\text{пр}} + r_{\text{обр}}}{2}. \quad (6)$$

Отсчеты a и a' удобнее записывать в виде дополнения до $60''$, так отсчет $59'54''$ в таблице будет записан как $-6''$. Значение «рена» не допускается более $0,1$ деления шкалы, или в данном случае $6''$.

Контрольные вопросы

1. Перечислите системы отсчитывания у теодолитов различной точности.
2. Почему оптическая система отсчитывания называется односторонней?
3. Как система отсчитывания влияет на точность прибора?
4. Как определяется увеличение трубы (описать любой из известных способов)?
5. Как определяется угол поля зрения зрительной трубы?

Лабораторная работа 2 **Исследование теодолита** **с двусторонней системой отсчитывания**

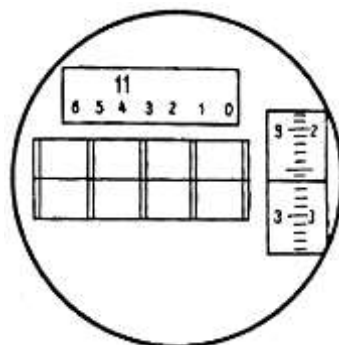
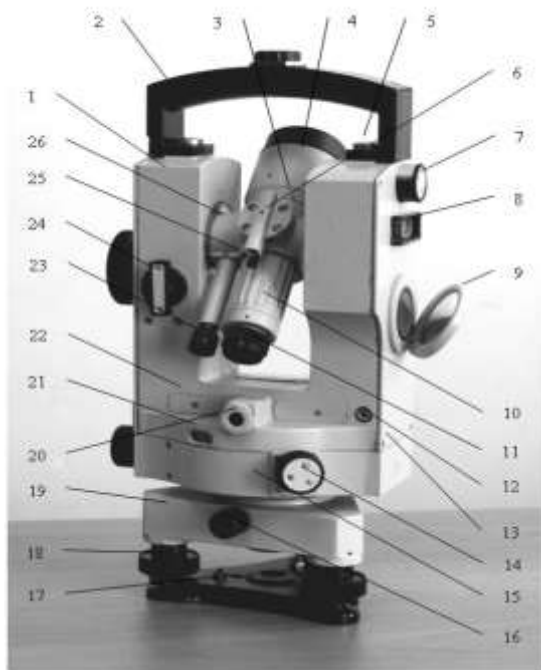
Цель работы:

- Изучение устройства теодолитов, с двусторонней системой отсчитывания.
- Изучение оптической схемы прибора, назначение винтов, устройство отсчитывания у теодолита.
- Научиться определять погрешность отсчитывания, угол поля зрения «U», увеличение трубы «Г».
- Выполнить основные поверки.
- Научиться выполнять измерения.
- Определить «рен» горизонтального и вертикального кругов у теодолитов с оптическим микрометром.

Приборы для исследования : 2Т2А, 3Т2К

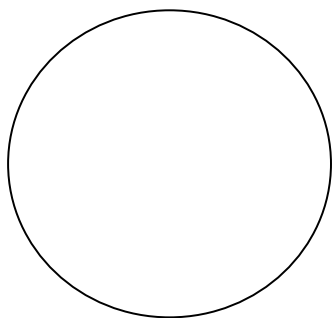
Последовательность выполнения работ

1. Дать название пронумерованным винтам и деталям на рис. 6.
2. Зарисовать поле зрения оптического приспособления и зрительной трубы.
3. Зарисовать свои отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам (рис. 7).

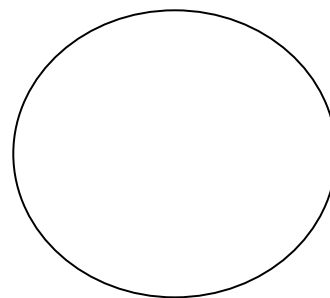


Показание лимба
горизонтального круга
 $11^{\circ}43'27''$

Рис. 6. Теодолит 2Т2А



Показание лимба ГК



Показание лимба ВК

Рис. 7. Показания отсчетного приспособления

4. Перечертить в тетрадь оптическую схему теодолита, показать ход луча от зеркала до окуляра отсчетного приспособления (рис. 8). Раскрыть назначение пронумерованных деталей и узлов.

5. Определить цену деления лимба, цену деления шкалы отсчетного приспособления, точность отсчитывания. Определить вид отсчетного приспособления.

6. Определить увеличение трубы и угол поля зрения.

7. Выполнить поверки: уровня, коллимационной ошибки, места зенита. Результаты поверок и исследований занести в таблицы, аналогичные таблицам 1 и 2.

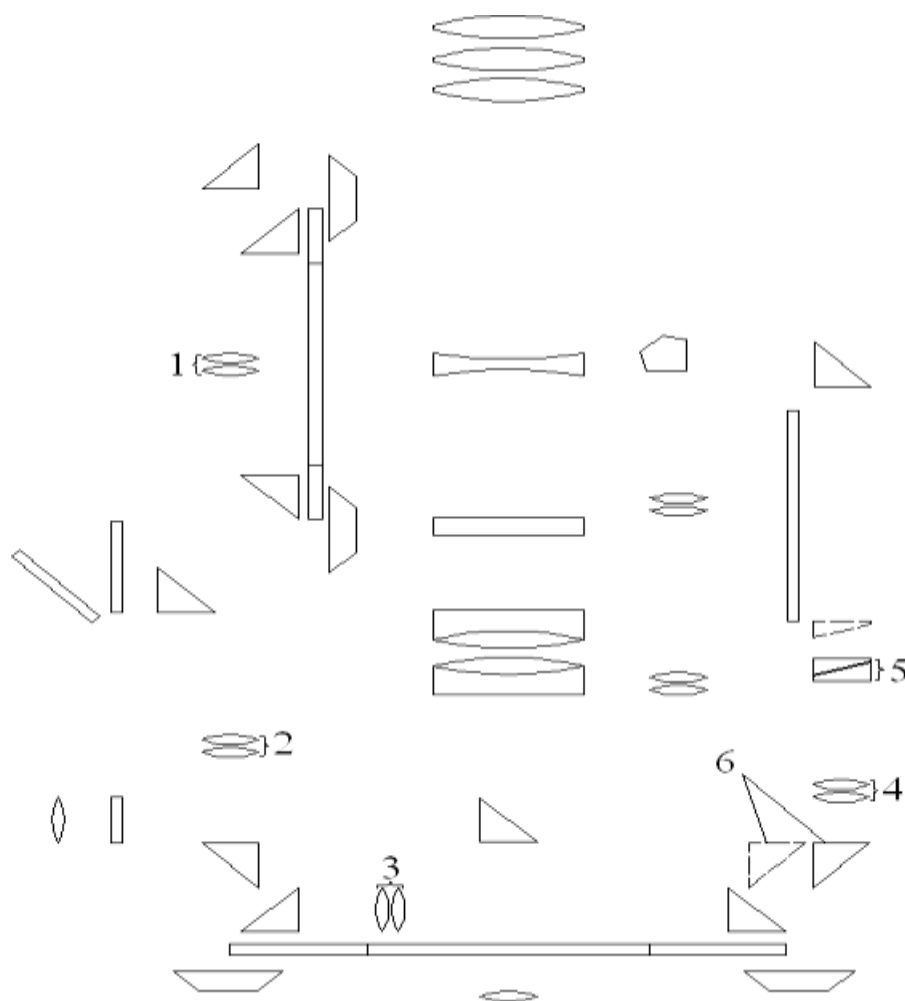


Рис. 8. Оптическая схема теодолита 2Т2А

Определение «рена» оптического микрометра

Определение «рена» оптической системы отсчетного приспособления для точных и высокоточных теодолитов, являющееся одной из самых важных поверочных работ, выполняют до начала и после окончания полевого сезона.

В таблице 5 приведены установки лимба для определения «рена» горизонтального и вертикального кругов.

Установки лимба для теодолита

Горизонтальный круг		Вертикальный круг	
прямой ход	обратный ход	прямой ход	обратный ход
0°00'	22°20'	82°20'	83°20'
45°20'	67°40'	84°40'	85°40'
90°40'	112°00'	87°00'	88°00'
135°00'	157°20'	89°20'	90°20'
180°00'	202°40'	91°40'	92°40'
225°40'	247°00'	94°00'	95°00'
270°00'	292°20'	96°20'	97°20'
315°20'	337°40'	98°40'	99°40'

При определении «рена» горизонтального круга придерживаются следующей последовательности операций:

1. Устанавливают теодолит на прочном основании или штативе и приводят плоскость круга в горизонтальное положение.

