

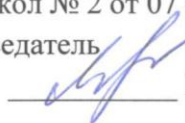
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ**

для студентов  
среднего профессионального образования  
по специальности  
21.02.07 Аэрофотогеодезия

Москва 2021

Одобрено  
Предметной (цикловой) комиссией  
«Геодезии и фотограмметрии»  
протокол № 2 от 07 октября 2021 г.  
Председатель

  
Меньшова Е.В.

Составлены в соответствии с требованиями  
ФГОС СПО по специальности 21.02.07  
Аэрофотогеодезия и рабочей программы  
учебной практики по специальности 21.02.07  
Аэрофотогеодезия

Зам. директора по МР

  
Воскресенская О.В.  
07 октября 2021 г.

Зам. директора по УПР

  
Лузин Е.В.  
07 октября 2021 г.

МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ

08 октября 2021

Инв. № 1883

Разработчики:

Давыдова Е.А., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,

Буянова Ю.Е., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,

Афанасьев А.М., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ	9
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРАКТИКИ	11
РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗАКЛЮЧАЮТСЯ В ПРОЛОЖЕНИИ ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА	11
ПРОЛОЖЕНИЕ НИВЕЛИРНОГО ХОДА IV КЛ.	30
СОЗДАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА МЕСТНОСТИ В МАСШТАБЕ 1:1000 МЕТОДОМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ	32
ПОЛИГОНОМЕТРИЯ II РАЗРЯДА	38
ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ	41
СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	48
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ (ВНЕАУДИТОРНОЙ) РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	63
ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ПО ИТОГАМ ПРАКТИКИ)	66
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	67

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная практика необходима для получения первичных профессиональных умений и навыков, общих и профессиональных компетенций. Это важный этап подготовки студентов к производственной практике. Она является неотъемлемой составной частью программы подготовки специалистов среднего звена по специальности. Она предназначена для закрепления теоретических знаний и для приобретения профессиональных компетенций, а также обучения самостоятельному выполнению основных видов полевых и камеральных геодезических работ.

В соответствии с Положением об учебной и производственной практике студентов Московского колледжа геодезии и картографии, осваивающих программы подготовки специалистов среднего звена от 13 февраля 2020 г., к прохождению учебной практики допускаются студенты, выполнившие учебный план соответствующего года обучения.

Перед началом практики проводятся организационно-технические мероприятия, включающие:

- рекогносцировка существующей геодезической сети;
- разработка календарных графиков производства работ с учетом выделенного времени, назначение преподавателей – руководителей практики по процессам;
- рассмотрение мероприятий по охране труда на период проведения полевых работ;
- определение состава полевых подразделений (бригад), назначение бригадиров;
- обеспечение студенческих бригад инструментами, оборудованием и расходными материалами.

Полевые работы выполняются на специализированном геодезическом полигоне, имеющем развитую геодезическую сеть.

Все работы должны выполняться с соблюдением требований действующих инструкций, направлений, правил и руководящих документов.

Перед началом работ изучают правила техники безопасности ведения топографических работ.

Рекомендуемый состав бригады - 4 студента (для тахеометрической съемки – 2 студента). Бригаде выдается задание, соответствующее этапу практики. Состав бригады, как правило, не меняется в течение всего периода практики. Каждый студент должен выполнить свою часть работы не менее установленного объема по всем процессам и операциям. Топографические планы составляются индивидуально каждым студентом по материалам выполненной им съемки.

В ходе учебной практики обучающийся должен освоить основные виды профессиональной деятельности (ВПД) и соответствующие профессиональные компетенции (ПК):

ВПД 1. Проектирование, создание и обработка опорных геодезических сетей.

ПК 1.1. Проектировать геодезические сети.

ПК 1.2. Создавать опорные геодезические сети с помощью оптических, электронных и спутниковых геодезических приборов.

ПК 1.3. Выполнять предварительную обработку и оценку точности результатов полевых измерений.

ПК 1.4. Обрабатывать геодезические сети с применением аппаратно-программных средств.

ВПД 2. Создание съемочного обоснования и выполнение топографических съемок

различными методами.

ПК 2.1. Создавать планово-высотное съёмочное обоснование с помощью оптических геодезических приборов.

ПК 2.2. Выполнять полевые работы по производству топографических съёмок различными методами.

ПК 2.3. Анализировать и оценивать качество полевых съёмочных работ, выполнять их обработку.

ВПД 3. Создание и обновление топографических карт и планов на основе аэрокосмических снимков.

ПК 3.1. Организовывать и выполнять работы по обработке аэрокосмических снимков для создания и обновления топографических карт и планов.

ПК 3.2. Выполнять обработку аэрокосмической информации.

ПК 3.3. Организовывать и выполнять работу по топографическому дешифрированию аэрокосмических снимков.

ПК 3.4. Использовать геоинформационные системы и технологии при создании и обновлении топографических карт и планов.

Результатом освоения программы учебной практики является овладение обучающимися общими компетенциями:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

С целью овладения указанными видами профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения учебной практики должен:

**иметь практический опыт:**

- работы с точными и высокоточными оптическими и электронными приборами;
- выполнения необходимых поверок и юстировок указанных приборов;
- обработки геодезических опорных сетей с помощью компьютерных технологий;
- выполнения комплекса полевых и камеральных работ при создании планово-высотного съёмочного обоснования;

- работы с оптическими приборами, применяемыми для топографических съёмок;
- обработки результатов топографических съёмок;
- применения компьютерных технологий для обработки космических снимков;
- использования материалов дешифрирования для создания топографических карт и планов;

**уметь:**

- проектировать геодезические сети;
- выполнять комплекс полевых работ для создания опорных геодезических сетей различными методами и приборами;
- выполнять предварительную и окончательную обработку геодезических сетей с помощью аппаратно-программных средств;
- выполнять комплекс полевых и камеральных работ при создании планово-высотного съёмочного обоснования;
- выполнять топографические съёмки различными методами;
- оценивать и анализировать качество полевых работ;
- обрабатывать полевые данные и создавать карты и планы в специальных программных продуктах;
- выполнять аэрофотосъёмочные расчёты;
- создавать и обновлять топографические карты и планы на цифровых фотограмметрических станциях;
- выполнять измерения по аэрокосмическим снимкам;
- выполнять проектирование фототриангуляции;
- производить вычисления по обработке и анализу результатов сгущения геодезического обоснования;

**знать:**

- функциональное устройство и работу современных точных геодезических приборов;
  - основы математической обработки результатов геодезических измерений;
  - основные компьютерные программы обработки геодезических сетей.
  - методы создания планово-высотного съёмочного обоснования;
  - различные методы и технологии топографических съёмок;
  - функциональное устройство приборов, применяемых для топографических съёмок;
  - нормативно-технические и методические материалы по технологиям выполнения съёмочных работ;
  - системы координат и высот, применяемые при составлении планов;
  - разграфку и номенклатуру, условные знаки топографических карт и планов, ориентирование линий;
  - компьютерные программы, применяемые для обработки результатов полевых измерений.
  - методы фотограмметрического сгущения геодезического обоснования;
  - функциональное устройство и работу современных фотограмметрических приборов, цифровых фотограмметрических станций;
- методические основы и приёмы топографического дешифрирования аэрокосмических снимков.

**Количество часов на освоение рабочей программы учебной практики:** 432 часа (12 недель).

## **Формы проведения и содержание работ учебной геодезической практики**

Геодезические работы, выполняемые на учебной геодезической практике, разделяются на полевые и камеральные. Главное содержание полевых работ составляет геодезические измерения, камеральных – вычислительные и графические работы.

**Вся учебная геодезическая практика заключается в выполнении 6-ти отдельных геодезических процессов. Форма текущей аттестации по каждому процессу – дифференцированный зачет**

### **Геодезические процессы 2 курса:**

**1. Работы по созданию съемочного обоснования заключаются в проложении теодолитно-высотного хода.**

#### **Полевые работы:**

- проектирование, рекогносцировка и закрепление точек хода на местности,
- поверки теодолита,
- компарирование лазерного дальномера, поверка параллельности визирного и лазерного лучей,
- привязка теодолитного хода к опорной геодезической сети,
- измерение горизонтальных и вертикальных углов на примычных пунктах и точках хода теодолитом 3Т5КП с ведением полевого журнала,
- измерение длин сторон с помощью лазерного дальномерного комплекта.

#### **Камеральные работы:**

- камеральная обработка полевых журналов измерений,
- составление ведомости и вычисление горизонтальных проложений линий,
- решение обратных геодезических задач,
- вычисление и уравнивание горизонтальных углов хода;
- вычисление дирекционных углов сторон,
- вычисление и уравнивание вычисленных приращений координат;
- вычисление координат и высот пунктов съемочного обоснования;
- проведение вышеперечисленных вычислений «во вторую руку»;
- вычисление и уравнивание превышений высотного хода, вычисление отметок точек.
- составление плана теодолитного хода.

**2. Проложение нивелирного хода IV кл.**

#### **Полевые работы:**

- поверки нивелира Н-3, в том числе определение величины X,
- поверки реек,
- определение средней длины пары реек,
- работа на станциях с ведением полевого журнала, контрольные вычисления на станции.

#### **Камеральные работы:**

- вычисление превышений на станции,
- постраничный контроль,
- вычисление превышения и длины хода по секции,
- уравнивание превышений и вычисление отметок знаков.

**3. Создание топографического плана местности в масштабе 1:1000 методом**

## **тахеометрической съемки.**

Тахеометрическая съемка производится с точек, координаты и отметки которых определены в результате проложения теодолитно-высотного хода.

### **Полевые работы:**

- проверки теодолита и дальномерного комплекта,
- ориентирование на станции,
- изучение местности и составление абриса,
- набор пикетов,
- замыкание горизонта.

### **Камеральные работы:**

- камеральная обработка полевого журнала,
- построение на ватмане координатной сетки и ее оцифровка,
- нанесение на основу станций по координатам,
- накладка пикетов,
- вычерчивание ситуации,
- интерполирование и проведение горизонталей,
- вычерчивание рамки и зарамочного оформления,
- оформление плана.

## **Геодезические процессы после 3 курса:**

### **4. Полигонометрия (проложение полигонометрического хода) II разряда.**

#### **полевые работы:**

- рекогносцировка местности, закрепление точек,
- проверки электронного тахеометра,
- полевые измерения,

#### **камеральные работы:**

- вычисления и уравнивание координат,
- оформление, составление схемы хода, каталога координат и описаний. пунктов.

### **5. Топографическое дешифрование аэрофотоснимков**

#### **камеральные работы:**

- изучение дешифровочных признаков;
- топографическое дешифрование аэрофотоснимков 1:5000 без застройки;
- топографическое дешифрование аэрофотоснимков 1:5000 с застройкой.

### **6. Стереофотограмметрические работы**

#### **камеральные работы:**

- рисовка рельефа под ЛЗС;
- рисовка рельефа под стереоскопом;
- организация снимка и измерение «q» на стереокомпараторе;
- взаимное ориентирование снимков на СЦ;
- построение и внешнее ориентирование стереомодели;
- выполнение сгущения способом фототриангуляции;
- съемка рельефа  $h_{сеч}=10$  м.
- трансформирование и получение ортофотоплана.



## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Наименование ВПД и тем учебной практики	Содержание учебного материала	Объем часов
1	2	3
<b>ВПД 1. Проектирование, создание и обработка опорных геодезических сетей.</b>		
<b>Тема 1.1. Полигонометрия II разряда.</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>36</b>
	1. Получение инструментов. Рекогносцировка местности, закрепление точек. Поверки электронного тахеометра.	7.2
	2. Полевые измерения.	14.4
	3. Вычисления и уравнивание координат.	7.2
	4. Оформление материалов, составление каталога координат и описаний пунктов. Зачет.	7.2
<b>ВПД.2. Создание съёмочного обоснования и выполнение топографических съёмок различными методами</b>		
<b>Тема 2.1. Проложение теодолитно-высотного хода</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>108</b>
	1. Инструктаж по ТБ, получение приборов, изучение инструкций.	7,2
	2. Поверки и юстировки теодолита, компарирование дальномера.	7,2
	3. Проектирование и рекогносцировка. Закрепление точек на местности	7,2
	4. Полевые измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин сторон.	50.4
	5. Камеральные работы	28,8
	6. Оформление отчета. Зачет	7,2
<b>Тема 2.2. Проложение нивелирного хода IVкл.</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>72</b>
	1. Поверки нивелира Н-3	7.2
	2. Поверки и исследование реек	14.4
	3. Работа на станциях	36.0
	4. Камеральные работы	7.2
	5. Проверка работ. Зачет	7.2
<b>Тема 2.3. Создание топографического плана местности в масштабе 1:1000 методом тахеометрической съёмки.</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>108</b>
	1. Поверки теодолита и дальномерного комплекта	7.2
	2. Полевые работы	36,0
	3. Камеральная обработка полевого журнала	14.4
	4. Составление и вычерчивание топографического плана	36.0
	5. Исправление корректуры, оформление топографического плана	7.2
	6. Проверка работ. Зачет	7.2
<b>ВПД 3. Создание и обновление топографических карт и планов на основе аэрокосмических снимков</b>		
<b>Тема 4.1. Топографическое дешифрование аэрофотоснимков.</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>36</b>
	1. Инструктаж по правилам техники безопасности. Изучение дешифровочных признаков. Топографическое дешифрование аэрофотоснимков 1:5000 без застройки.	7.2
	2. Топографическое дешифрование аэрофотоснимков 1:5000 с застройкой.	21,6

	3.	Оформление работы. Дифференцированный зачет.	7,2
<b>Тема 4.2. Стереофотограмметрические работы</b>	<b>Содержание работ</b>		<b>72</b>
	1	Инструктаж по правилам техники безопасности при проведении полевых работ. Рисовка рельефа под ЛЗС.	7,2
	2	Рисовка рельефа под стереоскопом, горный район, 4 стереопары, h сеч=10 м.	7,2
	3	Организация снимка и измерение «q» на стереокомпараторе.	14,4
	4	Взаимное ориентирование снимков на СЦ.	7,2
	5	Внешнее ориентирование.	7,2
	6	Построение и внешнее ориентирование стереомодели, выполнение сгущения способом фототриангуляции.	7,2
	7	Съемка рельефа h сеч=10 м.	7,2
	8	Трансформирование и получение ортофотоплана.	7,2
	9	Оформление работы. Дифференцированный зачет.	7,2
		<b>Всего:</b>	<b>432</b>

1 рабочий день – 7,2 учебных часа.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРАКТИКИ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗАКЛЮЧАЮТСЯ В ПРОЛОЖЕНИИ ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА.**

Объем работ: разомкнутый высотно-теодолитный ход, содержащий не менее 3-х точек на каждого студента.

Рекогносцировка и закрепление точек выполняется бригадой в полном составе. Точки закрепляются деревянными колышками с вбитыми в них гвоздями.