2. Барабанчиком оптического микрометра устанавливают отсчет по шкале 0°0'.

3. Винтом перестановки лимба ставят табличную установку (приблизленно).

4. Наводящим винтом алидады горизонтального круга выполняют точное совмещение штрихов установки.

5. Барабанчиком оптического микрометра выполняют разведение и точное совмещение штрихов установки лимба A и $A+180^\circ$ (рис. 9).

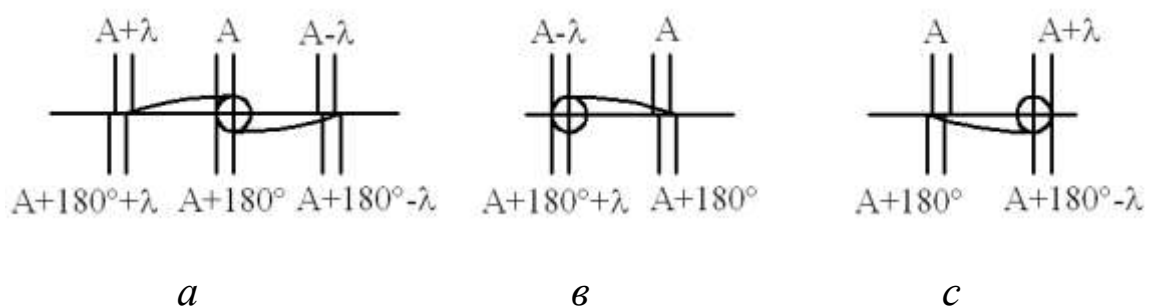


Рис. 9. Схема совмещения штрихов

a – отсчет по шкале микрометра при совмещении штрихов A и $A+180^\circ$; $б$ – отсчёт при совмещении штрихов $A-\lambda$ и $A+180^\circ$; $в$ – отсчёт при совмещении штрихов A и $A+180^\circ-\lambda$.

Выполняют два совмещения, записывая отсчёты a и a' в соответствующую графу табл. 6. Расхождение отсчетов не допускается более $2''$. Отклонение от нулевого деления шкалы – не более $3''$.

6. Барабанчиком добиваются совмещения верхнего штриха $A-\lambda$ с нижним $A+180^\circ$ и берут отсчёты в конце шкалы при двух совмещениях b и b' .

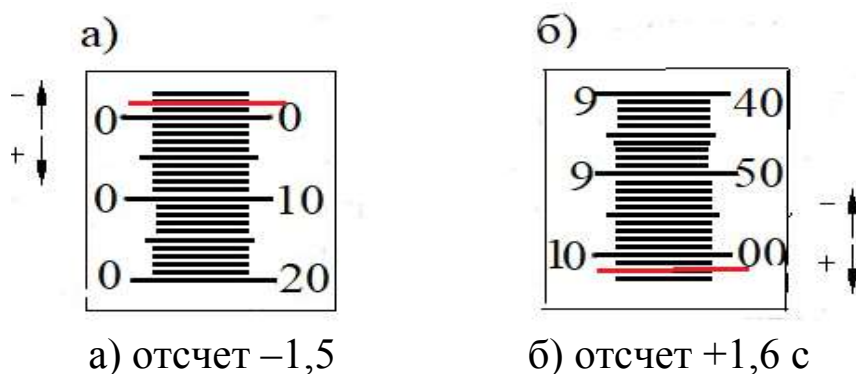


Рис. 10. Отсчеты по шкале микрометра

7. Переключают внимание на соседнюю пару штрихов A (верхний) и $A+180^\circ-\lambda$ (нижний). Добиваясь их совмещений берут отсчёты c и c' . Отсчёты по шкале микрометра удобнее брать и записывать относительно начального нулевого и конечного оцифрованного делений шкалы. Если отсчёты располагаются выше нулевого или конечного оцифрованного делений, отсчётам придают знак «минус», для нижних отсчетов – знак «плюс» (см. рис. 10, а, б).

При обработке результатов вычисляют средние значения a b и $a-c$ для каждой установки лимба и общую сумму средних по формулам:

$$r_{\text{в}} = \frac{\sum (a-b)_{\text{ср}}}{n}; \quad (7) \quad r_{\text{н}} = \frac{\sum (a-c)_{\text{ср}}}{n}; \quad (8)$$

$$r'_{\text{в}} = \frac{\sum (a-b)_{\text{ср}}}{n}; \quad (9) \quad r'_{\text{н}} = \frac{\sum (a-c)_{\text{ср}}}{n}, \quad (10)$$

где $r_{\text{в}}$, $r_{\text{н}}$ – «ренны» верхнего и нижнего делений лимба прямого хода; $r'_{\text{в}}$, $r'_{\text{н}}$ – «ренны» делений лимба обратного хода.

Таблица 6

Определение «рена» отсчетной системы

Дата 4.11.2021

Теодолит 2Т2А № 47156

 $t_H = 20^\circ$ $t_K = 21^\circ$

Горизонтальный круг

Установка лимба	Прямой ход					Уста- новка лимба	Обратный ход				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a-b</i>	<i>a-c</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a-b</i>	<i>a-c</i>
0°00'	0,5	0,1	0	0,4	0,5	22°20'	-1,2	-1,2	-1,2	0	0
	1,0	-0,7	-1,0	1,7	2,0		-2,2	-2,0	-1,2	-0,2	-1,0
				1,05	1,25						-0,1
45°20'	0,3	1,2	0	-0,9	0,3	67°40'	-0,9	-0,2	-1,5	-0,7	0,6
	0,5	0,9	-1,0	-0,4	1,5		-1,4	0	-2,2	-1,4	0,6
				-0,65	0,9						-1,05
315°20'	1,5	1,9	0,1	-0,4	1,4	337°40'	0,2	0	-0,7	0,2	0,9
	0,9	1,1	1,0	-0,2	-0,1		0,9	-0,1	-0,9	1,9	1,8
				-0,3	-0,65						1,05

$$r_B = -0,34 \quad r_H = 0,50 \quad r'_B = -0,14 \quad r'_H = 0,31$$

Среднее значение

$$r_B'' = \frac{r_B + r'_B}{2}; \quad (11) \quad r_H'' = \frac{r_H + r'_H}{2}; \quad (12)$$

$$r_B'' = \frac{-0,34 - 0,14}{2} = -0,24, \quad r_H'' = \frac{0,5 - 0,31}{2} = 0,41.$$

Находят окончательное значение «рена» для прямого и обратного ходов верхних и нижних в поле зрения делений лимба:

$$r = \frac{-0,24 + 0,41}{2} = 0,09''$$

а также разность

$$\Delta r = r_B - r_H = -0,24 - 0,41 = -0,65''.$$

Полученные значения r и Δr сравнивают с допустимыми значениями для данного типа теодолита.

Если «рен» больше допуска, но менее $10''$, составляют таблицу поправок к отсчетам по микрометру. Например, для

«рена», равного $5''$, ниже представлена таблица 7 поправок к отсчетам по шкале оптического микрометра.

Таблица 7

Поправки к измерениям

Минуты	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поправки	-0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0

Аналогично производят исследование «рена» вертикального круга. На необходимую установку лимб вертикального круга ставят наклоном зрительной трубы и наводящим винтом вертикального круга.

Контрольные вопросы

1. Что называется «реном»?
2. Какими линзами исправляется «рен» верхнего деления лимба, «рен» нижнего деления лимба горизонтального и вертикального кругов?
3. С каким знаком вводятся поправки за «рен»?
4. При «рене» со знаком «+» в каком направлении при исправлении перемещается группа линз (право-лево) или (верх-низ)?
5. Как исправляется коллимационная ошибка?
6. Как исправляется MZ (МО)? В каких случаях и для чего необходимо производить исправление С и MZ?

Лабораторная работа № 3

Оптические дальномеры

Цель работы:

- Изучить принцип работы оптического тахеометра Редта 002.
- Изучить последовательность работ различных типов дальномерных измерений.

Приборы для исследования: редуционный тахеометр Редта 002

Оптическими дальномерами называются приборы для измерения длин линий на местности, основанные на принципе решения прямоугольного или равнобедренного треугольника по острому углу и противолежащей стороне (базису).



Рис. 11. Редуционный тахеометр Редта 002

Оптическими дальномерами называются приборы для измерения длин линий на местности, основанные на принципе решения прямоугольного или равнобедренного треугольника по острому углу и противолежащей стороне (базису).

Дальномеры, у которых один из элементов треугольника (угол или базис) является постоянной величиной, подразделяются на два основных типа: дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянным базисом.

Существуют также авторедуционные дальномеры третьего типа с переменным углом и базисом, применяемые в современных тахеометрах.