Получая прибор и снаряжение, нужно произвести их общий осмотр, чтобы установить исправность. Обнаружив дефекты, следует исправить их или заменить оборудование на более пригодное к работе.

Оптика теодолита должна быть чистой; изображение в зрительной трубе - хорошего качества, контрастным; вращение вертикальных и горизонтальных осей - свободным, плавным; изображение шкал, индекса, штрихов горизонтального и вертикального кругов - четкими; все наводящие, исправительные, закрепительные и подъемные винты - исправными.

К принадлежностям теодолита относят: укладочный ящик, юстировочную шпильку и отвертку.

Ножки штатива должны быть без люфта, сведены с его головкой и с башмаками. Жесткость крепления штатива регулируется посредством затягивания болтов ключом.

### **Поверки теодолитов 2Т30П и 3Т5КП.**

Перед проведением поверок нужно провести общий осмотр теодолита. При этом следует обратить внимание на следующее:

а) оптическая система зрительной трубы должна быть чистой и давать правильные, отчетливые, без заметных окрашиваний изображения. Ход фокусирующей линзы не должен вызывать смещения изображений;

б) вращение вертикальной и горизонтальной осей должно быть легким и плавным;

в) подъемные, закрепительные, наводящие и юстировочные винты должны быть исправны;

г) отсчетные системы должны быть видны в микроскоп хорошо и четко, не вызывая напряжения при отсчитывании по ним. Между штрихами лимбов и шкалами не должно быть параллакса.

Поверки и юстировки теодолитов выполняют для выявления в приборах отступлений от геометрических и оптико-механических требований, положенных в основу их конструкций, и для более полного устранения выявленных поверками отклонений.

Поверки и юстировки выполняются в следующем порядке.

**1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси вращения теодолита.**

Поворотом алидады устанавливают уровень по направлению двух любых подъемных винтов, на пример В1 и В2 (положение I на рис. 1), и, вращая их в противоположных направлениях, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду на глаз на  $90^\circ$ , устанавливая уровень по направлению третьего винта В3 (положение II на рис. 1) и, вращая его, снова приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Эти действия повторяют, пока пузырек

уровня в положениях I и II не будет отклоняться не более одного деления ампулы. Затем алидаду поворачивают на  $180^\circ$  относительно I положения. Условие считается выполненным, если после этого последнего поворота пузырек уровня отклонится от нуль-пункта в пределах одного деления. Если пузырек уровня отклонится больше, то надо подсчитать число делений ампулы, на которое он отклонится. Затем исправительным винтом (или винтами) уровня переместить пузырек по направлению к нуль-пункту на половину дуги отклонения, т. е. на  $(\pi/2)$  деления.



Юстировать уровень можно только тогда, когда после поворота алидады на  $180^\circ$  пузырек уровня хотя и отклонится от нуль-пункта, но не прижат к одному из концов ее (положение II на рис. 2). Если после поворота алидады на  $180^\circ$  пузырек уровня окажется прижатым к одному из концов ампулы (положение I на рис. 2), то исправлять его перемещением на половину дуги нельзя, так как в этом случае не представляется возможным подсчитать число делений ампулы, на которое отклонился пузырек (если бы не конец ампулы, то пузырек сдвинулся значительно дальше). Действовать в этом случае надо методом приближения. При помощи исправительных винтов смещают пузырек уровня к нуль-пункту не на половину дуги отклонения, а на величину значительно меньшую. Только тогда, когда при повороте алидады на  $180^\circ$  пузырек уровня будет свободен (не будет касаться конца ампулы), можно исправительным винтом перемещать его на половину дуги отклонения, как указано выше.

После исправления пузырек уровня должен остаться в нуль-пункте при любых поворотах алидады.

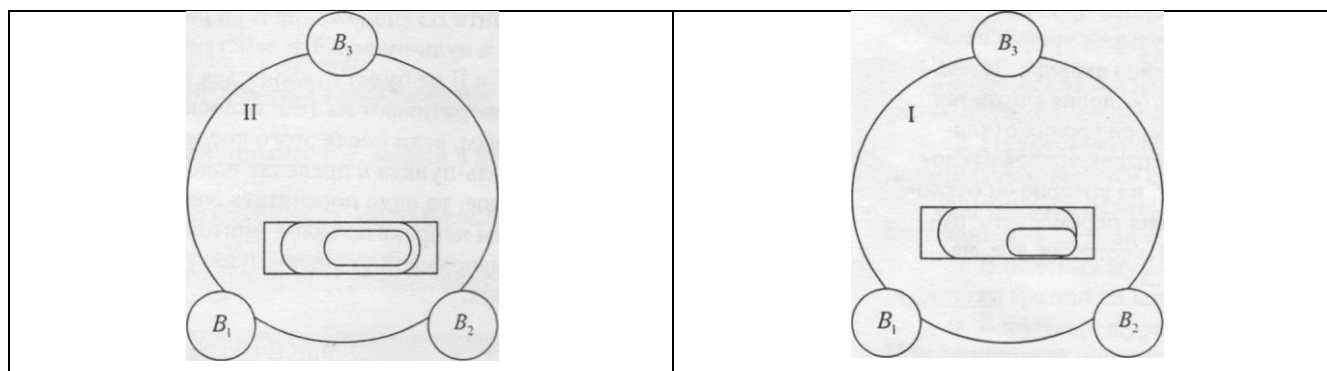


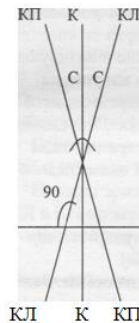
Рис. 2. Схема положения пузырька уровня.

## 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

Если визирная ось КК, перпендикулярна к оси вращения трубы НН (рис. 3), то при вращении трубы вокруг своей оси она опишет плоскость, называемую коллимационной.

Угол отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы называется коллимационной погрешностью, которая обозначается буквой  $c$ .

При визировании зрительной трубой вертикальный круг может находиться или слева, или справа по отношению к наблюдателю. Поэтому различают наблюдения, выполненные при «круге лево» - КЛ и наблюдения при «круге право» - КП.



Указанную поверку выполняют следующим образом.

Приведя лимб в горизонтальное положение, наводят зрительную трубу при КЛ на какую-либо четко видимую точку, расположенную вблизи горизонта. Взяв отсчет КЛ по лимбу, переводят трубу через зенит, визируют на ту же точку и вновь берут отсчет при КП.

При наличии коллимационной погрешности отсчеты, свободные от ее влияния, будут равны соответственно  $КЛ - c$  и  $КП + c \pm 180^\circ$ .

Следовательно,

$2c = (КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ)$	$c = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ)}{2}$
------------------------------------	---

Для устранения недопустимой коллимационной погрешности устанавливают алидаду на один из исправленных отсчетов равный  $КЛ - c$  или  $КП + c$ ; при этом центр сетки сместится с наблюдаемой точки. Далее снимают колпачок, закрывающий исправительные винты сетки нитей, ослабляют вертикальные винты и, действуя боковыми винтами, совмещают центр сетки нитей с наблюдаемой точкой.

Поверку следует повторить при других отсчетах по лимбу. Колебание  $c$  не должно превышать для 2Т30П-1", для 3Т5КП-15".

**Пример.** При определении коллимационной погрешности были получены следующие результаты.

$$КЛ = 46^\circ 18'$$

$$КП = 226^\circ 24'$$

$$2c = 46^\circ 18' - (226^\circ 24' - 180^\circ) = -0^\circ 06'$$

$$c = -0^\circ 03'$$

Исправленные отсчеты будут равны:

$$\text{При КП } 226^{\circ}24' + (-0^{\circ}03') = 226^{\circ}21'$$

$$\text{При КЛ } 46^{\circ}18' - (-0^{\circ}03') = 46^{\circ}21'$$

### **3. Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси вращения теодолита.**

Приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение и визируют на хорошо видимую цель местности. Вращая трубу наводящим винтом, наблюдают, сходит ли изображение цели местности с основного вертикального штриха сетки нитей. Если изображение точки не сходит со штриха, то условие считается выполненным. В противном случае, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным. После этого поверка выполняется.

### **4. Визирная ось оптического центра должна совпадать с основной осью вращения теодолита.**

Основную ось вращения теодолита тщательно приводят в отвесное положение. Под штативом укрепляют лист чистой бумаги и на нем отмечают изображение центра сетки оптического центра. Затем дважды поворачивают алидаду горизонтального круга на  $120^{\circ}$  и после каждого поворота отмечают на бумаге изображение центра сетки центра. Если эти изображения окажутся в одной точке, то условие выполнено. В противном случае в центре образованного треугольника намечают точку и на эту точку перемещают изображение центра сетки центра, действуя котиловочными винтами центра.

### **5. Место нуля (МО) вертикального круга должно быть постоянным и близким к 0.**

Значение места нуля вертикального круга определяют визированием на удаленную цель при двух кругах и снимают соответственно показания при КЛ и КП по вертикальному кругу. Перед наведением необходимо проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга и в случае смещения вывести его в среднее положение подъемными винтами место нуля (МО) вычисляют по формуле:

$$MO = \frac{KL + KP}{2}$$

Повторяют определение МО и вычисляют его арифметическое значение. Колебание МО определяется по трем точкам.

Если среднее арифметическое значение места нуля более 2' (1' — для 2Т30П и 15" — для 3Т5КП), его исправляют.

Наводят зрительную трубу на удаленную визирную цель и делают отсчеты КЛ и КП по вертикальному кругу.

Вычисляют исправленные показания по формуле:

$$L_{испр} = L - MO$$

$$P_{испр} = P - MO$$

Действуя наводящим винтом зрительной трубы, устанавливают эти отсчеты на соответствующих кругах. После этого вертикальными юстировочными винтами сетки нитей совмещают изображение наблюдаемого предмета с горизонтальным штрихом (центром сетки нитей).

Юстировать МО студентам запрещено.

Пример:

$$KL = +8^{\circ}53'$$

$$KP = -8^{\circ}53'$$

$$MO = \frac{8^{\circ}53'}{2} = 0^{\circ}00'$$

**6. Компенсатор должен обеспечивать неизменный отсчет по вертикальному кругу при наклоне вертикальной оси в пределах  $\pm 3'$  (для теодолитов 2Т5К и 3Т5КП).**

Для проверки этого условия выбирают на местности хорошо видимую визирную цель. Устанавливают теодолит так, один из подъемных винтов был расположен в направлении этой цели. Приведя вертикальную ось прибора в отвесное положение, визируют на эту цель, при круге право и делают отсчет по вертикальному кругу  $\Pi$ . Наводящим винтом зрительной трубы увеличивают отсчет  $\Pi$  на  $3'$ , после чего подъемным винтом подставки, расположенным в направлении цели, наводят центр сетки на визирную цель и делают отсчет по вертикальному кругу  $\Pi_1$ . Затем наводящим винтом зрительной трубы уменьшают отсчет  $\Pi$  на  $6'$  и тем же подъемным винтом подставки опять наводят центр сетки на ту же визирную цель. Делают отсчет по вертикальному кругу  $\Pi_2$  и вычисляют разность  $\Pi_1 - \Pi_2 = d_1$  и  $\Pi - \Pi_2 = d_2$ , которые не должны различаться более чем на  $0,1'$ .

При невыполнении этого условия прибор должен быть направлен в ремонт.

**Рекогносцировка теодолитного хода.**

**Закрепление точек на местности.**

До начала полевых работ составляют проект теодолитных ходов на имеющемся плане более мелкого масштаба или на глазомерно составленном чертеже местности. В процессе рекогносцировки уточняют составленный проект и окончательно выбирают местоположение вершин теодолитного хода. Рекогносцировку и закрепление точек хода производят одновременно. Точки хода выбирают на возвышенных местах, на перегибах рельефа с таким расчетом, чтобы в теодолит по каждой точке хода были видны нижние части вех, установленных на предшествующей и последующих точках, а также чтобы эти точки были удобны для последующей съемки местности.

Отрекогносцированные точки хода закрепляют деревянными кольями длиной 15-20 см, диаметром 7-10 см, металлическими трубками, стержнями, забитыми вровень с поверхностью земли.

**Приведение теодолита в рабочее положение.**

Углы измеряют поверенным и отъюстированным теодолитом. Для измерения горизонтальных углов теодолит на точке (пункте) приводят в рабочее положение: центрируют, горизонтируют, ориентируют и устанавливают зрительную трубу по глазу и по предмету.

**1. Центрирование теодолита** - установку вертикальной его оси над вершиной измеряемого угла - проводят при помощи оптического центрира (нитяного отвеса). Вначале центрирование производят грубо: при помощи ножек штатива, следя за тем, чтобы головка штатива при этом оставалась в горизонтальном положении, а затем более точно - перемещением теодолита по головке штатива.

**2. Горизонтирование теодолита** - установку вертикальной его оси в отвесное положение - проводят по уровню при алидаде горизонтального круга при помощи подъемных винтов.

**3. Установка зрительной трубы по глазу и по предмету.** При установке трубы **по глазу** добиваются отчетливого изображения сетки нитей, изменяя расстояние между окуляром и сеткой нитей. При установке трубы **по предмету** добиваются отчетливого изображения, наблюдаемого предмете перемещением фокусирующего кольца.

### Измерение горизонтальных углов.

Горизонтальные углы измеряются двумя способами:

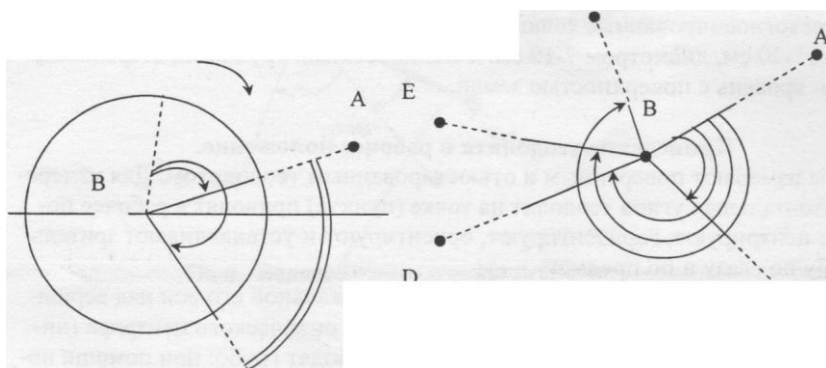
- 1) способом приемов (способ измерения отдельного угла);
- 2) способом круговых приемов (способ В.Я. Струве).

Способ приемов применяется в тех случаях, когда на точке теодолитного хода имеется два направления.

На точках теодолитного хода и узловых точках, исходных пунктах, где число направлений больше двух, значение направлений измеряется способом круговых приемов. При этом, зная значения направлений, можно вычислить любой угол.

Схема измерения горизонтальных углов.