Измерительные устройства дальномеров могут входить в систему зрительной трубы геодезического инструмента или быть в виде отдельного прибора (насадки), в котором зрительная труба служит для рассматривания дальномерных шкал.

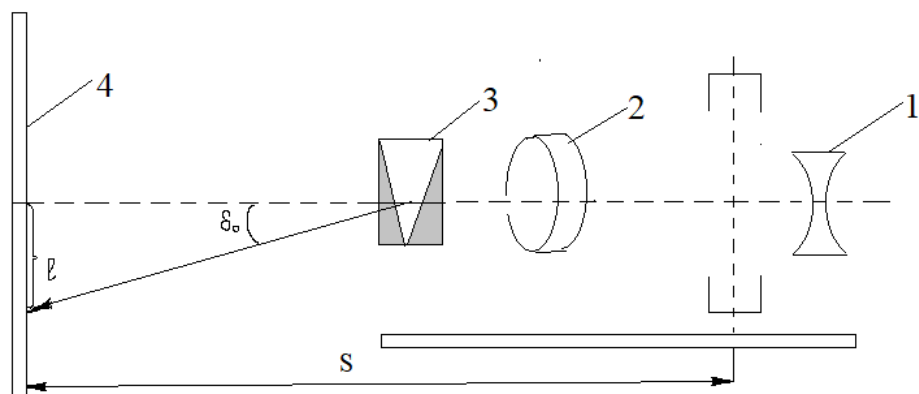


Рис. 12. Оптическая схема устройства редуцирующего механизма Редта

Последовательность работ с редуционным дальномером тахеометра Редта 002

1. Устанавливают прибор и рейку на штанге по концам измеряемой линии. Рейку устанавливают так, чтобы отсчёты располагались симметрично относительно оси штанги, для чего рейку передвигают относительно крепёжной пластины штанги. Рейку устанавливают горизонтально и перпендикулярно измеряемой линии (через зрительную трубу в оптическом визире рейки должен быть виден светлый штрих).

2. Вращая кольцо переключателя, расположенное вблизи окуляра, включают двойное изображение.

3. Зрительную трубу наводят на рейку так, чтобы горизонтальная нить сетки делила рейку по горизонтали по её оси. Вертикальная нить должна проходить через ось штанги.

4. Наводящим винтом зрительной трубы точно наводят разделительную линию на середину рейки.

5. Наводящим винтом горизонтального круга наводят трубу так, чтобы верньер на рейке, по которому будет производиться отсчет, находился в поле зрения. (Для расстояния до 122 м используют внутренний верньер рейки, внешний верньер используют для расстояний от 50 до 172 м, при этом к отсчитанному по рейке расстоянию прибавляют 50 м).

6. Наводящим винтом алидады вертикального круга приводят пузырек уровня в нуль-пункт.

7. Вращением барабанчика оптического микрометра совмещают какой-либо штрих верньера с любым из штрихов рейки (рис. 13).

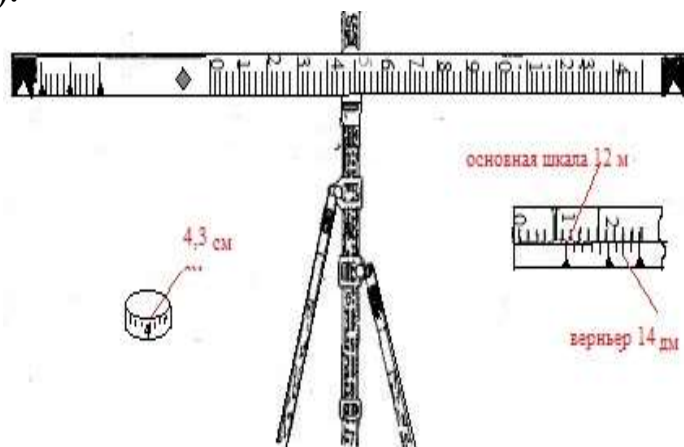


Рис. 13. Отсчёты по рейке и барабанчику

8. Берут отсчёт по рейке до нуля верньера (12 м), по верньеру до совпадающего штриха, умножая на 2 ($7 \times 2 = 14$ дм), и по шкале барабанчика микрометра (4,3 см). Полный отсчёт будет равен сумме отсчётов, то есть $12 \text{ м} + 1,40 \text{ м} + 0,043 \text{ м} = 12,443 \text{ м}$. Совмещение штрихов выполняют дважды, вращая барабанчик в противоположную сторону.

Среднее из двух отсчетов даст горизонтальное проложение измеряемой линии. Линию измеряют в прямом и обратном направлении. Расхождение двух измерений не должно превышать 2 см на 100 м (1:5000).

Последовательность работ с тангенциальным дальномером Редта 002

Дальномер с тангенциальной шкалой (рис. 14) предназначен для определения горизонтальных проложений по вертикальной рейке с относительной погрешностью от 1:500 до 1:1000.

1. Переключают зрительную трубу на полное изображение и визируют средней нитью на верхний конец трехметровой рейки. нуль-пункт.

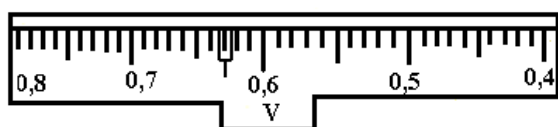


Рис. 14. Тангенциальная шкала Редта 002

3. Наводящим винтом трубы точно устанавливают ближайший штрих тангенциальной шкалы в её биссектор (рис.14) и берут отсчеты по рейке a_1 и тангенциальной шкале $\text{tg } \delta_1$.

4. Наводят зрительную трубу примерно на высоту 1,5 м, вводят ближайший штрих шкалы в биссектор и берут отсчеты a_2 и $\text{tg } \delta_2$.

5. Горизонтальное проложение D вычисляют по формуле

$$D = (a_1 - a_2) / (\text{tg } \delta_1 - \text{tg } \delta_2). \quad (13)$$

Измерения повторяют. Расхождение измерений ΔD к D не должно превышать в относительной погрешности 1:1000.

6. Определение превышений. Превышение h подсчитывают по формулам:

$$h_1 = D_1 \text{tg } \delta_1 + i - a_1 \quad (14)$$

$$h_2 = D_2 \text{tg } \delta_2 + i - a_2 \quad (15)$$

где i – высота инструмента; a_1, a_2 – отсчеты по рейке; $\text{tg } \delta$ – отсчет по тангенциальной шкале прибора.

Расхождение превышений не должно быть более 1 см.

Последовательность работ с нитяным дальномером тахеометра Редта 002

Нитяной дальномер предназначен для определения наклонных расстояний при тахеометрической съёмке с вертикальной рейкой.

1. С помощью рейки и нитяного дальномера взять отсчет наклонного расстояния

2. Определить зенитное расстояние.

3. Вычислить горизонтальное проложение по формуле

$$D = (100n - 0,3 \text{ м}) \sin^2 z \quad (16)$$

где z – значение зенитного расстояния, вычисленного по отсчету на вертикальном круге.

4. Измерив расстояние несколькими способами дальномерных измерений, сравнить измеренные длины и сделать оценку точности полученных измерений. Для получения сравнительных результатов измерения производить не менее 4 раз.

Контрольные вопросы

1. Объяснить назначение деталей и узлов на оптической схеме (рис. 9).
2. Зарисовать поля зрения отсчетных приспособлений и отсчёты по шкалам.
3. Объяснить взятие отсчётов по редуционному дальномеру Редта-002.
4. Как определить расстояние тангенциальным дальномером?
5. Как определить расстояние нитяным дальномером?
6. Как определить превышение тангенциальным дальномером Редта-002?

Лабораторная работа №4 Работа со светодальномерами

Цель работы:

- Изучить принцип работы светодальномеров.
- Научиться выполнять измерения и вычислять длину с учётом поправок.

Приборы для исследования: СМ-5, СП-2, Топаз.

Последовательность выполнения работ

1. Изучить блок-схему светодальномера (рис. 15).

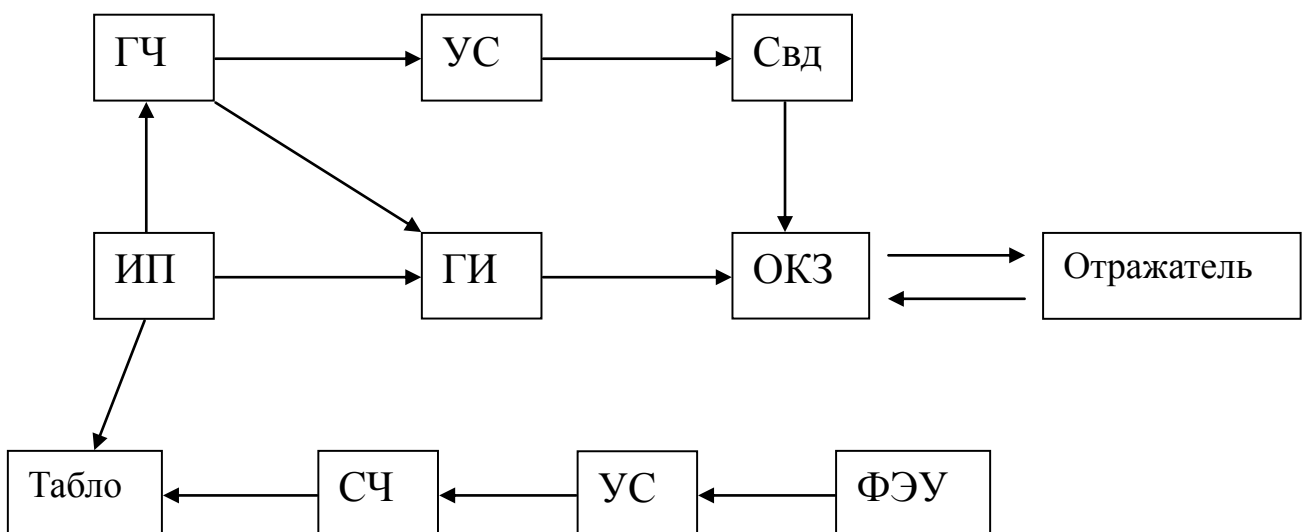


Рис. 15. Блок-схема светодальномера

Условные обозначения:

ГЧ – генератор частоты модуляции

УС – усилитель сигнала

Свд – светодиод

ОКЗ – оптическое короткое замыкание

ФЭУ – фотоэлектронный умножитель

СЧ – счетчик импульсов

ГИ – генератор импульсов

ИП – источник питания

2. Указать название пронумерованных деталей и узлов светодальномеров на рис. 16.

3. Выполнить поверки светодальномеров.

Пригодность светодальномеров к использованию определяют в процессе поверок, которые проводят перед вводом в эксплуатацию, после хранения на складе, после длительной транспортировки, нахождения в особо неблагоприятных условиях и периодически при эксплуатации. Поверки различных светодальномеров могут несколько отличаться друг от друга. У некоторых светодальномеров могут предусматриваться особые поверки, обусловленные спецификой конструкции. Но в общем проводят следующий комплекс поверок светодальномеров.

3.1. Внешний осмотр прибора. Здесь обращают внимание на плавность вращения трубы, наводящих винтов, надежность работы закрепительных винтов и др.

3.2. Поверки установочных уровней и центрировочных устройств. Уровни и центрировочные устройства проверяют и юстируют теми же известными методами, что и у других геодезических приборов.

3.3. Проверка правильности показаний контрольных приборов. Выполняется с использованием контрольных источников питания, вольтметров и др.

3.4. Поверка масштабной частоты. Осуществляется при помощи стандартного частотомера. Порядок поверки определен в техническом описании конкретного светодальномера.

3.5. Поверка параллельности визирной оси визира и светового луча светодальномера.

3.6. Определение постоянной поправки светодальномера. Выполняется на базисе с известной длиной. Так как величина поправки не зависит от измеряемой линии, целесообразно определять её на возможно более коротком базисе в благоприятных для измерения условиях.

4. Определение ошибки измерения расстояний одним приемом. Выполняется на контрольных базисах различной длины в пределах рабочего диапазона работы прибора.

5. Для различных светодальномеров в результаты измерения вводят поправки за температуру, давление, влажность и др. Они, как правило, определяются из номограмм и таблиц в паспорте или из технического описания прибора.

6. Научиться пользоваться метеоприборами и определять поправки для соответственных погодных условий

7. Вычислить горизонтальное проложение измеряемой линии по формуле

$$S_{\text{гориз}} = S_{\text{изм}} + \Delta S_f + \Delta S_{\text{ц}} + \Delta S_h + \Delta S_c + C_{\text{отр}} \quad (17)$$

где ΔS_f – поправка за уход масштабной частоты;

$\Delta S_{\text{ц}}$ – поправка за цикличность;

ΔS_h – поправка за наклон;

ΔS_c – поправка контрольного отсчета;

$C_{\text{отр}}$ – постоянное слагаемое с отражателем (по паспорту).



Рис. 16. Светодальномер СП-2 и шестипризмный отражатель

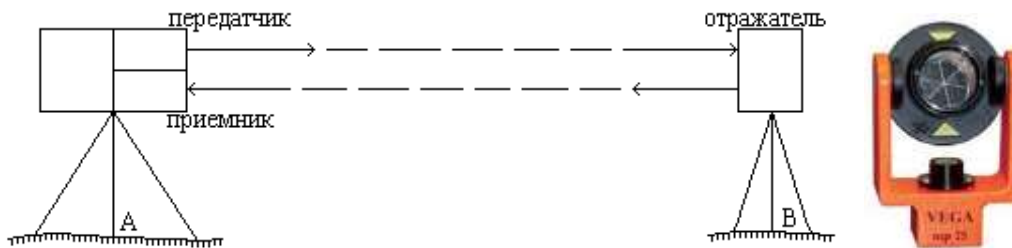


Рис. 17. Принципиальная схема измерения расстояния светодальномером

Измерение расстояний с помощью светодальномера (рис. 17) основано на измерении промежутка времени t , в течение которого свет дважды проходит расстояние D , в прямом и обратном направлении. Для того чтобы свет проходил в обратном направлении, используют отражатели.

Пример вычисления линий, измеренных светодальномером СП-2, приведен в табл. 8.

Таблица 8

Журнал измерений импульсным светодальномером СП-2

Линия 1-5 Дата 28.11.2021 г. Наблюдатель Петров Ю. М.
 Контроль питания 7,2 Температура 18,3 Давление 740,5
 $H_{пр}$ 103,44 м $i_{пр}$ 1,30 м $H_{отр}$ 102,20 м $i_{отр}$ 1,28 м $C_{эт}$ 60 мм
 Время 08ч 15мин Погода облачная $S_{прибл}$ 1,2 км
 $C_{отр} = -80,0 мм$ $K_{п} = +0,68$ $K_f = 0,0$

Отсчеты, мм			Поправки, м	
грубо	точно	$C_{отсч}$	$H_1 + i_1$	104,74
268358	57,1	61,2	$H_2 + i_2$	103,45
356	57,3	61,4	h	-1,29
356	57,5		$\Delta S_h = -h^2/2S$	-0,0007
	57,2		$\Delta S_c = C_{эт} - C_{отч}$	-0,0013
	57,4		$\Delta S_f = 10^{-5} \cdot S \cdot (K_{п} + K_f)$	+0,0086
			$\Delta S_{ц}$	+0,0006
Среднее	57,3	61,3	$C_{отр}$	-0,080
$S_{изм} = 1268357,3$			$S_{гориз}$	1268,284

Метеоприборы

Барометр aneroid (др. греч. βάρος – «тяжесть» и μετρέω – «измеряю») – прибор для измерения атмосферного давления.

Анероиды (греч. «а» – отрицание, «нерос» – влажный).



Рис. 18. Барометр-анероид

Главная часть барометра-анероида – лёгкая, упругая, полая внутри металлическая коробочка 2 (рис. 18) с гофрированной (волнистой) поверхностью. Воздух из коробочки откачен. Её стенки растягивает пружинящая металлическая пластина 5. К ней при помощи специального механизма прикреплена стрелка 6, которая насажена на ось 7. Конец стрелки передвигается по шкале 4, размеченной в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Все детали барометра помещены внутрь корпуса 1, закрытого спереди стеклом 3.

Согласно формуле $F = pS$, изменение атмосферного давления (то есть величины « p ») будет приводить к изменению силы, сдавливающей стенки коробочки. Следовательно, будет изменяться и величина их прогиба. Возникающее движение стенок коробочки при помощи механизма передастся стрелке и вызовет её сдвиг к другому делению шкалы.

Барометр-анероид – очень чувствительный прибор. Наблюдая за барометром, вы легко обнаружите, что его показания меняются при перемене погоды. Замечено, что перед ненастьем атмосферное давление падает, а перед ясной погодой – возрастает. Кроме того, показания барометра зависят от высоты места наблюдения над уровнем моря. Чем выше мы будем подниматься, тем меньшим будет атмосферное давление. При небольших высотах подъёма каждые 12 м атмосферное давление уменьшается на 1 мм рт. ст.

Психрометр (др. греч. ψυχρός – холодный), гигрометр психрометрический – прибор для измерения влажности воздуха и его температуры.