а) способ приемов



б) способ круговых приемов

### Способ приемов.

Устанавливают теодолит над вершиной В измеряемого угла. При закрепленном лимбе, открепив алидаду, наводят центр сетки нитей на нижнюю часть вехи, установленной в точке А. Если сетка нитей имеет биссектор, то визируют так, чтобы изображение вехи располагалось в середине биссектора и ближе к центру сетки нитей. Наличие биссектора повышает точность визирования, так как устраняется влияние на него толщины нитей. Устанавливают отсчет близкий к  $0^\circ$  (при круге лево). Закрепляют алидаду и зрительную трубу. Окончательное наведение центра сетки нитей производят, действуя наводящими винтами алидады и зрительной трубы. Берут первый отсчет.

Затем, ослабив закрепительные винты алидады и зрительной трубы, визируют на нижнюю часть вехи, установленной в точке С. Берут второй отсчет. Разность второго и первого отсчетов даст величину измеряемого горизонтального угла. Если отсчет при визировании на точку С окажется меньше отсчета на точку А, то к отсчету на точку С прибавляют  $360^\circ$ .



Указанные наблюдения, выполненные при одном положении горизонтального круга, составляет один полуприем.

Для контроля и повышения точности угол измеряют второй раз. Для этого переводят зрительную трубу через зенит и при другом положении горизонтального угла (круге право) выполняют аналогичные наблюдения, которые составят второй полуприем. Два полуприема составляют один прием.

В теодолитах с односторонней системой отсчитывания по кругам лимб между полуприемами сдвигают на  $1^{\circ}-2^{\circ}$ .

Расхождение между значениями углов, полученных в полуприемах, не должно превышать для 2Т30П - 2'; для 3Т5КП - 0,5'.

При допустимом расхождении вычисляют среднее значение, которое будет являться окончательным результатом измеренного угла. Все записи и вычисления производят в журнале установленной формы.

Номер точки стояния	Номер точки визирования	Круг	Отсчеты	Углы	Среднее значение угла
2	1	П	3°20,3'	97°02,3'	97°02,4'
	v = 1,84	Л	184°21,4'		
	i = 1,46				
	3	П	100°22,6'	97°02,5'	
	v = 1,69	Л	281°23,9'		

### Способ круговых приемов.

Устанавливают теодолит над точкой или пунктом наблюдений. Выбирают начальное направление. За начальное принимают направление на наиболее удаленный пункт с хорошей видимостью во время наблюдения.

Наблюдения начинают при КЛ. При закрепленном лимбе открепляют алидаду и вращают ее по ходу часовой стрелки, визируют по начальному направлению, совмещают центр сетки нитей с наблюдаемым пунктом и берут отсчет. Затем, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют и берут отсчеты последовательно на остальные пункты. В завершение первого полуприема вновь наводят трубу и берут отсчеты на начальный пункт. Повторные отсчеты на начальный пункт (замыкание горизонта) позволяет убедиться в неподвижности лимба во время наблюдений. Расхождение между отсчетами на начальный пункт в начале и конце первого полуприема не должно превышать полуторной точности отсчетного устройства.

Во втором полуприеме трубу переводят через зенит и наблюдения на пункты производят в противоположной последовательности, то есть против хода часовой стрелки. Заканчивают второй полуприем повторным наведением трубы и отсчетами на начальный пункт. После этого для каждого пункта вычисляют значения двойной коллимационной погрешности  $2c$ , колебания которой в приеме не должно превышать двойной точности отсчетного устройства.

При совмещении центра сетки нитей с визирными целями рекомендуется действовать наводящими винтами алидады и трубы на ввинчивание и на средних витках винтов. Результаты наблюдений записывают в журнал.

Из двух средних значений направлений на начальный пункт в начале и конце приема выводят среднее значение, которое выписывают над средним отсчетом. Затем, вычитая это среднее значение из всех полученных средних отсчетов, получают окончательные, приведенные к нулю значения горизонтальных направлений в первом приеме.

Горизонтальные направления измеряют обычно двумя круговыми приемами с перестановкой лимба между приемами на  $180^\circ/n$ , где  $n$  — число приемов.

Незамыкание горизонта  $\Delta$  в приеме допускают не более  $0.2'$  и  $1.0'$ . Колебание направлений, приведенных к начальному, в разных приемах не должны превышать  $0.2'$  и  $1.0'$ .

#### Журнал измерения горизонтальных направлений круговыми приемами

Название наблюдаемых пунктов	КЛ	КП	$2c$	Средние отсчеты	Направления
т. х. 4 $v = 1,69$	$0^\circ 25,3'$	$180^\circ 25,5'$	-0,2	$0^\circ 25,3'$ $0^\circ 25,4'$	$0^\circ 00,0'$
№11	$17^\circ 12,9'$	$197^\circ 13,Г$	-0,2	$17^\circ 13,0'$	$16^\circ 47,7'$
№13	$29^\circ 42,6'$	$209^\circ 43,0'$	-0,4	$29^\circ 42,8'$	$29^\circ 17,5'$
т. х. 2 $v = 1,62$	$136^\circ 29,4'$	$316^\circ 30,0'$	-0,6	$136^\circ 29,7'$	$136^\circ 04,4'$
т. х. 4	$0^\circ 25,-Г$	$180^\circ 25,3'$	-0,2	$0^\circ 25,2'$	
Незамыкание: КП = -0,2 КЛ = -0,2					

#### Допуски при измерении направлений

Теодолит	Замыкание горизонта	Колебание $2C$	Колебание направлений из разных приемов
2Т30П	$1.5'$	$2.0'$	$1.5'$
3Т5КП	$0.3'$	$0.8'$	$0.3'$

Делается это для того, чтобы разные приемы производились на разных частях лимба, что позволит:

- увереннее контролировать отсчеты, так как эти отсчеты в разных приемах будут совершенно различны;
- ослабить в измеренных направлениях погрешности перестановок делений лимба.

Вторые и последующие приемы после соответствующих перестановок лимба выполняются так же, как и первый.

Сходимость приведенных к общему нулю одноименных направлений в разных приемах является третьим полевым контролем качества наблюдений.

Если в любом случае из указанных выше видов контроля расхождение превышает допустимую величину, то все наблюдения в этом приеме выполняются заново при той же ориентировке лимба.

Часто при измерениях углов способом круговых приемов лимб теодолита ориентируют по начальному направлению. Для этого на горизонтальном круге устанавливают отсчет, близкий к 0 (например,  $0^{\circ}02'$ ). Скрепляют алидаду с лимбом, открепляют лимб и визируют по начальному направлению. Закрепляют лимб. Дальнейшие наблюдения выполняют аналогично указанным выше.

### Измерение вертикальных углов.

Вертикальные углы измеряют одним приемом при двух положениях круга. Колебание МО не должно превышать  $3m$ .

Вертикальные углы измеряют отдельно от измерения горизонтальных углов (обычно после измерения горизонтальных углов).

Превышения измеряют в прямом и обратном направлениях. Допустимые невязки в превышениях не должны превышать  $0,2\sqrt{L}$ , где  $L$  - длина хода в километрах.

При определении превышений обязательно измеряют высоты теодолита  $i$  и высоты вех  $V$  на каждой точке с точностью до 1 см и записывают в журнале. Нельзя вынимать вехи, не измерив и не записав их высоты. Высоты вех и теодолита измеряют от верхнего среза колышка, которым закрепляется точка.

Вычисления превышений выполняют в журналах. При допустимом расхождении между прямым и обратным превышениями вычисляют среднее. Среднее превышение выписывают в журнале и подчеркивают.

ЗТ5КП		МО
КЛ	КП	V
+ $0^{\circ}22.5'$	- $0-21.9'$	+ $0/3 + 0-22.2'$
2Т30П		МО
КЛ	КП	V
+ $5^{\circ}26'$	- $5^{\circ}24'$	+ Г + $5^{\circ}25'$

### Линейные измерения.

Для измерения длин сторон пользуются методическими указаниями по измерению длин линий лазерным дальномерным комплектом.

### **Обработка материалов теодолитных ходов.**

После окончания измерений теодолитных ходов необходимо провести: - проверку полевых журналов;

- обработку линейных измерений;
- вычисление превышений и их средних значений (из прямых и обратных);
- решение обратных геодезических задач на исходных пунктах;
- уравнивание углов на исходных пунктах;
- вычисление неприступных расстояний;
- уравнивание углов хода и получение дирекционных углов всех сторон хода;
- вычисление приращений координат;
- их уравнивание и вычисление координат точек хода;
- уравнивание превышений и вычисление отметок высот точек хода;
- разбивку координатной сетки;
- накладку и вычерчивание схемы хода.

**1. Уравнивание теодолитного хода** начинается с проверки вычислений в полевых журналах. Проверяют полевые вычисления углов, вывод средних значений углов и направлений, вычисленные длины линий.

Неверные результаты зачеркивают одной чертой и сверху пишут правильные.

**2. Обработка линейных измерений** заключается в сравнении результатов прямых и обратных измерений, в выводе средних результатов длин линий из прямого и обратного измерений, в вычислении и введении в измеренные длины линий поправок за наклон линий.

Обработку результатов производят в журнале линейных измерений.

**3. Вычисление превышений и их средних значений.**

Для определения превышений, кроме вертикальных углов, на каждой точке с точностью до 1 см измеряют высоту прибора (до горизонтальной оси) и высоту вех (до места наведения). Высоты приборов и вех измеряют от верхнего среза колышка, которым закреплена точка хода или марка на пунктах триангуляции и полигонометрии.

Превышения вычисляют в журналах.

Формула вычисления превышений в теодолитных ходах:  $h = stgv + i - v + f$ ,

где s- горизонтальное проложение длины линии;

v- угол наклона;

i- высота прибора;

v- высота точки наведения;

f- поправка за совместное влияния кривизны Земли и рефракцию, которая вводится для линий, длина которых больше 275 м.

4. После проверки журналов составляют *схему теодолитного хода*, куда вписывают средние значения всех измеренных углов, а также сторон хода. На схеме указывают угловую невязку хода  $f_{\beta}$  и допустимые ее значения.

$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \sqrt{n}$ , где  $n$  - число углов в ходе.

5. Решение обратных геодезических задач.

Для контроля приведенной привязки на исходных пунктах и для передачи дирекционных углов на стороны хода нужно решить обратные задачи. Обычно их на каждом исходном пункте две.

Обратная геодезическая задача состоит в определении дирекционного угла линии по координатам начальной и конечной точек этой линии.

Формулы для решения:

$$\text{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$S = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}$$

$$S = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha}$$

Определяют дирекционный угол по знакам приращений. В нашем примере теодолитного хода значения дирекционных углов примычных направлений из решения обратных задач получены следующие:

п. Утково - п. Валяево  $-207^{\circ}16.6' = 207.277^{\circ}$

п. Утково-п. Чаево  $-152^{\circ}11.9' = 152.198^{\circ}$

п. Копытово - п. Рогово  $-54^{\circ}39.0' = 54.650^{\circ}$

п. Копытово-п. Новое  $-119^{\circ}47.2' = 119.787^{\circ}$

6. Уравнивание углов на исходных пунктах.

На исходных пунктах хода привязывают к двум примычным направлениям. В вычислении же хода участвует на каждом исходном пункте одно примычное направление (любое из двух).

Измеренный угол, как правило, не сходится с величиной этого угла (исходного), полученного как разность вычисленных дирекционных углов. Эта разница между измеренным и исходным углом не должна превышать  $2'$ .

Поправки в измеренные углы на исходных пунктах направления вычисляются по формуле:

$$\Delta_1 = -\Delta_2 =$$

, где – измеренные направления;

$\alpha_2$  и  $\alpha_1$  – дирекционные углы исходных направлений.

Название пункта	Плоские направления, приведенные к центрам	Поправки	Дирекционный угол исходного направления	Уравненное направление, приведенное к начальному
	Песчаная, пир.			
Лужки, пир.	0°00.0'	+0.1	76°24.7'	0°00.0'
шт №1	15°18.1'			15°18.0'
Дубки, пир.	88°52.7'	-0.1	165°17.2'	88°52.5'
	88°52.7'		88°52.5'	
	Орлиная, пир.			
Сокол, пир.	0°00.0'	-0.2	166°06.2'	0°00.0'
шт №1	155°18.5'			155°18.7'
Черная, пир.	221°10.2'	+0,2	27°16.8'	221°10.6'
	221°10.2'		221°10.6'	

Угловую невязку рассчитывают по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m$$

$\sum \beta_{np}$  - сумма измеренных углов,  $\sum \beta_m$  - теоретическое значение суммы этих углов.

Для вычисления теоретической суммы углов применяют следующие формулы:

Для левых углов:  $\sum \beta_m = \alpha_k - \alpha_n + 180^\circ n$

Для правых углов:  $\sum \beta_m = \alpha_n - \alpha_k + 180^\circ n$

$n$  - число измеренных углов,  $\alpha_k$  — дирекционный угол конечной исходной стороны,  $\alpha_n$  - дирекционный угол начальной исходной стороны. В нашем примере  $f_{\beta} = +0.011^\circ$ .

Измеренные углы выписывают в ведомость координат пунктов теодолитного хода. Допустимую угловую невязку разделяют поровну на каждый угол в пределах ошибок округлений. Поправки выписывают над каждым из измеренных углов. Сумма всех поправок в

углы должна равняться невязке с обратным знаком, а сумма исправленных углов - ее теоретическому значению. Если невязка не делится на  $n$  без остатка, поправки вводятся в углы с более короткими сторонами.

Если получена недопустимая невязка, то нужно до повторного измерения углов еще раз проверить журналы и перевод минут в доли градусов.

Вычисляют дирекционные углы сторон теодолитного хода:

Для левых углов  $\alpha = -180^\circ$ .

Для правых углов  $\alpha = +180^\circ$ .

Для контроля правильности вычисления дирекционных углов сторон хода служит получение в конце хода точного значения конечного дирекционного угла.

### 7. Уравнивание приращений координат хода.

Приращение координат вычисляют по формуле:

$$\Delta X = S \cos \alpha$$

$$\Delta Y = S \sin \alpha$$

Вычисленные приращения складывают и получают их практические суммы по каждой оси.

$$\begin{aligned} &= \Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n \\ &= \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \dots + \Delta Y_n \end{aligned}$$

Для разомкнутого теодолитного хода, опирающегося на два исходных пункта, формулы имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \Delta X_T &= X_K - X_H \\ \Delta Y_T &= Y_K - Y_H \end{aligned}$$

Невязки в приращениях координат находят по формулам:

$$\begin{aligned} f_x &= - \sum \Delta X_T \\ f_y &= - \sum \Delta Y_T \end{aligned}$$

Для оценки качества измерений в теодолитном ходе вычисляют абсолютную невязку:

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Она считается допустимой, если не превышает  $1/2000$  длины хода.

Если невязка оказалась допустимой, то невязки по осям координат распределяют с обратным знаком. Вычисляют поправки  $V_x$  и  $V_y$ , которые записывают над соответствующими приращениями. Поправки распределяют пропорционально длинам линий. Для этого невязку, взятую с обратным знаком, вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\Delta x} &= - \frac{f_x D_1}{\sum D} \\ V_{\Delta y} &= - \frac{f_y D_1}{\sum D} \end{aligned}$$

$$\sum V_x = -f_x$$

$$\sum V_y = -f_y$$

Сумма поправок в приращения по каждой оси должна равняться невязке с противоположным знаком.