Принцип действия

Скорость испарения влаги увеличивается по мере уменьшения относительной влажности воздуха. Испарение влаги, в свою очередь вызывает охлаждение объекта, с которого влага испаряется. По мере охлаждения влажного объекта уменьшается и скорость испарения влаги до тех пор, пока при некоторой температуре не будет достигнуто динамическое равновесие – количество испарившейся влаги сравняется с количеством конденсирующейся.

Устройство

Простейший психрометр состоит из двух термометров (рис. 19), один – обычный сухой термометр, а второй имеет устройство увлажнения. Термометры имеют точную градуировку с ценой деления 0,2–0,1 градуса. Термодатчик влажного термометра обернут хлопчатобумажной тканью. Вследствие испарения влаги, увлажнённый термометр охлаждается. Для определения относительной влажности снимают показания сухого и влажного термометров, а далее используют психрометрическую таблицу 9.



Рис. 19. Психрометр аспирационный

Таблица 9

Психрометрическая таблица

Показатели сухого воздуха, °С	Разность показаний термометров, °С																					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11
	Относительная влажность, %																					
5	91	83	75	66	58	50	42	34	26	19												
6	92	84	76	67	60	52	45	37	30	22	15											
7	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19											
8	92	85	78	70	63	56	49	42	36	29	22	16										
9	93	86	79	71	65	58	51	45	38	32	25	19										
10	93	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16									
11	93	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20									
12	93	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18								
13	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20								
14	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18							
15	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18						
16	94	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20						
17	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19					
18		90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17				
19		90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19				
20		90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	18			
21		90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17		
22		91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	23	19		
23		91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	25	21	18	
24		91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	27	24	20	
25		91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	29	26	22	19

Контрольные вопросы

1. Дать описание частей и деталей на рис. 13 и 14.
2. Виды модуляции.
3. Что входит в понятие атмосферные показатели и какими приборами их измеряют?
4. Как определить постоянное слагаемое прибора?
5. Объяснить принцип измерения длин линий с помощью светодальномера.
6. Какие атмосферные показатели значительно влияют на линейные измерения?
7. Перечислите классификацию радио-, светодальномеров.

Лабораторная работа №5 **Нивелиры с компенсатором**

Цель работы:

- Изучить принцип работы компенсатора в геодезических приборах.
- Научиться выполнять исследование о работе компенсатора.

Приборы для исследования: НЗК; CONDROL 24 X; AL120; Sprinter50.

Последовательность выполнения работ

1. Указать название и назначение пронумерованных частей нивелиров НЗК, Leica Sprinter 50 (рис. 20, 21).



Рис. 20. Нивелир НЗК (слева)



Рис.21.Электронный нивелир Leica Sprinter 50 и штрих-кодовая рейка (справа)

2. Выполнить поверку недокомпенсации.

Поверка недокомпенсации

Для нивелиров с компенсаторами выполняют поверку недокомпенсации.

При производстве поверки в полевых условиях нивелир располагают в середине створа между двумя рейками, установленными по уровням и закрепленными неподвижно с помощью рейко-держателей или штативов. Один из подъемных винтов нивелира необходимо располагать по створу нивелируемой линии.

Выполняют определение превышений в пяти сериях. В каждой серии перед взятием отсчётов задают наклоны подъёмными винтами, приводя пузырёк установочного уровня в положения, указанные на рис. 22. Для каждой серии и каждого наклона вычисляют превышения. Перед каждой серией изменяют высоту прибора. Расстояние между рейками должно быть 10, 50, 100 м для высокоточных нивелиров, 100 и 200 м – для точных и 200 м – для технических. Все данные занести в табл. 10

Если средние значения превышения, полученные при положении круглого уровня II, III, IV и V, отличаются от среднего при положении I более чем на 3 мм, то нивелир необходимо исправлять в мастерской.

Работа компенсатора, определение превышений

Отсчеты	I	II	III	IV	V
З					
П					
h					
Δh					

Иногда недопустимая недокомпенсация наблюдается только в одном из положений пузырька уровня при наклоне оси нивелира подъёмными винтами.

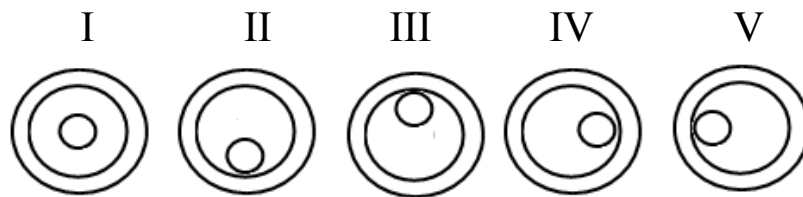


Рис. 22. Положения пузырька установочного уровня

В этом случае можно выполнять работы, но необходимо следить, чтобы пузырёк в процессе нивелирования не занимал установленного исследованием недопустимого положения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды компенсаторов, используемых в геодезических приборах.
2. Что вы понимаете под определением рабочего диапазона компенсатора?
3. Назовите предельное расхождение недокомпенсации для нивелирования III класса.
4. Как определить рабочее состояние компенсатора перед началом работ?
5. Для каких целей используется в нивелирах с компенсатором демпфер?

Лабораторная работа №6
Работа с электронным теодолитом

Цель работы:

- Изучить конструктивные особенности электронного теодолита.

- Научиться выполнять угловые измерения.

Приборы для исследования: ТЕО 20 (Vega)

Последовательность выполнения работы

1. Дать название пронумерованным винтам и деталям теодолита, представленного на рис. 23.
2. Выполнить основные поверки теодолита.
3. Выполнить пробные измерения горизонтальных углов: правых и левых измерений. Выполнить угловые измерения методом отдельного угла 4 раза данные записать в журнал.
4. Вычислить СКП измеренного угла.
5. Научиться выполнять установки вертикальных измерений.



Рис. 23. Электронный теодолит ТЕО

Характеристика теодолита ТЕО 20 (Vega)

Электронные теодолиты ТЕО 20 (Vega) имеют систему отсчета горизонтальных и вертикальных углов. Теодолит состоит из водонепроницаемого корпуса, вмещающего оптические и электронные компоненты. Принцип действия теодолита основан на использовании кодового датчика угла поворота, состоящего из оптического лимба с нанесённым двоичным кодом.

Считывающего светодиодного блока и регистрирующего фотодиодного устройства.

Теодолит обеспечивает автоматическое считывание по горизонтальному и вертикальному угломерным датчикам. Результаты

считывания выводятся на дисплей. Управление теодолитом осуществляется с помощью 6-кнопочной панели. В рабочее положение теодолит приводится с помощью уровней: круглого, размещенного на трегере и точного цилиндрического, закрепленного на алидаде горизонтального круга. Точная установка (центрирование) теодолита над заданной точкой осуществляется с помощью встроенного оптического центрира.

Зрительная труба теодолита имеет дальномерную сетку нитей, что позволяет измерять расстояние до определяемых точек с помощью нивелирной рейки.

Таблица 1

Функциональные клавиши

Клавиша	Операция
R/L	Изменение направления горизонтального угла по часовой стрелке на измерения против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши
HOLD	Удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее. Когда нажата эта клавиша, отсчет горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчета горизонтального угла. Повторное нажатие клавиши разблокирует отсчет горизонтального угла
V%	Уклон. Переход от градусов/гонов к уклону в процентах (%) для вертикального угла. Символ "%" появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона.
OSET	Обнуление отсчета горизонтального круга на дисплее. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчет 0°00'00" на любое направление

Контрольные вопросы

1. Расскажите принцип действия угловых измерений в электронных теодолитах.
2. Перечислите основные преимущества и недостатки электронных приборов при сравнении с оптическими теодолитами, аналогичной точности.

3. Перечислите поверки и особенности их выполнения для электронных теодолитов.

Лабораторная работа №7 **Работа с электронным тахеометром**

Цель работы:

- Изучить конструктивные особенности электронного тахеометра.
- Научиться выполнять угловые измерения.
- Научиться выполнять инженерные задачи.
- Решать обратную засечку.
- Вынос в натуру по координатам.

Приборы для исследования: тахеометры Leica.



Рис. 24. Электронный тахеометр Leica

Последовательность выполнения работы

1. Изучить последовательность работы с тахеометром.
2. Изучить значения функциональных кнопок и последовательность выполнения основных поверок тахеометра.
3. Изучить и решить самостоятельно инженерные задачи, дать описание последовательности выполнения.
4. Написать технические характеристики тахеометра.
5. Выполнить вынос в натуру, для этого определить

местоположение съёмочной точки методом обратной засечки.

Сущность обратной угловой засечки заключается в том, чтобы найти координаты станции, на которой установлен электронный тахеометр, по известным точкам, в количестве не менее 2. Производится измерение расстояний и углов, после чего на дисплей выводятся результаты обратной засечки и точность определения станции. Большое количество точек увеличивает точность определения координат станции. На рисунке 25 представлена обратная засечка по 3 известным точкам А, В и С для определения координат точки М.

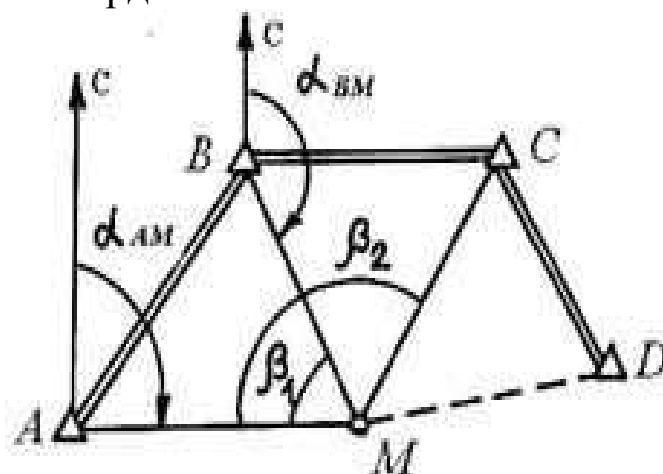


Рис. 25. Обратная угловая засечка

Последовательность вынесения точек

Для вынесения в натуру точек находим наиболее удобную точку, с которой будут хорошо просматриваться хотя бы 2 опорные точки для произведения операции. Координаты исходных точек указаны в таблице 12.

Таблица 12

Координаты опорных точек

№ точки	1	2	3	4
X	340,095	400,645	321,490	264,920
Y	819,965	848,827	895,760	859,215

Выполняется горизонтирование тахеометра по электронному уровню, выбирается программа установки станции с помощью засечки.



Рис. 26. Выбор программы

Устанавливаем высоту и номер станции. Наводимся на точки с известными координатами. Предварительно вводим их координаты, нажав на кнопку «ХУН». Высотную координату в данной лабораторной работе допускается выбирать произвольно.



Рис. 27. Выбор точки ориентирования

Нажимаем кнопку «Далее», после чего прибор посчитает свои координаты станции.

По данным проекта по вариантам производится вынесение точек в натуру.

Координаты точек для выноса в натуру снимаются с плана поверхности или по варианту (см. табл. 13).

Для выноса точек в натуру выбираем программу «Разбивка», в которой по известным координатам спроектированных точек будет определено их горизонтальное положение на местности. Воспользуемся дисплейной кнопкой запуска режима ввода координат «Вручную», что даст нам показание угла, который нужно отложить, чтобы попасть в точку, и горизонтальное расстояние до искомой точки.



Рис. 28. Окно программы разбивка

После этого, снимая показания, ориентируясь на отражатель, находим горизонтальное положение точки маршрута и закрепляем его на местности, ориентируясь на ΔH_z и горизонтальное проложение, определяемое нажатием дисплейной кнопки «РАССТ.», так же прибор будет издавать характерный звук, чем чаще он будет пищать, тем мы ближе к центру искомой точки. Прodelываем выше описанные операции, чтобы прийти в следующую точку маршрута и т. п.

С помощью рулетки производится контроль маршрута, точки должны находиться в створе по прямой линии, как показано на рис. 29.

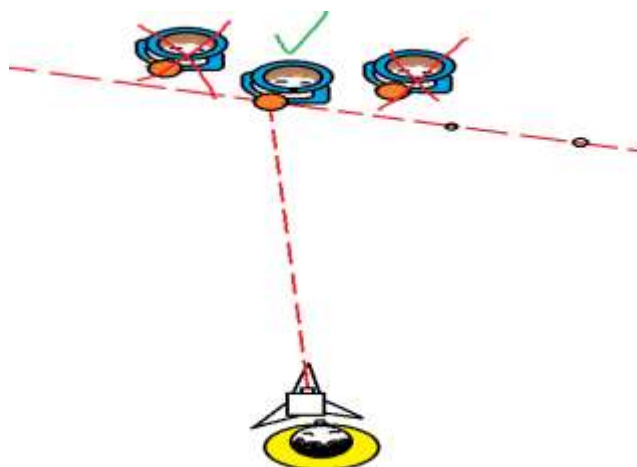


Рис. 29. Вынос точек в натуру

Контрольные вопросы

1. Принцип измерения расстояний в электронном тахеометре.

2. Объясните, как определить постоянное слагаемое тахеометра.
3. Какие кнопки отвечают за быстрый доступ к функциям?
4. Как выполнить настройки работы прикладных программ?
5. Выполнить поверку лазерного указателя и оптического центра.

Таблица 13

Варианты для выноса точек в натуру

№ вариант	1 точка		2 точка		3 точка		4 точка		5 точка		6 точка	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	323,863	886,049	328,149	883,474	332,435	880,898	336,721	878,323	341,007	875,748	345,293	873,173
2	325,056	881,193	329,342	878,618	333,628	876,043	337,914	873,467	342,199	870,892	346,485	868,317
3	326,249	876,337	330,535	873,762	334,820	871,187	339,106	868,612	343,392	866,037	347,678	863,461
4	327,441	871,482	331,727	868,906	336,013	866,331	340,299	863,756	344,585	861,181	348,871	858,606
5	328,634	866,626	332,920	864,051	337,206	861,476	341,492	858,900	345,777	856,325	350,063	853,750
6	329,827	861,770	334,113	859,195	338,398	859,620	342,684	854,048	346,970	851,470	351,256	848,894
7	325,056	881,193	329,912	882,386	334,767	883,578	339,623	884,771	344,479	885,964	349,334	887,156
8	326,249	876,337	331,104	877,530	335,960	878,723	340,816	879,915	345,671	881,11	350,527	882,301
9	327,441	871,482	332,297	872,674	337,153	873,867	342,008	875,060	346,864	876,252	351,720	877,445
10	328,634	866,626	333,490	867,819	338,345	869,011	343,201	870,204	346,864	876,252	351,720	877,445
11	329,827	861,770	334,682	862,963	339,538	864,156	344,394	865,348	349,249	866,541	354,105	867,734
12	331,019	856,915	335,875	858,107	340,731	859,300	345,586	860,493	350,442	861,685	355,298	862,878
13	330,554	858,810	333,129	863,096	335,704	867,382	338,279	871,668	340,854	875,954	343,430	880,240
14	331,746	853,955	334,322	858,241	336,897	862,526	339,472	866,812	342,047	871,098	344,622	875,384
15	332,939	849,099	335,514	853,385	338,089	857,671	340,665	861,957	343,240	866,242	345,815	870,528
16	334,132	844,243	336,707	848,529	339,282	852,815	341,857	857,101	344,432	861,387	347,008	865,673
17	326,186	876,593	331,186	876,593	336,186	876,593	341,186	876,593	346,186	876,593	351,186	876,593
18	327,378	871,738	332,378	871,738	337,378	871,738	342,378	871,738	347,378	871,738	352,378	871,738
19	328,571	866,883	333,571	866,883	338,571	866,883	343,571	866,883	348,571	866,883	353,571	866,883
20	329,764	862,027	334,764	862,027	339,764	862,027	344,764	862,027	349,764	862,027	354,764	862,027
21	330,956	857,171	335,956	857,171	340,956	857,171	345,956	857,171	350,956	857,171	355,956	857,171
22	332,149	852,316	337,149	852,316	342,149	852,316	337,149	852,316	352,149	852,316	357,149	852,316

Лабораторная работа № 8 **Знакомство со спутниковой системой GPS**

Цель работы:

- Изучить конструктивные составляющие спутниковой системой GPS,
- Научиться выполнять установку прибора в рабочее положение и взятие пробных измерений,

Приборы для исследования: Спутниковая система GPS «Trimble»; «Leica».



Рис. 30. Спутниковая система GPS «Trimble»

Спутниковый приёмник может применяться для создания опорного обоснования, топографических съёмок, инженерных изысканий, кадастровых съёмок, выноса в натуру, мониторинга объектов, сейсмической разведки и др. Приёмники серии GPS 1200 принимают и отслеживают сигналы Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (GNSS), включая GPS L2C и Глонасс.

Технология SmartTrack+ реализованная в приёмниках System 1200, позволяет захватывать все видимые спутники в течение нескольких секунд, наблюдать их при низких углах над

горизонтом, производить измерения под деревьями и в районах с сильными радиопомехами, где другие приёмники дают сбои. Усиленный сигнал высокоэффективное уменьшение влияния многолучевости и современная система борьбы с радиопомехами повышает точность результатов спутниковых измерений.