Сумма уравненных приращений координат по каждой оси должна равняться теоретической сумме приращений.

После уравнивания приращений координат вычисляют координаты всех точек теодолитного хода по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i$$

При вычислении координат мы должны получить координаты конечного исходного пункта, что служит контролем вычисления пунктов теодолитного хода. Вычисления ведут до 0,01 м и потом округляют до 0,1 м.

Если координаты конечного пункта при вычислении координат получают неточно, это значит, что в вычислениях допущена ошибка или приращения координат исправлены поправками неверно.

## 8. Определение отметок точек.

При проложении теодолитных ходов обычно определяют не только плановое положение точек, но и высотное (отметки). Высоты определяют методом тригонометрического нивелирования. Расхождение между прямым и обратным превышением не должны превышать 10 см при длине линии до 250 м и 4 см на каждые 100 м при длине линии более 250 м.

Суммируют превышения и сумму подписывают внизу. Получают разность исходных,  $H_{кон} - H_{нач}$  вычисляют высотную невязку хода по формуле:

$$f_h = \sum h - (H_{кон} - H_{нач})$$

Допустимые невязки в превышениях по ходу не должны превышать  $0,2 \cdot L$ , где  $L$  - длина хода в километрах.

Если невязка допустимая, то вычисляют поправки в превышения  $v_h$ , которые записывают над соответствующими превышениями красным цветом. Поправку распределяют пропорционально длинам линий. Надо проверить, чтобы сумма поправок точно равнялась невязке с противоположным знаком, то есть  $\sum v_h = -f_h$ . По исправленным превышениям вычисляют отметки всех точек хода. Контролем вычисления высот служит получение высоты конечной точки, которая должна быть равна заданной.

## 9. Построение километровой сетки.

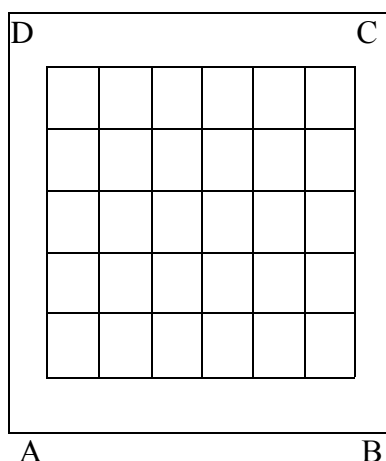
Для того чтобы построить схему теодолитного хода по координатам его точек, нужно на листе чертежной бумаги предварительно построить координатную сетку со сторонами квадратов, равным 10 см.



Сетку квадратов строят с помощью специального прибора - координатографа. Сетку квадратов можно также поострить с помощью штангенциркуля и масштабной линейки или с помощью линейки Ф.Б. Дробышева. Линейка Дробышева - металлическая, внутри неё врезаны через 10 см окошки, внутренние скошенные края которых являются дугами окружностей с радиусами 10, 20, 30, 40, 50 см от начального штриха первого окошка.

Построение сетки квадратов состоит из построения двух прямоугольных треугольников, причем каждый треугольник строится линейкой по трем его сторонам.

Линейка укладывается параллельно нижнему краю листа бумаги. По её скошенному краю прочерчивают линию, сместив линейку так, чтобы линия прошла по середине отверстий; по скошенным краям отверстий проводят дуги, получая точки 1, 2, 3, 4, 3, 6. затем перекладывают линейку примерно перпендикулярно к линии АВ и прочерчивают дугу по скошенному краю шестого отверстия. Уложив теперь линейку по диагонали АС, совмещают нулевой штрих с точкой А и засекают дугообразным концом линейки точку С, получая верхнюю правую вершину квадрата сетки. Аналогичным способом определяют положение точки D. Для контроля построения контура сетки совмещают нулевой штрих линейки с точкой D и проводят дугу по скошенному краю шестого окошка. Убедившись, что она проходит через точку С или отклоняется от неё на 0,2 мм, прочерчивают промежуточные дуги. Соединяя между собой А, В, С, D, получают внешний контур координатной сетки, на котором строится дециметровые квадраты.



Правильность построения сетки проверяют укладкой скошенного ребра линейки по диагоналям квадратов. Скошенное ребро должно проходить через вершины квадратов; длина диагоналей квадратов 14,14 см. Циркулем-измерителем проверяют длину диагоналей. Расхождение не должно превышать 0,2 мм.

Построив сетку, ее оцифровывают. Линиями сетки, идущими с юга на север, придают соответствующие значения абсцисс, а линиям, идущим с запада на восток, - значения ординат. Оцифровку сетки делают так, чтобы на ней симметрично располагалась рамка трапеции листа создаваемой карты.

Точки на план наносятся по их координатам с помощью измерителя и поперечного масштаба, расхождения допускаются не более 0,2 мм.

## 10. Накладка точек и вычерчивание схемы хода.

Накладку точек выполняют при помощи измерителя и масштабной линейки. Примычные направления наносят при помощи транспорта. Схему вычерчивают в следующей цветовой гамме: километровую сетку - синим цветом, все остальные линии и надписи - черным.

Вверху указывают название хода, внизу подписывают масштаб и лиц составивших и проверивших схему. Схему с заголовками и подписями заключают в рамку.

№	Описание точки	Расстояния, км	Прямой ход h, м	Обратный ход h, м	Разность между прямым и обратным ходами	Среднее превышение h, м	отметка Н, м
1		1,2	+8,324	-8,320	+4	-2 +8,322	220,735
			-7,410	+7,404	-6	-4 -7,407	229,055
2		2,5	+15,988	-15,990	-2	-4 +15,989	221,644
			+0,654	-0,648	+6	-4 +0,651	237,629
3		3.9	+17,556	-17,554	+2	+17,555	238,276
4		5.7					

**Памятка для студентов**  
**по правилам заполнения полевых журналов**  
**и оформления вычислительных и графических материалов.**

1. Полевые журналы и материалы вычислений должны быть выполнены авторучкой синими или черными чернилами аккуратно, четким и разборчивым почерком.

Графические материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями таблиц «Условных знаков».

2. Полевые журналы должны быть подлинными, т.е. записи в журналах должны производиться сразу начисто.

Запрещается делать записи на отдельных бумажках с последующим переписыванием в журнал или бланк.

3. В полевых журналах категорически запрещается делать какие-либо подчистки (резинкой или лезвием).

4. В полевых журналах запрещается делать исправления в отсчетах. При ошибочной или неверной записи хотя бы одной из цифр в отсчете прием или станция переделывается (не переписывается!) при другой установке лимба или высоте прибора. Ошибочную запись аккуратно зачеркивают по линейке одной чертой, после чего пишется причина зачеркивания с подписью исполнителя работ:

~~125°25"~~ - ошибка в записи.

5. Исправления в журналах допускаются только в вычислениях. При этом категорически запрещается делать исправления цифра на цифре. Разрешается неверные (ошибочные) цифры зачеркивать аккуратно по линейке одной чертой, а правильные результаты записывать на свободном месте выше или ниже зачеркнутых:

124°74'<sup>124073</sup>.

6. Ошибочные записи при оформлении вычислительных и графических материалов допускается снимать лезвием безопасной бритвы, после чего по вычищенному месту производят правильные записи.

7. Числа в столбцах в полевых журналах и материалах вычислений записывают так, чтобы цифры соответствующих разрядов были под цифрами тех же разрядов в записанном выше числе:

неправильно:

124°74'34"

14°72'24"14°72'24"

6788906.78

6788876.45

правильно:

124°74'34"

6788906.78

6788876.45

8. Результаты измерений и вычислений, произведенные с одинаковой точностью, пишутся с одинаковым числом знаков:

неправильно:

251.17251.17

120.

0.151980.15198

0.87740.87740

правильно:

120.00

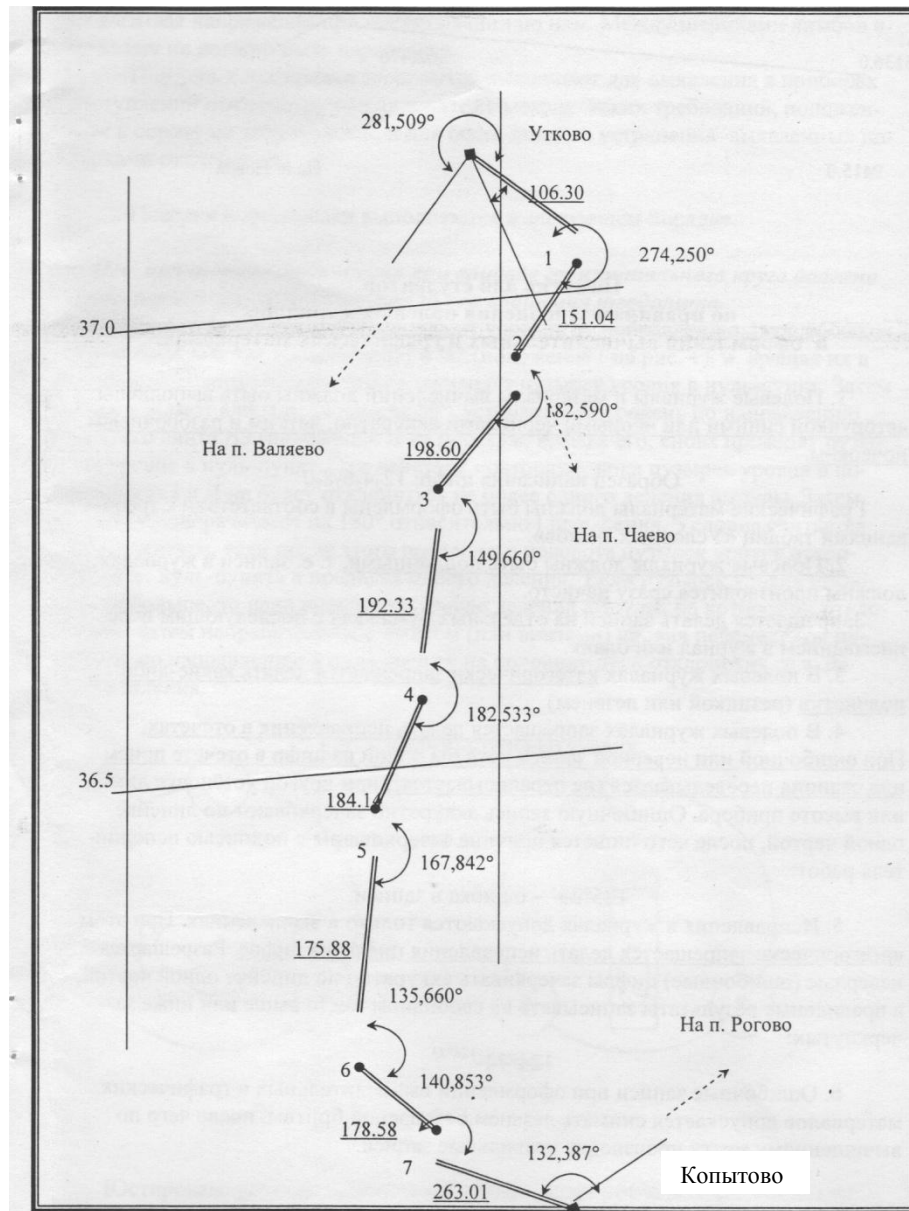
9. Если выполнены многократные измерения одной и той же величины, то первое значение этой величины пишется полностью, а остальные - сокращенно:

125°11'13"

10

11

### СХЕМА ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА УТКОВО-КОПЫТОВО



15.5

9415.0

Нап.Новое

### Ведомость вычисления теодолитного хода

Название и номер пункта	Углы $\beta$ левые	Дирекционные углы $\alpha$	Длина линии $S$ , м	Приращение координат		Координаты		Превышения $h$ , м	Высоты над уровнем моря
				$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$X$ , м	$Y$ , м		
Валяево									
Утково	-1	27,277°	206,30	-7	+5	6137147,7	9415466,2	-2 -1,14	225,94
1	281,609°	128,885°	151,04	-129,51	+160,59	6137081,1	9415626,8	-1 -2,06	224,78
	-2			274,250°	-5				
2		223,133°	198,60			6136907,8	9415523,6		222,71
	-2			182,590°	-7			+5	
3		225,721°	192,33			6136769,1	9415381,4		215,41
	-1			149,660°	-7			+5 -51,01	
4		195,380°	184,14			6136583,6	9415330,5		211,24
	-1			182,533°	-6			+4 -56,63	
5		197,912°	175,88			6136408,3	9415273,9		204,60
	-1			167,842°	-5			+3 -17,63	
6		185,753°	178,58			6136233,3	9415256,3		198,63
	-1			135,660°	-5			+3	
7		141,412°	263,01			6136093,7	9415367,7		210,67
	-1			140,853°	-9			+7	
Копытово		102,264°				6136037,7	9415624,8		218,74
	-1			132,387°					
Рогово		54,650°							
				-1109,46 +158,25					
	$\sum \beta_{np} = 1647,384^\circ$ $n = 9$ $\sum \beta_T = 1620^\circ$	54,661° $f_\beta = +0,011^\circ$ $f_{\beta_{дон}} = \pm 0,017 \sqrt{9} = +0,051^\circ$	$S = 1549,88$	$f_x = +0,51$ $f_y = -0,35$ $f_{\Delta \alpha c} = \sqrt{0.3826} = 0,62$ м $f_{\alpha_{му}} = \frac{0.62}{1549.88} = \frac{1}{2500}$		-1110,0	+ 158,6		-7,20
							$f_{h_{дон}} = 0,2 \sqrt{1,5} = \pm 0,24$ м		

## ПРОЛОЖЕНИЕ НИВЕЛИРНОГО ХОДА IV КЛ.

Бригаде выдается задание по проложению нивелирного хода между исходными пунктами состоящего из 4-х секций. Каждый студент, нивелируя одну секцию, выполняет обязанности наблюдателя, в другой секции записывает (является помощником наблюдателя), а на двух остальных работает речником.

Для выполнения задания бригада получает приборы и снаряжение.

Перед началом работ студенты выполняют регулировку и поверку нивелира, все поверки оформляют на листах А4.

1. Проекция оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы на отвесную плоскость должны быть между собой параллельны. Проверка главного условия нивелира выполняется двойным нивелированием вперед одной и той же линии длиной 75 м. На концах линии устанавливаются башмаки. На один башмак устанавливают рейку, над другим – нивелир так, чтобы его окуляр при горизонтальном положении оси цилиндрического уровня находился не далее 1 – 2 см вертикально установленной на башмаке рейки. После проведения оси уровня в горизонтальное положение производят отсчет по рейке а (отсчет берут по среднему штриху) и измеряют высоту нивелира  $H_1$ .

Отсчет  $a_1$  по рейке производят по черной стороне с точностью до 1 мм, оценивая части наименьшего деления на глаз. Высоту нивелира отсчитывают по другой рейке. Для этого смотрят на рейку, установленную рядом с нивелиром, через объектив зрительной трубы. Рейку устанавливают на башмак, отвесно по уровню, чтобы ее деления (черная сторона) находились против окуляра. Конец заостренного карандаша устанавливают в середине видимого в объектив поля зрения. Когда заостренный карандаш установлен, производят соответствующий ему отсчет по рейке. Этот отсчет  $H_{i1}$  и будет высотой нивелира.

Затем нивелир переносят и устанавливают над другим башмаком и аналогично предыдущему производят отсчет  $a_2$  по рейке и измеряют высоту  $H_{i2}$  нивелира.

Непараллельность визирной оси трубы к оси уровня выражаемая величиной  $x$  определяется в делениях рейки по формуле:

Если величина  $x$  более 4 мм, то требуется исправление.

$$a = a_2 + x$$

На этот отсчет устанавливают перекрестие основных штрихов сетки нитей элевационным винтом; от этого концы пузырька цилиндрического уровня разойдутся. Совмещение изображений концов пузырька уровня выполняют вертикальными юстировочными винтами уровня. Поверку повторяют.

### Проверки и испытания реек

1. Определение средней длины одного метра рейки выполняют между делениями 1 -10, 10 – 20 и 20 – 29 дм – для черной стороны рейки и 48 – 57, 57 – 67 и 67 – 76 дм или им соответствующими – для красной в прямом и обратном направлениях. Вносят рейки и контрольную линейку в закрытое помещение за 2 – 3 ч до начала исследований, кладут рейку на длинный стол, а на нее параллельно краям – контрольную линейку. Края шашечных делений, по которым будут производиться отсчеты, отмечают заостренным карандашом.

Каждую часть рейки измеряют, отсчитывают по контрольной линейке дважды. Между первой и второй парами отсчетов линейку немного сдвигают. Значения вычисленных разностей (П – Л) по каждой части рейки не должны различаться между собой более чем на 0,1 мм. В начале прямого и в конце обратного ходов берут отсчет температуры линейки по вмонтированному в нее термометру.

По разностям между отсчетами П (правым) и Л (левым) определяют длину каждой измеренной части рейки в прямом и обратном ходах и исправляют ее за длину и температуру контрольной линейки.

По результатам исследований выводят среднюю длину одного условного метра пары реек нивелирного комплекта и средний поправочный коэффициент для 1 м пары реек. Если, например, получены следующие средние значения длины метра (в мм):

	рейка № 142	рейка № 143
черная сторона	1000,14	1000,27
красная сторона	1000,25	1000,23

то средняя длина метра пары реек этого комплекта будет равна

$$1000 + (0.14+0.25+0.27+0.23)/4=1000,22 \text{ мм.}$$

Средний поправочный коэффициент для 1 м пары реек  $M = + 0,22$  мм, т.е. поправка на 1 м превышения составляет  $+ 0,22$  мм.

## СОЗДАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА МЕСТНОСТИ В МАСШТАБЕ 1:1000 МЕТОДОМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Тахеометрическая съемка является одним из методов наземной топографической съемки.

Тахеометрическая съемка применяется для создания планов небольших участков как основной вид съемки или в сочетании с другими видами, когда:

- проведение стереотопографической или мензульной съемки экономически нецелесообразно либо панически невозможно;
- выполняется съемка только рельефа на застроенной территории;
- выполняется съемка узких полос (высоковольтные линии, трассы трубопроводов и т.п.).

Основной особенностью тахеометрической съемки является быстрота, что достигается следующим:

1. Все измерения необходимые для определения положения снимаемой точки местности как в плане, так и по высоте, выполняются комплексно, одним измерительным инструментом - тахеометром (теодолитом) при одном наведении трубы.
2. Возможным разделением гряда: одна бригада выполняет прокладку ходов, сгущающих геодезическое обоснование, вторил производит собственно съемку.
3. Тахеометрическая съемка местности в меньшей степени зависит от погодных условий.
4. Составление плана местности производится в камеральных условиях.

Исходными опорными точками для производства тахеометрической съемки служат пункты государственных сетей всех классов и сетей сгущения. Однако, указанных точек для производства съемки недостаточно. Поэтому сеть пунктов сгущают проложением на местности, между этими пунктами, специальных ходов теодолитно-нивелирных, теодолитно-высотных, тахеометрических и нивелирно-тахеометрических. Выбор того или иного вида хода зависит от его длины (теодолитные ходы допускаются значительно длиннее тахеометрических), от масштаба съемки (при масштабе 1:500 тахеометрические ходы не прокладываются) и от высоты сечения рельефа. Направление и форму ходов выбирают так, чтобы с точек этих ходов имелась возможность обеспечить съемку подробностей. В целях контроля и избежания пропусков («оконов») при тахеометрической съемке следует определять с каждой станции несколько пикетов, расположенных на перекрытии съемки с соседних станций. Минимальное количество съёмочных точек на 1 кв.км, необходимое для тахеометрической съемки, приводится в таблице:

Масштаб съемки	Минимальное количество съёмочных	
	Четкие контуры	Нечеткие контуры
1:5000	22	10
1:2000	50	22
1:1000	80	36
1:500	142	64

Приборы, применяемые при тахеометрической съемке, должны иметь устройства для измерения расстояний, горизонтальных углов, вертикальных углов и превышений. Такие приборы называются тахеометрами. Это могут быть теодолиты с нитяным дальномером ТЗО, Т15, Т5 и другие, позволяющие измерять наклонные дальномерные расстояния и вертикальные углы, или авторедукционные тахеометры типа ТА или ТП, позволяющие автоматически получать горизонтальные проложения и превышения путем отсчета по рейке.

Тахеометрическая съемка производится с точек геодезического обоснования. Густота (плотность)



таких точек на снимаемом участке зависит от масштаба съемки и сечения рельефа горизонталями. Это могут быть пункты государственных сетей всех классов и сетей сгущения. Однако, указанных точек для производства съемки недостаточно. Поэтому сгущение точек осуществляется развитием на местности съемочного обоснования методом триангуляции или теодолитными ходами, и добиваются такой плотности точек съемочного обоснования, чтобы обеспечить возможность проложения тахеометрических ходов, отвечающих техническим требованиям, указанным в таблице:

Масштаб съемки	Максимальная длина тахеометрического хода (м)	Максимальная длина линий (м)	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

При съемке в масштабе 1:500 линии в тахеометрических хода измеряются лентой.

Перед изучением правил проложения тахеометрического ход необходимо повторить материал по проложению теодолитных и высотных ходов, их уравниванию. При изучении правил проложения тахеометрического хода необходимо обратить внимание на порядок работы на станции, контроль и точность угловых и линейных измерений порядок вычисления координат и высот точек.

При изучении тахеометрической съемки необходимо ясно представить методику ее выполнения: порядок работы на станции при съемке контуров и рельефа, ведение абриса. Необходимо ознакомиться с требованиями раздела инструкции «Тахеометрическая съемка», касающимися допустимых длин ходов, максимальных расстояний между пикетами и расстояний от инструмента до рейки, контроля ориентировании инструмента, составления абриса. допустимых невязок и др.

При изучении составления плана тахеометрической съемки необходимо усвоить: порядок обработки полевого журнала, порядок и методику нанесения на план точек съемочного обоснования, пикетных, точек и рисовки рельефа горизонталями.

Электронный тахеометр (или теодолит) устанавливается на съемочных точках, а на пикетных точках - специальные вешки с отражателями, входящими в комплект тахеометра. При наведении на отражатели вешки в автоматическом режиме определяются горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояния до пикетов.

Производя обработку результатов измерений, получают приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  координат и превышения и на пикетные точки.

Построить план местности в масштабе 1:1000 с сечением рельефа горизонталями через 1 м.

Проложен разомкнутый тахеометрический ход между пунктами полигонометрии. Даны координаты и отметки высот этих пунктов, а также дирекционные углы направлений.

Результаты измерений, полученные при проложении тахеометрического хода, записаны в полевом журнале (см. приложение 5).

В журнале приняты следующие обозначения:

$i$  - высота прибора

$V$  - высота точки визирования

П - отсчет при круге право

Л - отсчет при круге лево

$v$  - угол наклона

$l$  - дальномерный отсчет в см

Д - измеренное по нитяному дальномеру наклонное расстояние

$S = D \cdot \cos^2 v$  - горизонтальное проложение линии

$h = h_l + i - V$  - превышение

$$h_1 = \frac{1}{2} D \sin 2\nu$$

H - высота точки

МО — место нуля

Горизонтальные углы при проложении хода измерялись одним полным приемом теодолитом 2Т5К при ориентированном лимбе в каждом полуприеме. Были измерены левые углы.

Рейки использовались двусторонние трехметровые с сантиметровыми делениями.

Расстояния измерялись нитяным дальномером в прямом и обратном направлении по черной стороне рейки.

Вертикальные углы при проложении хода измерялись при двух положениях круга.

Одновременно с прокладыванием тахеометрического хода производилась тахеометрическая съемка местности. Журнал результатов измерений и абрисы помещены в приложении 8.

Вертикальные и горизонтальные углы при съемке измерялись только при круге лево.

Место нуля определялось на каждой станции тахеометрического хода.

Расстояние до съемочных пикетов измерялось нитяным дальномером по черной стороне рейки.

### Обработка журнала тахеометрического хода

1. Выписать в тетрадь результаты измерений (по форме журнала в приложении 5). Графы 1,2,3,4,6,7 – общие для всех вариантов.

2. Вычислить углы поворота из полу приемов (с точностью до 0,1') и средние значения углов (с точностью до 0,1').

3. Вычислить место нуля и углы наклона (с точностью до 0,1') по формулам:

$$MO = \frac{L + \Pi}{2}$$

$$\nu = \frac{L - \Pi}{2} = L - MO = MO - \Pi$$

4. Вычислить наклонные расстояния  $D$ , измеренные нитяным дальномером, по формуле:

$$D_i = D_i' \pm p$$

где  $p$  - поправка в дальномерное расстояние, выбирается из индивидуальных заданий (приложение 10) по расстоянию  $D'$  с помощью интерполирования.

*Пример:*

$$p_1 \text{ (на 150 м)} = -0,6 \text{ м}$$

$$p_2 \text{ (на 200 м)} = -1,1 \text{ м}$$

$$D_i = 172,3 \text{ м}$$

$$p_1 - p_2 - 50 \text{ м} \quad -0,5 \text{ м} - 50 \text{ м}$$

$$x - D, -150 \text{ м} \quad x - 22,3 \text{ м}$$

$$x \approx -0,2 \text{ м}$$

$$p = p_1 + x = -0,6 \text{ м} - 0,2 \text{ м} = -0,8 \text{ м}$$

$$D = 172 \text{ м} - 0,8 \text{ м} = 171,2 \text{ м}$$

(В образце  $p = 0$ )

5. Вычислить горизонтальные проложения  $S = D \cos^2 \nu$  и превышения  $h = h_1 + i - V$ , где  $h_1 = 1/2 D \sin 2 \nu$

Вычисления  $h_1$  и  $S$  можно производить по тахеометрическим таблицам или с помощью калькулятора.

Горизонтальные проложения округляют до 0,1 м, превышения - до 0,01 м.

Расхождения в расстояниях  $D$ , полученных в прямом и обратном направлениях, не должны превышать  $1/200$  от расстояния.

Расхождение в превышениях соответственно не должно превышать 10 см для расстояний короче 250 м, для остальных расстояний - 4 см на каждые 100 м расстояния.

Если расхождения не превышают допустимые значения, то вычисляют средние расстояния и средние превышения, причем знак среднего превышения - это знак прямого превышения.

### **Вычисление координат $x, y$ пунктов тахеометрического хода.**

Выписать средние значения углов поворота хода в ведомость вычисления координат.

Образец ведомости приведен в приложении 6, кроме того он приведен в контрольной работе № 2 для обработки теодолитного хода.

Последовательность вычисления координат точек тахеометрического хода аналогична вычислению координат точек теодолитного хода в предыдущей контрольной работе, за исключением следующего: после вычисления линейной невязки приращений

$$\int S = \sqrt{\int \Delta x^2 + \int \Delta y^2}$$

вычисляется

$$\int S_{\text{доп}} = \frac{\sum S}{400\sqrt{n}}$$

где  $\sum S$  - сумма длин сторон,

$n$  - число сторон хода.

$\alpha_{\text{пп}21-\text{пп}20}$ ,  $\alpha_{\text{пп}5-\text{пп}4}$ , координаты  $x, y$  пунктов 20 и 5 взять в соответствии с вариантом в приложении 9.

### **Вычисление высот пунктов тахеометрического хода.**

Образец записи и вычислений дан в приложении 7.

1. Вычисляем сумму измеренных превышений  $\sum h_{\text{изм}}$  по всему ходу:

$$\sum h_{\text{изм}} = +8,74$$

2. Вычисляем теоретическую сумму превышений:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}$$

$$\sum h_{\text{теор}} = +8,81\text{м}$$

3. Значения  $H_{\text{кон}}$  и  $H_{\text{нач}}$  взять по варианту (приложение 9).

4. Вычисляем невязку превышений:

$$fh = \sum h_{\text{изм}} - \sum h_{\text{теор}}$$

$$fh = -0,07\text{м}$$

5. Вычисляем допустимое значение невязки:

$$\int h_{\text{доп}} = \pm \frac{0.04 \sum S}{\sqrt{n}} (\text{см}) = \frac{0.04 \cdot 669}{\sqrt{4}} = \pm 13 (\text{см})$$

6. Распределяем  $fh$  в превышения пропорционально длинам сторон с противоположным знаком.

7. Вычисляем высоты пунктов  $H_{пост} = H_{пред} + h_{испр}$

### Обработка журнала тахеометрической съемки.

1. Выписать в тетрадь результаты измерений, полученные при съемке для каждого пункта тахеометрической съемки. (Образец журнала приведен в приложении 8 методических указаний).

2. Отсчеты по горизонтальному, вертикальному кругам, расстояния до точек пикета и величина  $i - V$  для всех вариантов одинаковы.

Высота точки стояния  $H_{ст}$  берется в соответствии с вариантом.

1. Вычисляем угол наклона:

$$v = \text{КЛ-МО.}$$

2. Вычисляем горизонтальные проложения с точностью до 0,1 м:

$$S = D \cdot \cos^2 v$$

3. Вычисляем превышение:

$$h_1 = \frac{D}{2} \sin 2v$$

с точностью до 0,01 м.