Рис. 31. Спутниковая система GPS «Leica»

Последовательность выполнения работы

1. Изучить принцип работы Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (GNSS)
2. Изучить паспортные характеристики прибора.
3. Выполнить пробные измерения.

Контрольные вопросы

1. Как работает спутниковая система и её достоинства?
2. Как формируют спутниковый сигнал?
3. Что такое фазовый режим измерений на несущей частоте?
4. Какие способы и режимы спутниковых наблюдений вы знаете?
5. Как определить координаты из кодовых измерений?

Лабораторная работа №9

Работа с беспилотным летательным аппаратом

Цель работы:

- Изучить конструктивные данные квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro (БПЛА).
- Научиться выполнять запуск БПЛА.
- Научиться проектировать траекторию полетов.
- Научиться выполнять выгрузку данных.

Приборы для исследования: квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro (БПЛА).

Последовательность выполнения работы

1. Подготовить траекторию полетов для заданного участка.
2. Выполнить запуск БПЛА на заданную высоту (не более 50 м в учебных целях) и совершить облёт территории.
3. Выполнить обработку снимков.

В программу загружаем обрабатываемые фотографии через *Проект>Добавить фотографии*.

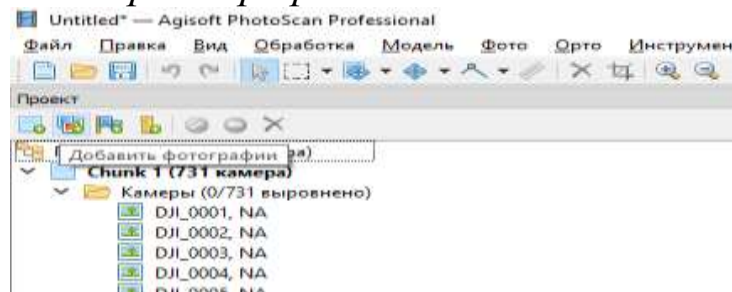


Рис. 32. Меню проект

Через меню *Привязка>Импорт* загружаем планово-высотные координаты пунктов исследуемого полигона. Пункты следует загружать в текстовом редакторе формата .txt с разделением столбцов через пробел.

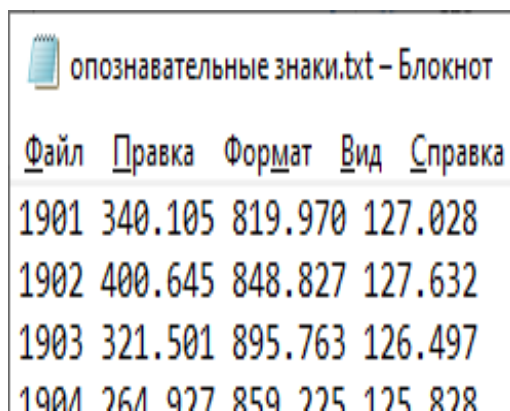


Рис. 33. Файл с координатами исходных пунктов

Выбираем нужную систему координат и нумерацию столбцов в соответствии с их расположением в текстовом редакторе.

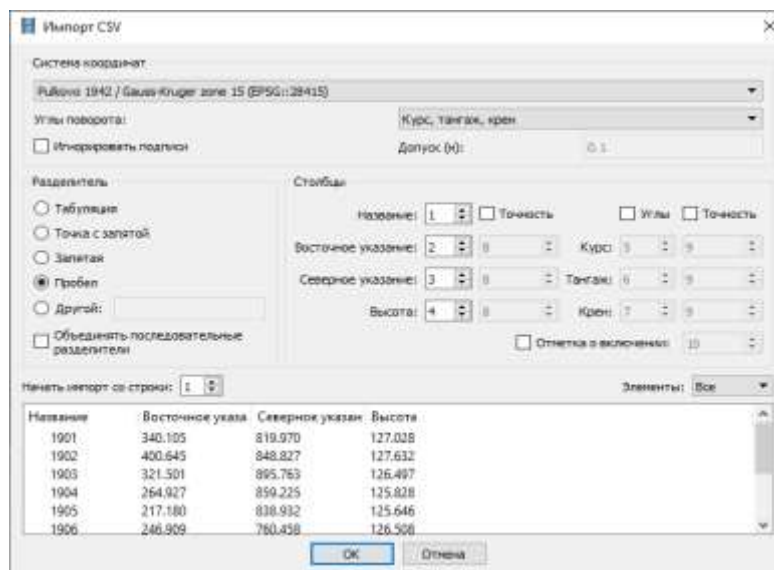


Рис. 34. Импорт координат исходных пунктов

После этого выполняем выравнивание фотографий через меню *Обработка > Выровнять фотографии*.

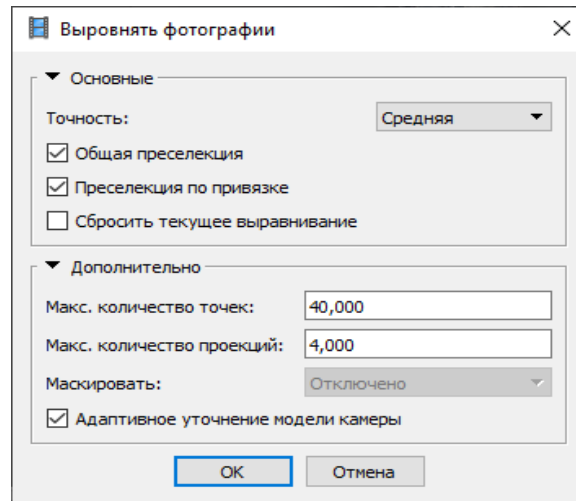


Рис. 34. Меню «Выровнять фотографии»

Получаем разряженное облако точек. Для продолжения обработки необходимо расставить маркеры. Маркеры применяются для оптимизации результатов расчета положения камер и параметров их внутренней ориентации, что позволяет улучшить результаты реконструкции.

Для повышения точности геопривязки ортофотоплана необходимо равномерно распределить в пределах зоны как минимум 10–15 опорных точек.

Расстановка маркеров в автоматическом режиме требует предварительного построения трехмерной полигональной модели.

Выполняются следующие действия — *Обработка > Построить модель*

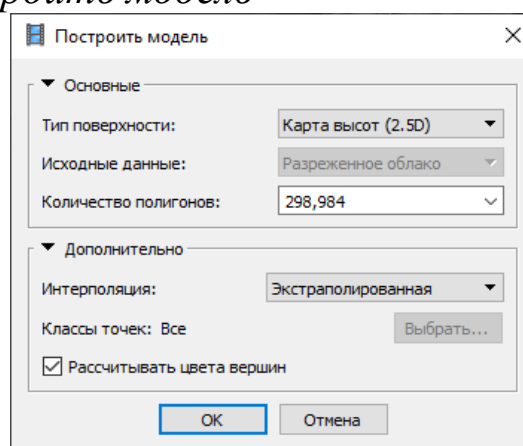


Рис. 35. Меню построение модели

Для расстановки маркеров необходимо открыть фотографию, на которой видна опорная точка, дважды щелкнув на

соответствующей миниатюре во вкладке *Фотографии*.

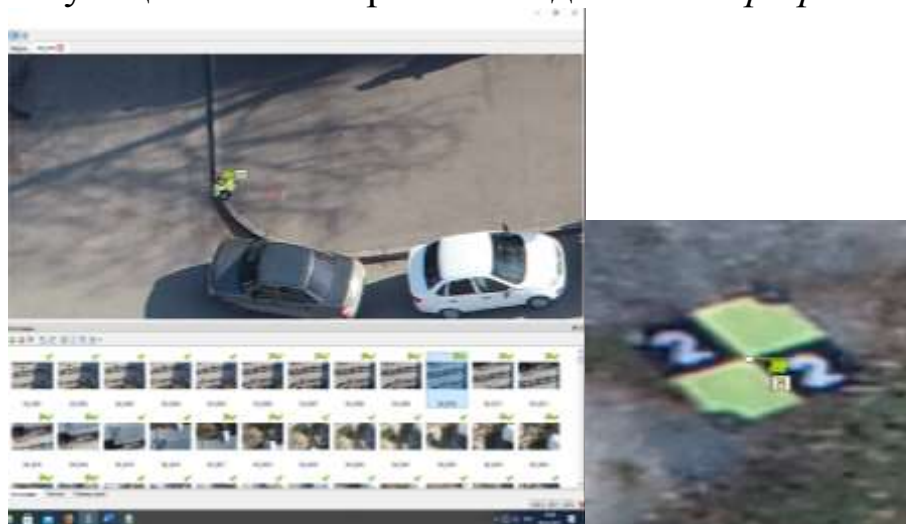


Рис. 36. Расстановка маркеров

Далее нажимаем правую кнопку мыши *> Разместить маркер*, и выбираем из списка ранее загруженных опорных знаков нужный, с соответствующими координатами данного пункта.