4. Вычисляем превышение:

$$h = h_1 + i - V$$

5. Вычисляем отметку пикета с округление до 0,1 м:

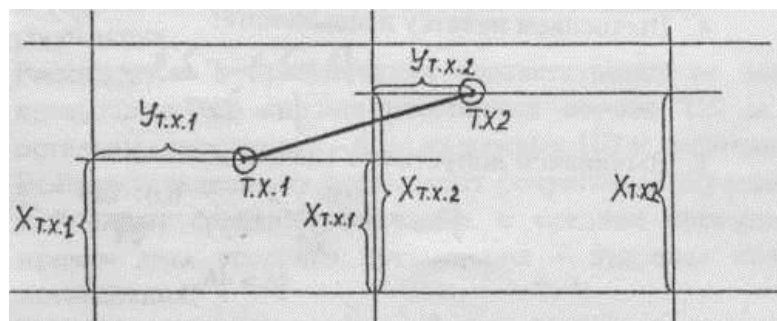
$$H_{пик} = H_{ст} - h$$

### Составление и вычерчивание плана.

План составляем в масштабе 1:1000 с сечением рельефа горизонталями через 1 м в следующей последовательности:

1. Построим координатную сетку размером 30 см x 40 см.

2. Накладываем по координатам с помощью сотенного поперечного масштаба и измерителя пункт тахеометрического хода. Проверяем точность накладки по длинам сторон: расхождение измеренной длины стороны в масштабе плана и взятой с плана - не более 0,2 мм (см. рис.).



3. Наносим пикетные точки по измеренным горизонтальным углам и вычисленным горизонтальным проложениям с помощью транспорта, измерителя и масштабной линейки. Точки хода обозначают кружками диаметром 1,5 мм. Подписываем номер пункта (числитель) и высоту (знаменатель). Пикеты обозначаются точками, и справа подписывается их высота (не номер). Это следует делать сразу после нанесения точки.

4. Проводим горизонтали способом графического интерполирования по направлениям, указанным на абрисе стрелками

5. Вычертить ситуацию в соответствии с абрисом и «Условными знаками для топографических планов в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» 1989 г.

6. Вычертить план тушью. Под планом указываются: масштаб 1:1000 (высота цифр 5 мм), высота сечения рельефа 1 м, фамилия, инициалы и шифр студента-заочника (высота букв 3 мм).

## ПОЛИГОНОМЕТРИЯ II РАЗРЯДА

Разработка ориентирована на использование на практике электронного тахеометра при проложении полигонометрического хода. Место проведения практики – кунцевский район. Полигонометрический ход 2-го разряда, опирающийся на два пункта с известными координатами прокладывается от полигонометрического знака «Черемуха» № 9860 до П.3 по ул. Полоцкая д. 2/17.

Ход вытянутый, протяженностью около 1 км. Возможен и другой вариант замкнутого хода в районе префектуры ЗАО опирающийся на тот же исходный пункт «Черемуха» и П.9846. Оба варианта ходов необходимы для того, чтобы на их точках создать съемочное обоснование в виде системы теодолитных ходов и различных засечек. Бригада состоит из 4-6 человек.

Практика рассчитана на 5 дней (36 часов) и включает в себя следующие этапы:

1. Выдачу задания и инструктаж по технике безопасности.
2. Получение оборудования и материалов.
3. Разработку проекта выполнения задания.
4. Рекогносцировку на местности.
5. Проверку функционирования аппаратуры.
6. Выполнение полевых работ.
7. Обработку результатов полевых измерений.
8. Оформление отчета и его сдачу руководителю отряда.
9. Сдачу оборудования руководителю отряда и в геологическую лабораторию.

### Методика выполнения работ.

3.1. Выдача заданий. Получение приборов. Инструктаж по технике безопасности. Изучение руководящих документов и инструкций.

Практика начинается с формирования бригад. Составляется список по бригадам, выбирается бригадир. Для каждой бригады выделяется комплект аппаратуры под расписку. Каждый член бригады расписывается в списке полученного оборудования. Недостающие принадлежности (штативы, шпильки, рулетки, топоры, ватманы) получают в геологической лаборатории.

Проводится инструктаж по технике безопасности с составлением протокола и росписью каждого практиканта.

Каждая бригада получает в библиотеке Инструкцию по топографической съемке в масштабе 1:500.

3.2. проверка функционирования комплекта, юстировки, контрольные измерения.

Перед выходом в поле необходимо проверить функционирование отдельных частей комплекта.

Проверка начинается со штативов. Необходимо проверить устойчивость штатива и в случае необходимости подтянуть болты крепления головки штатива с ножками с помощью специального ключа и отвертки. Наконечники на ножках штатива также не должны болтаться.

Проверяют подставку к тахеометру и отражателю. Подъемные винты должны вращаться свободно и не иметь люфта.

Проверяются уровни и оптический центрир по известной методике, как у тахеометра, так и у отражателей. Причем, если имеется цилиндрический уровень и круглый, то предварительно выставляется прибор по круглому уровню, а затем юстируется цилиндрический уровень. После того, как отъюстирован цилиндрический уровень, исправляют круглый уровень, выставляя его пузырек в центре только исправительными винтами, не трогая подъемных винтов. Эту операцию надо делать только на улице, установив штатив на земле и плотно вогнав ножки в грунт. В помещении можно проверять уровни только на специальных тумбах изолированных от пола. Результаты проверки отражаются в отчетах по практике.

Контрольные измерения выполняются с целью определения «постоянной» дальномерной части тахеометра в комплекте с имеющимися отражателями. «Постоянная» определяется для каждого отражателя путем измерения 3-х отрезков по известной методике, дважды. Расхождения в 2-х измерениях не должны превышать трехкратной точности прибора. Из 2-х измерений берется среднее значение. При определении «постоянной» в прибор предварительно вводятся значения давления и температуры воздуха. Масштабный коэффициент ставят равным 1,000000.

Вводят постоянную призмы, если она известна, а если не известна, то устанавливают предварительно приближенное значение, а после определения ее исправляют до нужного значения.

После определения постоянной призмы, делают контрольные измерения линии известной длины.

Для контроля угловых измерений необходимо определить величину коллимационной погрешности для горизонтального круга и места нуля для вертикального круга. Методика определения изложена в техническом описании на электронный тахеометр. Эти значения будут автоматически вводиться в результаты угловых измерений если они выполняются при одном круге.

### 3.3. Составление проекта полигонометрического хода, рекогносцировка, закрепление точек хода.

В зависимости от поставленной задачи, составляется «Проект» полигонометрического хода. Возможны два варианта ходов:

- разомкнутый ход;
- замкнутый ход.

Разомкнутый ход прокладывается от пункта №9860 (Черемуха) до пункта №36563 (ул. Полоцкая д. 2/17). Протяженность хода около одного километра. Вдоль хода закрепляются точки (6-7 точек). Средняя длина стороны хода 150 м. Примерная схема хода приведена в приложении №1.

Замкнутый ход выполняется в районе кинотеатра «Кунцево» с целью создания плановой основы для съемки с последующим сгущением с помощью теодолитных ходов и засечек. Замкнутый ход опирается на два пункта №9860 (Черемуха) и №9846 (ЛЭП).

Для предварительного проектирования можно использовать материалы съемки прошлых лет. После чего необходимо провести рекогносцировку на местности. При рекогносцировке уточняется местоположение центров с учетом необходимой видимости между точками хода, удобства подхода к ним, сохранности и технике безопасности при выполнении полевых работ.

Точки полигонометрического хода закрепляются строительной арматурой длиной 50-70 см.

На каждую закрепленную точку составляется абрис и описание местонахождения (Приложение № 2). Центрир не должен выступать из земли. Он должен быть ниже уровня земли и иметь окопку. Можно закреплять точки на асфальте дюбелями с соответствующей маркировкой их.

#### **Выполнение полевых работ.**

Полевые работы можно выполнять различным способом:

- с изменением горизонтальных и вертикальных углов и расстояния;
- с определением координат точек непосредственно в электронном тахеометре (координатные определения).

Измерения целесообразно выполнять по трехштативной системе. Для этой цели необходимо иметь специальные подставки для отражателя, аналогичные тем, что и у тахеометра. Задача эта решается просто при использовании отечественного тахеометра 3Та5.

При отсутствии подставок к отражателям, у тахеометров SOKKIA и Trimbl, можно использовать отражатели от отечественных светодалномеров для измерения и углов и расстояний (координат), но при установке тахеометра над точкой в этом случае, надо выполнять центрировку заново.

В процессе измерений необходимо вести журнал, в котором отражается графическая информация для каждой точки с указанием способа установки отражателя, его высоты и высоты станции (тахеометра). Значения измеряемых величин (углы, расстояния, координаты) можно записывать в память тахеометра с последующим выводом результатов на компьютер.

На конечных точках приводятся схемы привязки к исходным пунктам (Приложения 3 и 4).

Высотные отметки точек хода целесообразно получать путем нивелирования 4 класса точности.

В порядке исключения отметки точек можно получать и тригонометрическим методом при

выполнении полигонометрического хода.

Измерения углов выполняются одним приемом. Измерения расстояний – в прямом и обратном направлениях.

Результаты записываются или в памяти прибора, с последующим выводом, или в журнал полевых измерений.

### **Камеральная обработка, оформление работ, зачет.**

Камеральная обработка ведется с целью получения плановых координат точек хода и их отметок в специальной ведомости. При координатных определениях сразу составляется ведомость координат, полученных в тахеометре и их уравненные значения (см. приложение 7).

Допустимая относительная невязка хода:

- не хуже 1:5000 (для 2 разряда)
- не хуже 1:10000 (для 1 разряда).

Допустимая угловая невязка вычисляется по формулам:

$$1 \text{ разряда} - 10'' \sqrt{n}$$

$$2 \text{ разряда} - 20'' \sqrt{n}$$

$n$  – число углов, включая примычные.

Отчет о практике включает:

- титульный лист;
- содержание с указанием страниц;
- материальное обеспечение;
- проверки функционирования;
- исходные данные (приложение № 6);
- абрисы;
- ведомость измерений;
- ведомость вычислений;
- каталог координат и высот точек;
- схему полигонометрического хода.

Обработку результатов можно вести на компьютере с указанием программы обработки.



## ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ

### Изучение дешифровочных признаков объектов на аэрофотоснимках.

Дешифрирование снимков - процесс обнаружения, распознавания изображения в специальных условных знаках видимых объектов кадастра (постройки, земельные угодья, ландшафты, нарушенные земли и т.д.). Обнаружение начинается с непосредственного созерцания всего снимка, затем изображение разделяется на всё более мелкие компоненты, а затем выделяются элементарные единицы (объекты и их элементы), которые различаются формой, размером или тоном. Распознавание опирается на прямые дешифровочные признаки, т.е. те свойства объектов, которые непосредственно передаются на снимках и воспринимаются наблюдателем — это форма, размер, тон, тень и рисунок изображения (структура).



На фрагменте аэрофотоснимка изображена часть населенного пункта, кружками отмечены объекты с различными дешифровочными признаками. Определить объект и указать его цифру на снимке:

- 1-имеющий выпуклую, определенную форму и падающую тень;
- 2-имеющий линейную, плоскую форму и белый фототон;
- 3-имеющий неопределенную форму, темно-серый фототон и падающую тень;
- 4-имеющий определенную форму, значительные размеры, падающую тень;
- 5-имеющих прямоугольную форму, собственную и падающую тень.

### Дешифрирование лесных объектов.

Составной частью лесного кадастра является получение сведений о качественном состоянии лесов, в том числе о их породном составе. На аэроснимках различные породы леса распознаются по прямым дешифровочным признакам (см. таблицу).

Объект	Дешифровочные признаки
Еловые и пихтовые леса	Общий тон - тёмный с серыми округлыми «зёрнами» крон и почти круглыми промежутками между ними. Тени выпуклые конусообразные и иглообразные. Диаметры крон изменяются.
Сосновые и кедровые леса	Общий тон - серый, проекции крон - светло-серые округлые, под стереоскопом полушаровидные, яйцевидные, как бы висящие над землёй.
Лиственничные леса	Общий тон - самый светло-серый из хвойных пород. Тени вытянутые к вершинам в форме треугольника или эллипса с зубчиками.
Берёзовые леса	Общий тон - светло-серый (светлее елово-пихтовых древостоев, но

	темнее осиновых), промежутки более тёмные. Тени эллипсообразные.
Осиновые леса	Общий тон - светло-серый (светлее всех других пород). Кроны под стереоскопом кажутся как бы висящими над землёй, слабовыпуклые.
Дубовые леса	Общий тон - серый, проекция кроны имеет извилистый контур, промежутки между кронами - тёмно-серые. Тени неправильные, с тупой вершиной.
Угнетённые низкорослые леса	Отличаются меньшей высотой (до 6м), мелкой зернистостью фотоизображения. Между проекциями кроны просматривается наземная растительность.
Поросль леса (посадки леса)	На снимке имеют одинаковую высоту (до 4 м) и густоту, часто правильные ряды и резкие границы. Структура фотоизображения - мелкозернистая. Узкие полосы защитных лесонасаждений. Характерные параллельные серые и тёмно-серые полосы, соответствующие кронам деревьев и их теням.
Редколесье	Редкозернистая структура изображения, расстояния между деревьями (5-7 кроны), отчётливо видны тени каждого дерева и просматривается наземная растительность.
Кустарники	Мелкозернистая структура изображения, серый и тёмно-серый тон, падающие тени небольшие, контуры обычно округлой формы.
Гари	Пятна с редкими извилистыми границами, вклинивающиеся в лесной массив. Тон серый или светло-серый. На границе с гарями древостой часто разреженный, сухостойный, тон - светло-серый.
Вырубки	Светлые пятна геометрически правильной формы, хорошо выделяющиеся среди лесного массива. Заметны брёвна, кучи хвороста, расположенные равномерно.

На фрагменте аэроснимка указать цифрой площадь в пределах которой:

- 1-распространены хвойные насаждения;
- 2-развивается поросль (молодые посадки) смешанного леса;
- 3-растут возобновленные лиственные насаждения;
- 4-произрастает смешанный лес.



Объекты лесного кадастра

### **Дешифрирование ландшафтов.**

Каждой природной зоне соответствует определённый тип ландшафта тундровый, таёжный и т.д. все ландшафты различаются рисунком, который состоит из различных типов контуров.

Все ландшафты дешифрируются по характерному рисунку аэрофотоизображения - набору форм, размеров, тонов и их взаимному расположению и сочетанию. Используя терминологию из

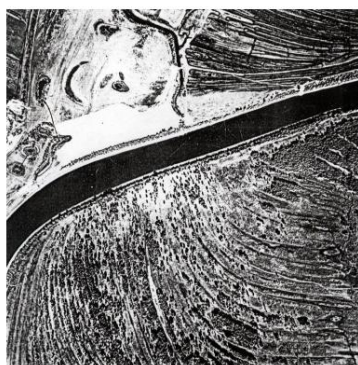
морфографической классификации рисунков аэрофотоизображения ( раздел «Дешифрирование ландшафтов для кадастра»), выбрать наиболее подходящее определение рисунка АФИ ландшафтов, изображённых на фрагментах снимков.



Лесная зона; болотообразовательный процесс, лес, грядово-мочажинное болото.

Рисунок АФИ:

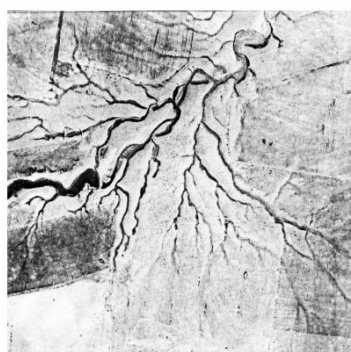
- концентрически полосчатый;
- мозаичный;
- пятнистый;
- сложно-тенистый;
- точечный.



Лесная зона, флювиальные процессы; прирусловые валы и понижения в пойме крупной реки.

Рисунок АФИ:

- дугообразный полосчатый;
- прямолинейный;
- кольцеобразный;
- веерообразный;
- мозаичный.



Степная зона, флювиальные процессы; потяжины, промоины, овраги, река.

Рисунок АФИ:

- линейно-искривленный, древовидный;
- линейный;
- дугообразный;
- полосчатый;
- решетчатый, линейный.

### **Дешифрирование земельных участков в сельских населённых пунктах и межселенных территориях для земельного кадастра.**

Дешифрирование земельных участков в сельских населённых пунктах является составной частью работ в системе государственного земельного кадастра. На фрагменте аэрофотоснимка изображена часть земель сельского населённого пункта. Указать какой цифрой обозначены части земельных участков землевладельцев: огороды и сады. Выполнить дешифрирование фрагмента снимка используя условные знаки масштаба 1:2000.



### **Дешифрирование сельскохозяйственных угодий.**

Дешифрирование производится для получения сведений о сельскохозяйственных угодьях (местоположение, характеристика контуров), которые должны быть учтены при землепользовании и подлежат государственному земельному кадастру. Основные объекты: пашни, залежи, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, земли непригодные или мало пригодные для использования, на которых необходимо проведение культурно-технических мероприятий (расчистка, раскорчевка, уборка камней и т.п.). Перечисленные угодья по-разному изображаются на аэроснимках и приурочены к различным природным и антропогенным объектам. На аэроснимке выделить контуры сельскохозяйственных угодий (сплошной линией

желтого цвета) и подписать: 1. пашня; 2. сенокос; 3. залежь; 4. многолетние насаждения (сады и огороды) Показать также контур леса и лесополосы.



### Дешифрирование нарушенных земель.

Наиболее распространенный тип нарушенных земель – карьерно-отвальный, который образуется при геологоразведочных работах и разработке месторождений природных ископаемых. Все типы нарушенных земель имеют четкие дешифровочные признаки на аэро- и космических снимках и многие изображаются на топографических планах и картах специальными условными знаками.

Объект	Дешифровочные признаки	Количественные и качественные признаки
Карьеры (вытянутые, трапециевидные)	Определенная геометрическая форма, собственные и падающие тени стенок, следы разработки, в основном серый тон.	Продукт добычи, форма, глубина, площадь поверхности
Отвалы (конические, веерные)	Определенная геометрическая форма, собственные и падающие тени (для терриконов), пятна сегментной формы с веерообразным рисунком, серый тон с ограничивающей белой и черной полосой.	Форма, высота, площадь основания, объем
Участки подтопления	Неопределенной геометрической формы, пятно с извилистым контуром, вкрапления деревьев, суши, пятнистый рисунок темно-серого тона.	Площадь
Участки с нарушенным растительным покровом	Неопределенная геометрическая форма, падающие тени от редких деревьев, неоднородный рисунок темно-серого и серого тона.	Площадь
Котловины (сухие; с	Неопределенной геометрической формы,	Форма, площадь

водой)	пятно с извилистым контуром, рисунок однородный, темно-серого тона, почти черный тон	
Дороги, подъездные пути	Вытянутая геометрическая форма (длинная полоса), светлый почти белый тон	Ширина, вид покрытия

Используя описание дешифровочных признаков перечисленных объектов, указать их цифрой на снимке.

### Изображение нарушенных земель на аэроснимке



### Дешифрирование городских земельных участков различных по виду землепользования.

Оперативная и объективная информация о городских землях может быть получена с аэроснимков. На фрагменте аэроснимка изображена часть города. Используя прямые и косвенные дешифровочные признаки определить и обозначить цифрами и выделить контур земельных участков:

- 1-жилых домов;
- 2-улиц, переулков;
- 3-автобусных парков;
- 4-под реками;
- 5-набережных;

6-туристических пристаней и водных вокзалов;  
7-городской инфраструктуры (дворы);  
8-резерва.



## **СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ОБРАБОТКА СНИМКОВ НА ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЦНИИГАиК**

### **Внутреннее ориентирование снимков**

Измерения КМ выполняют либо с использованием коррелятора, либо вручную. Для измерения КМ с использованием коррелятора необходимо задать эталон каждой из КМ. Вначале программа автоматически отображает первую КМ на первом снимке первого (верхнего) маршрута.

Номер снимка указан вверху окна Навигатор. На экране (если перед Меню ⇒ Вид ⇒ Номера стоит галочка) рядом с КМ ставится её обозначение в виде FM-№, где № — номер КМ в порядке, заданном в файле фотокамеры. Номер КМ указан вверху Окна режимов. При неудовлетворительном качестве изображения КМ можно перейти на любой снимок блока, перемещаясь по Схеме блока в Навигаторе, и выбрать для эталона качественное изображение КМ. Задание эталона выполняется следующим образом. Примерно наведя измерительную марку на выбранную КМ, нажимают клавишу Z. Лупа Zoom переместится на КМ, и она будет видна с установленным на лупе увеличением. Наведя 24 марку на центр КМ, нажимают ЛКМ. В результате создаётся эталон КМ, и на экране появляется окно Автоизмерение меток, где нужно поставить точку перед желаемым объёмом измерения снимков. По умолчанию точка стоит перед словами Весь блок.

Автоизмерение меток. Применить на Весь блок. Активный маршрут (текущий) Остаток блока (оставшиеся снимки в блоке) Остаток маршрута (оставшиеся снимки в маршруте). Ок Cancel (отменить).

После выбора соответствующего пункта произойдёт автоматическое измерение первых КМ на выбранных снимках блока. Если коэффициент корреляции на первую КМ некоторых снимков окажется меньше 0,7, то имеется возможность измерить КМ в ручном режиме (в Окне режимов нажать белую кнопку), т.е. с принудительной регистрацией координат.

В этом случае коэффициент корреляции будет равен 1. При положительных результатах измерения первой КМ программа автоматически переходит на изображение второй КМ, а затем и последующих. Процесс измерения координат второй и последующих КМ аналогичен процессу измерения первой КМ. После измерения последней КМ программа автоматически перейдет к выполнению процесса Измерение точек сети. Если этого не произошло, следует в Анализаторе блока просмотреть результаты измерения КМ и перемерить КМ, на которых результаты превышают допустимые значения. После получения положительных результатов в Окне режимов нажать кнопку Go.

### **Измерения точек сети.**

В ходе измерения точек сети выполняется задача взаимного ориентирования снимков с целью построения моделей участков местности (объекта) в пределах стереопар. Для этого измеряются точки стереопары в шести стандартно расположенных зонах. Порядок работы следующий.

После измерения КМ на экране появляется окно Разметка точек, где в разделе Выбор точек нужно указать режим измерения точек: Автоматический или Ручной.

В Автоматическом режиме измерение точек снимков осуществляется последовательно в шести стандартных зонах. Поскольку положения 25 точек определяются автоматически с помощью коррелятора, возможно попадание измерительной марки на крыши домов, вершины



деревьев и другие объекты, что вынуждает выполнять редактирование измерений вручную. Этот режим не рекомендуется для широкого использования.

Его можно использовать, если предварительно промаркировать точки, которые предполагается включить в сеть. Порядок работы при Ручном измерении точек снимков, как основном режиме, изложен ниже.

В разделе Число точек в каждой зоне нужно указать количество (в программе предусмотрено от 1 до 10) измеряемых точек в каждой стандартной зоне. Целесообразно измерять 2–3 точки в каждой зоне.

При измерении по две точки в каждой зоне точность построения модели повышается на 50%. Измерение по три точки даёт дальнейшее небольшое (10–15%) повышение точности. Измерение большего числа точек нецелесообразно, т.к. увеличивается время на измерения и вычисления точек. Кроме того, возрастает процент измерений точек с погрешностями, увеличивается время на их поиск и повторное измерение.

В разделе Межмаршрутная связь нужно указать, какая она будет: Одинарная, Двойная или её Нет, т.е. сеть одномаршрутная. Одинарная связь обеспечивается переносом в зоне поперечного перекрытия снимков связующих точек с верхнего маршрута на нижний. Но эти точки не будут дублированы точками нижнего маршрута. Двойная связь подразумевает дублирование связующих точек на нижнем маршруте. В результате в верхних зонах снимков нижнего маршрута образуется двойное количество связующих точек. Это обеспечивает более надежную связь между смежными маршрутами вне зависимости от их сдвига.

Если есть измерения координат центров проекции снимков, выполненные с помощью Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС — Россия или NAVSTAR GPS — США), то нужно поставить галочку перед словами Использовать данные GPS.

Выполнив в окне Разметка точек указанные выше действия, нажать Ок, и на экране появятся центральная зона первого снимка верхнего маршрута и краевые зоны соседних снимков. На каждый из снимков программа автоматически наносит примерно в стандартных зонах номера точек. При этом номера изображаются в следующем формате: №-ZNN, где

№ — номер снимка, на котором точка располагается в центральном ряду,

а ZNN — номер точки, в котором первая цифра Z обозначает номер зоны

на снимке: 0 — центральная, 1 — верхняя, 2 — нижняя. Оставшиеся две цифры NN задают номер точки в зоне: 00 — для первой точки, 01 — для второй точки и т.д. до десяти. Например, на снимке 61 (рис. 4) в каждой 26 зоне расположены две точки. Следовательно, в центральной зоне будут стоять номера 61–000, 61–001, в верхней зоне 61–100, 61–101 и в нижней зоне 61–200, 61–201.

Прежде чем регистрировать точку, нужно проверить согласование перечисленной ниже информации, изображаемой на экране. Несогласованность данных приведёт к регистрации точек не на своих местах и под другими номерами.

Номер снимка указывается сверху окна Навигатор.

Номер точки указывается сверху Окна режимов. Зона расположения точки на снимке указывается в Навигаторе квадратом с крестообразными линиями.

Измерения выполняются только по точкам центрального ряда каждого снимка в порядке их нумерации, начиная с первой (центральной) точки первого снимка верхнего маршрута, и продолжают слева направо вдоль маршрута, а затем сверху вниз до последнего снимка нижнего маршрута.

Перед началом измерений снимки нужно разместить на экране так, чтобы были видны одинаковые участки местности на соседних снимках.

Это необходимо для проверки правильности регистрации точек на этих снимках. Для этого необходимо установить марку-стрелку на снимок, нажать клавишу Shift (на экране появится изображение руки) и, удерживая клавишу, перемещать «мышкой» выбранный снимок до тех пор, пока соответственный участок не появится на экране. При перемещении снимка, на котором будет регистрация, вместе с ним смещаются соседние снимки. Перемещение каждого из соседних снимков происходит независимо от остальных.

Просматривая центральный и соседние снимки, выбирают чёткий контур. На центральном снимке наводят марку на этот контур и выполняют регистрацию точки нажатием ЛКМ. Программа автоматически отыщет на смежных снимках этот же контур и установит его номер. Если при визуальном контроле не возникает сомнения в правильности корреляции, то нажатием кнопки Go в Окне режимов переходят к измерению следующей точки, номер которой появится над Окном режимов. Если марки установились на разных контурах, нужно выбрать новый контур.

Процесс повторного измерения точки заканчивается после достижения качественного коэффициента корреляции на всех соседних снимках. Если программа по каким-то причинам всё же не произвела отождествление точки на соседнем снимке, то это можно выполнить в принудительном порядке. Марку устанавливают точно на измеряемую точку на центральном снимке, нажимают вначале клавишу Alt, а затем ЛКМ. Марка-крест превратится в стрелку. Удерживая обе клавиши, перенести стрелку на визуально определённое местоположение измеряемой точки на соседнем снимке. Отпустить вначале ЛКМ, а затем клавишу Alt, и происходит регистрация точки. В этом случае показатель корреляции на данной точке будет равен 1,0.

После окончания измерения точек центрального ряда и нажатия кнопки Go в Окне режимов происходит автоматическое перемещение на центральный ряд точек следующего снимка, и так до конца маршрута.

После выполнения измерений на первом маршруте происходит автоматическое включение в работу второго маршрута. Марка перемещается в центр первого снимка второго маршрута и т.д. По окончании измерения точек, расположенных в стандартных зонах всех снимков, и после нажатия кнопки Go на экране появится сообщение Блок завершён. Нажать Ок. В дальнейшем имеется возможность произвести перемер и домер фотограмметрических и опорных точек в моно- или стереорежиме.

### **Удаления и добавления точек**

В Анализаторе блока нужно выделить точку, измеренную с превышением допуска, а затем в разделе Правка выбрать вариант удаления:

1) на центральном снимке, 2) на всех снимках, 3) избирательно. В последнем случае высвечивается пиктограмма с номерами снимков, на которые попадает данная точка. Необходимо выделить снимок, с которого нужно удалить точку, и нажать Ок. Для добавления точек в режиме Моно нажать Меню ⇒ Правка ⇒

Добавить, после чего на экране высветится пиктограмма добавления точек. Далее следует указать тип добавляемой точки из списка: фотограмметрическая, опорная, контрольная, специальная. При выборе фотограмметрической точки в окне Номер автоматически высветится её номер в соответствии с зоной, где она должна располагаться. Этот номер изменить нельзя. Для других точек в этом окне нужно указать её номер. Также необходимо указать номера снимков, на которые должно выполняться добавление. Если точка добавляется в верхнюю часть нижнего маршрута, желательно запретить корреляцию наверх. Данная установка сохранится до её

отмены. Далее следует нажать кнопку **Ок**, после чего программа автоматически расположит шаблон добавляемой точки в центре зоны активного снимка. Этот шаблон необходимо «мышкой» перетащить на место нахождения добавляемой точки на центральном снимке, т.е. зарегистрировать точку в точном её местоположении. При фиксации положения точки в данном месте будет выполнена корреляция изображения и регистрация координат точки на всех снимках, куда она попадает, а также высвечивается окно Анализатор блока с погрешностями измерений этой точки.

### **Стереозамеры точек**

Стереорежим используется для измерения, контроля и уточнения положения опорных и фотограмметрических точек. В стереорежим можно переходить после измерения в монорежиме не менее пяти точек на каждой стереопаре, что обеспечивает определение её элементов взаимного ориентирования. В стереорежим переходят нажатием кнопки **Stereo** с указанием правого снимка стереопары в окне **Схемы** блока. Взаимное расположение обрабатываемых стереопар показывается на **Схеме** блока, при этом снимок, считающийся основным, выделен более темным цветом. После измерения точки нажать клавишу **Esc**, а для работы на следующей стереопаре нажать клавишу **Alt** и кнопку **Stereo**.