Операция выполняется как минимум для 2-х фотографий с одинаковым пунктом. После этого нажимаем правую кнопку мыши *> Отфильтровать по маркеру*. Данное действие позволяет отфильтровать все фотографии, на которых присутствует данный маркер, что значительно облегчает привязку. Далее необходимо откорректировать положение маркера для каждой фотографии, перетаскив его, удерживая левую кнопку мыши. Описанная процедура выполняется для каждой опорной точки.



Рис. 37. Облако точек с размещенными маркерами

После этого выполняется процедура оптимизации выравнивания камер для повышения точности расчета параметров внутреннего и внешнего ориентирования камер, а также чтобы скорректировать возможные искажения. Этот этап обработки особенно рекомендуется в том случае, если координаты опорных точек известны с высокой точностью. Нажмите кнопку Параметры на панели инструментов в рабочей области Привязка и выберите из списка координатную систему в соответствии с координатами опорных точек. Перед оптимизацией также можно удалить точки с наибольшей ошибкой репроецирования. Для этого нужно задать соответствующие значения в окне меню *Правка>Плавное выделение*.

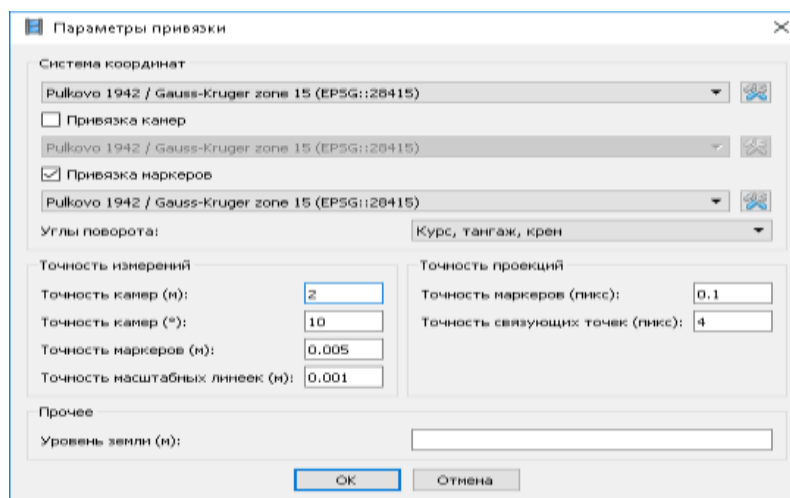


Рис. 38. Параметры привязки

Точность камер может быть задана в зависимости от точности GPS, точность маркеров рекомендуется задавать близким к 0, при действительной точности маркеров порядка 0,02 м. Точность масштабных линеек: 0,001.

На панели *Привязка* снимите галочки для всех фотографий и отметьте те маркеры, которые будут использованы в процедуре оптимизации. Маркеры, не принятые в расчет, могут служить как контрольные точки для оценки точности результатов оптимизации.

Выполнение приведенных рекомендаций позволяет уточнить модель, так как координаты камер, чаще всего, намного менее точные, по сравнению с координатами наземных опорных

пунктов. Кроме того, таким образом могут быть устранены возможные ошибки GPS-устройства дрона, а положения камер скорректированы.

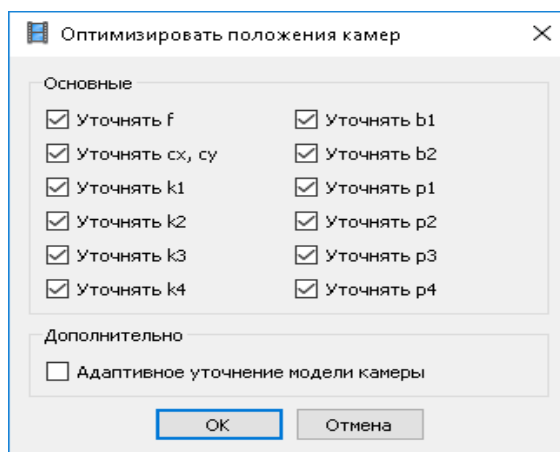


Рис. 39. Оптимизация положения камер

Далее нажимаем *Привязка>Оптимизировать положение камер* и запускаем процесс.

Основываясь на положениях камер, программа вычисляет карты глубин для каждой камеры и строит плотное облако точек. Для начала построения нажмите *Обработка>Построить плотное облако*.

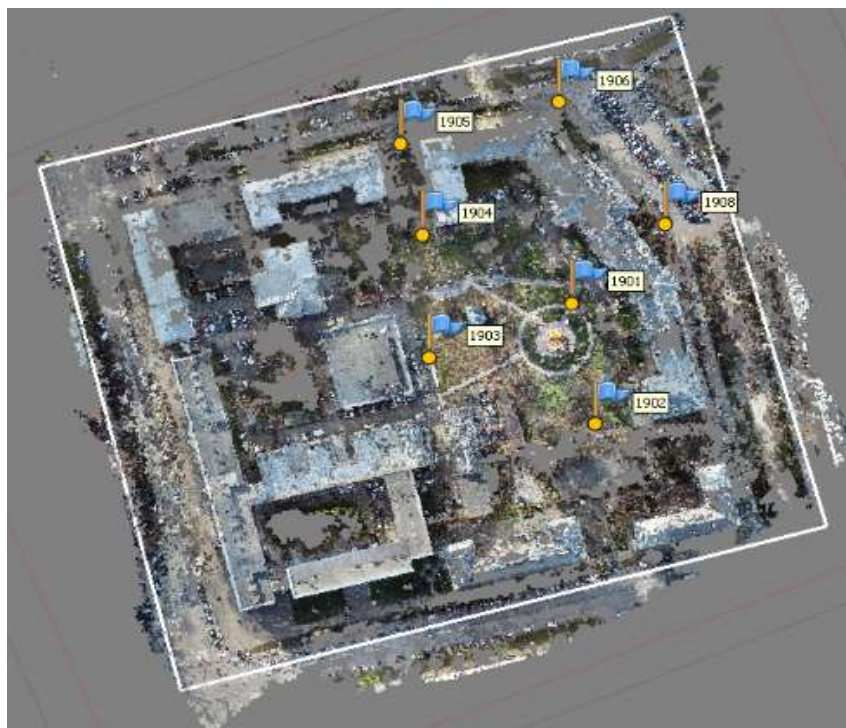


Рис. 40. Построенное программой плотное облако точек

Контрольные вопросы

1. Каких видов бывают БПЛА.
2. Для каких целей необходимы перекрытия снимков?
3. Для каких целей используют опознаки?
4. Расскажите, как выполнить привязку пунктов, при обработке снимков.
5. Перечислите основные факторы, от которых зависит точности выполненных работ.
6. Как проектировать траекторию полёта над заданным объектом?

Список литературы

1. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов. – Москва : Академический проект, 2007. – 592 с. – Текст : непосредственный.
2. Соломатин, В. А. Оптические и оптико-электронные приборы в геодезии, строительстве и архитектуре.: учебное пособие / В. А. Соломатин. – Москва : Машиностроение, 2013. – 288 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5796> (дата обращения: 06.06.2021). – Текст : электронный.
3. Бузук, Р. В. Маркшейдерские опорные геодезические сети : учебное пособие. – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2004. – 287 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90296&type=utchposob:common>. – Текст : непосредственный + : электронный.
4. Маркшейдерия : учебник для вузов по специальности «Маркшейдерское дело» направления подготовки дипломированных специалистов «Горное дело». – Москва : Издательство МГГУ, 2003. – 419 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99342>. – Текст : непосредственный + : электронный.
5. Гусев, Н. А. Маркшейдерско-геодезические инструменты и приборы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело». – Москва : Недра, 1968. – 318 с. – Текст : непосредственный.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>

2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>

3. Электронная библиотека КузГТУ https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=229

Периодические издания

1. Вестник Кузбасского государственного технического университета : научно-технический журнал (печатный/электронный) <https://vestnik.kuzstu.ru/>

2. Геодезия и картография : научно-технический и производственный журнал (печатный)

3. Горная промышленность : научно-технический и производственный журнал (печатный)

4. Маркшейдерия и недропользование : научно-технический и производственный журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8820>

5. Маркшейдерский вестник : научно-технический и производственный журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8821>