Измерения опорных и фотограмметрических точек в стереорежиме выполняются путем наведения измерительной марки на выбранную точку и регистрации её положения, после чего на экране возникает таблица добавления точек, где задаётся номер измеряемой точки и высвечиваются номера снимков, на которых будет производиться корреляция. Необходимо оставить активными снимки, на которых надо коррелировать данную точку. Данная установка сохраняется до её отмены. Наведение марки на точку выполняется с помощью «мышки».

При этом координата **Z** изменяется вращением колёсика «мышки» или смещением «мышки» влево-вправо при нажатой клавише **Ctrl**.

После выполнения стереозамеров программа автоматически переходит из стереорежима в монорежим и даёт возможность просмотреть результаты корреляции на всех перекрывающихся снимках с помощью разворачивающегося на экране окна Анализатор блока.

Измеренные в монорежиме точки можно проверить в стереорежиме и подправить их положения по высоте. Выполняется это следующим образом. В Анализаторе блока выделяют строку с перемеряемой точкой.

На экране появляется участок снимка с данной точкой. Её номер будет указан жирными цифрами. В Окне режимов нажать кнопку **Stereo** и произвести стереоскопическое наведение марки на точку. После регистрации измерения нажатием ЛКМ происходит выход в Монорежим.

Корректировка измерений точек в плане и по высоте на соседних стереопарах и маршрутах выполняется следующим образом.

Для корректировки измерений точек по высоте в предыдущей стереопаре используется режим, включаемый нажатием кнопок **Alt+Stereo**. Предварительно в **Схеме** блока нужно выделить правый снимок измеряемой стереопары. Выполнив измерение точки, нажать клавишу **Esc**.

Режим **Ctrl+Stereo** организован для стереоскопического отождествления точек в поперечном перекрытии, при этом первоначально они должны быть измерены в монорежиме, а в стереорежиме только подправлены по высоте. Нужно указать на снимок нижнего маршрута, программа сама выберет для стереоскопического измерения снимок с верхнего маршрута. Уточнение взаимного положения точек проводится так же, как при переизмерении точки, т.е. на верхнем маршруте точка остается твердо привязана и открепляется только на нижнем, при этом

корреляция на изображение точки нижнего маршрута не выполняется. Стереоскопическое наблюдение необходимо выполнять точно в соответствии снимок (точка) сверху — снимок (точка) снизу, сколько бы раз точка ни повторялась.

### **Поиск грубых погрешностей**

После измерения всех точек проекта имеется возможность просмотреть полученные результаты, запустив команду Правка ⇒ Поиск ошибочных точек. На экране развернутся окно Анализатор блока и окно с номером точки, имеющей значение, выходящее за допуск. Есть возможность пропустить (проигнорировать) имеющуюся на данной точке погрешность, нажав кнопку Ignore. После этого появляется погрешность на следующей точке, и так продолжается до тех пор, когда будет нажата кнопка Ok. Если нужно перемерить или удалить какую-то точку, то нужно сразу нажать Ok.

Имеется возможность просмотреть результаты измерений с помощью двух панелей Анализатора блока. Перемещая марку по левой части панели Анализатора и перебирая номера снимков, проанализировать величины погрешностей на измеренных точках, изображаемых в правой части панели. Наиболее грубые результаты в каждой колонке обеих таблиц выделены тёмным фоном ячейки, что облегчает их поиск. 30

При перемещении марки на точку, вышедшую за пределы допуска по каким-либо параметрам, программа автоматически переместит изображения снимков и установит измерительную марку на точку на центральном снимке, сделав тем самым её активной (точка выделится квадратом). Нажатие ЛКМ приведёт к перемеру этой точки. Одновременно выполнится пересчёт величин погрешностей измерений на текущей стереопаре и обновление таблицы Анализатора блока. Можно перемерять точку многократно до получения удовлетворительных результатов.

Точки, имеющие нулевую корреляцию, подлежат обязательному удалению или повторному измерению. В случае, когда окно Анализатор блока закрывает изображение необходимой точки, следует после выделения точки свернуть Анализатор блока и произвести измерение.

На этом завершается этап измерения точек сети и их корректировки. Однако корректировку результатов измерений можно и целесообразно выполнять с использованием программы построения и уравнивания сети PhotoCom. Хотя результаты измерений автоматически поступают в эту программу, в Меню имеется команда Файл ⇒ Экспорт измерений в PhotoCom. Поэтому перед дальнейшей работой подать эту команду.

### **Построение и уравнивание сети фототриангуляции с помощью программы Photocom**

Запуск программы Photocom производится нажатием кнопки Меню фототриангуляции ⇒ PhotoCom. Появится Контекстное меню: Контроль связей, Интерактивное уравнивание, Уравнивание блока, С опорными точками, С центрами проекции, Отдельные маршруты. Программа Photocom позволяет работать в двух режимах: диалоговом и пакетном. Интерактивное уравнивание выполняется в диалоговом режиме, который позволяет оператору контролировать вычислительный процесс, изучая появляющиеся на экране таблицы и графики. Завершается процесс созданием протокола уравнивания, но составление каталога координат точек уравненной сети и элементов внешнего ориентирования снимков не производится. Контроль связей и Уравнивание блока выполняется в пакетном режиме, при котором на экране не демонстрируется ход вычислительного процесса, а на экран выводятся конечные результаты.

Рекомендуется первое вычисление по программе Интерактивное уравнивание произвести без подключения опорных точек, т.е. построить и уравнять свободную сеть фототриангуляции. Для этого в Контекстном меню не надо ставить галочки у С опорными точками, С центрами проекции. Затем перед запуском программы Уравнивание блока подключить измерения опорных

точек (координаты центров проекции) и выполнить внешнее ориентирование и окончательное уравнивание сети фототриангуляции.

Особенностью вычислительного процесса по программе Photocom является то, что при каждом его запуске вычисления начинаются сначала, а результаты предыдущих вычислений игнорируются.

Нажатие кнопки Контроль связей выводит на экран Анализатор блока, но в отличие от описанного в п. 4.4 (рис. 3) он состоит не из двух, а из трёх колонок (рис. 5). Колонка слева Все точки содержит все точки сети и погрешности на каждой из них по коллинеарности DCol, в плане DXY и по высоте DZ.

Эта колонка заполняется после выполнения уравнивания сети. Следовательно, можно не использовать кнопку меню фототриангуляции Сервис ⇒ Анализатор блока для корректировки измерений точек сети, изложенную в предыдущем параграфе, а выполнить её с помощью программы Photocom. Выполнив корректировку измерений точек сети, переходят к уравниванию, нажав Меню ⇒ Photocom ⇒ Интерактивное уравнивание. На экране появляется окно с указанием числа маршрутов и снимков в блоке, а также идёт отсчёт времени выполнения операций с начала запуска процесса. Кроме того, имеются надписи Процесс уравнивания активен и Ждите завершения программы PhotoCom. Если нужно остановить уравнивание, то имеется кнопка Завершить PhotoCom. Вслед за этим окном на экране возникает окно Построение и уравнивание фототриангуляционной сети, где в графическом виде демонстрируется последовательность выполнения вычислительных процессов от начала (beg) до конца (end). Эллипсами изображены программные модули, которые окрашиваются в разные цвета в зависимости от задействованности в данный момент в вычислительном процессе. Зелёным цветом светится работающий модуль, синим — отработавший, жёлтым — не вступавший в работу. Эллипсы соединены линиями, которые по Все точки Снимки ( 0 ) Точки ( 0 )

Point DCol DXY DZ Photo Inn Rel Tie K Point PX PY/Rel Tie DX DY DZ K

казывают, куда идёт передача данных. Однако основное назначение схемы — появляющимися изменениями показать, что вычислительный процесс идёт.

Одновременно со схемой появляется окно с вопросом Нужно ли протоколировать этап построения маршрутных сетей? Yes/No.

После нажатия кнопки Yes на экран будут выводиться таблицы и схемы, дающие пояснения результатов, полученных на данном этапе. Для перемещения между таблицами и схемами служат расположенные на них кнопки с надписями, назначение основных приведено ниже.

Cancel — прервать вычислительный процесс и закрыть программу.

Help — вызвать справочную информацию.

Ignore — проигнорировать результаты вычислений для данного маршрута и перейти к вычислениям следующего.

Retry — повторить построение и уравнивание маршрута.

Next — перейти к следующей таблице или схеме.

Back — возвратиться к предыдущей таблице или схеме.

Text — открыть таблицу с текстовыми данными.

Graph — открыть схему с графическим представлением данных.

Photos — показать схемы снимков с расположенными на них точками и имеющимися на них погрешностями.

Abort — прекратить вычисления.

Кроме того, на таблицах и схемах имеются другие элементы управления.

При нажатии кнопки No, если в Контекстном меню Photocom не была поставлена галочка у С опорными точками, то на экран будут выводиться результаты построения и уравнивания свободной сети. Если опорные точки (центры проекции) были подключены, то будут демонстрироваться результаты предварительно геодезически ориентированного блока с выводом на экран предварительного каталога и полученных погрешностей. После выполнения Интерактивного уравнивания в Контекстном меню нажать Уравнивание блока. Полученные результаты будут переданы в процесс окончательного внешнего ориентирования и уравнивания блока. На экране возникает таблица Опорные точки, являющаяся каталогом координат на все точки блока. После нажатия Ok на экране появится таблица Результаты ориентирования, содержащая номера снимков на весь блок и информацию, относящуюся к конкретному снимку: количество точек на снимке и среднюю квадратическую погрешность их измерений.

Далее необходимо нажать PhotoCom ⇒ Контроль связей. На экране развернётся Анализатор блока, в котором в левой колонке будут величины погрешностей коллинеарности и координат для каждой точки сети. У точек, измеренных на одной стереопаре,  $dX=dY=dZ=0$ .

Результаты ориентирования на весь блок записываются в файл \*.tmf (triangulation measurements file), который сохраняет измеренную и отредактированную информацию во внутреннем формате.

Для того чтобы можно было выполнять дальнейшую обработку стереопар, входящих в сеть, с целью получения информации о контурной и высотной составляющих местности или какого-то объекта, нужно сохранить элементы внешнего ориентирования снимков. Для этого нажать

Файл ⇒ Сохранить ориентирования... появится таблица с результатами ориентирования: количество снимков, количество точек на каждом из них и средние квадратические погрешности. Элементы ориентирования будут записаны также в файл Models.ini, что позволит перейти к векторизации контуров и рельефа по отдельным стереопарам. Затем нажать Файл ⇒

Экспорт элементов ориентирования. В появившейся папке Сохранение в окне Имя файла указать имя файла с расширением \*.ogf и нажать Сохранить. В результате будет сформирован файл в текстовом формате с элементами внешнего ориентирования снимков.

## **СБОР (ВЕКТОРИЗАЦИЯ) КОНТУРОВ И РЕЛЬЕФА ПО СТЕРЕОМОДЕЛИ**

### **Вход в Меню сбора**

В Главном меню (рис. 2) нажать кнопку Сбор. На экране монитора появится Меню сбора, состоящее из двух рядов кнопок.

Под Меню сбора расположено растровое окно, а справа от него или под ним — Инструментальная панель сбора и редактирования.

Файл Правка Вид Вставка Группа Карта Растр Сбор Орто ЦМР Сервис GPS Окно Помощь  
Кнопки с рисунками и всплывающими подсказками

Сбор Правка Инфо Список

Разное положение Инструментальной панели определяется способом наблюдения снимков (см. п. 1.3): Моно или Стерео (очки или стереоскоп). При работе в режиме Моно или Стерео с очками Инструментальная панель сбора и редактирования располагается справа от растрового окна. При режиме Стерео со стереоскопом эта панель располагается под растровым окном. Если часть панели уходит вниз за экран, то навести горизонтальный штрих марки-креста на её верхнюю границу, нажать ЛКМ и, удерживая её, поднять эту границу.

Формирование файла цифровой карты (плана)

В начале работы нажать Файл ⇒ Создать. На экране монитора появится одна или две рамки в зависимости от выбранного режима наблюдения снимков.

Нажать Карта ⇒ Свойства. В появившейся таблице переход по окошкам выполняют нажатием клавиши Tab (табулятор) или перемещают марку «мышкой». Вначале в окошке под названием Параметры карты указать знаменатель масштаба создаваемой карты (плана). Для этого нажать на кнопку с треугольником. Появятся значения знаменателей масштабов от 500 до 1 000 000. Навести стрелку на нужное число и нажать ЛКМ.

Далее необходимо задать форму внутренней рамки создаваемой карты (плана): прямоугольник или трапеция. Если рамка имеет форму прямоугольника, то перед надписью Прямоугольная в окошке должна стоять «галочка». Если внутренняя рамка имеет форму трапеции, то перед надписью Прямоугольная «галочка» не должна стоять.

Если внутренняя рамка прямоугольная, то указать её ширину и высоту в миллиметрах (их значения появляются после нажатия на кнопки с треугольником). Далее нужно записать значения координат X и Y левого нижнего угла рамки. Координаты должны быть в геодезической системе координат, т.е. левой, в которой X направлен на север, а Y — на восток. После этого в окошке внизу автоматически запишутся координаты четырёх углов рамки. Редактировать их значения в окошке нельзя, поэтому они указываются серым цветом.

Если внутренняя рамка карты (плана) имеет форму трапеции и известна номенклатура, то записать её справа от слова Имя и нажать кнопку с рисунком Глобус и счёты. Координаты углов рамки будут рассчитаны и записаны в окне Координаты углов рамки.

Если известны координаты углов рамки, то в окошке под словами Координаты углов рамки записать эти координаты столбиком с учётом, что прохождение углов идет по ходу часовой стрелки. Против слова Datum указать систему координат из списка, который открывается после нажатия на кнопку с треугольником. В окне Точность координат из списка выбрать число знаков после запятой: от нуля до четвёртого знака или Максимум.

Нажать клавишу Ok. На экране монитора рамка (рамки) исчезает(ют).

Нажать Вид ⇒ Показать всё, и на экране снова появится рамка или две рамки.

Составленную информацию сохранить в Рабочей папке: Файл ⇒ Сохранить как.

Результаты сбора (векторизации) лучше записывать не в одном файле, а в нескольких файлах по слоям: строения, дорожная сеть, гидрография, рельеф и другие. В этом случае в Имени файла нужно поставить название слоя, который будет записан в данном файле. Количество файлов студент может выбрать сам. В конце работы эти файлы нужно объединить в один файл, в имени которого поставит слово карта. Далее в тексте даётся описание работы для варианта из четырёх файлов: для контуров, ЦМР, горизонталей и карты.

Нажать клавишу Сохранить, и вверху экрана появится имя файла и дорожка, указывающая, где он хранится.

На последующих занятиях после загрузки программы нажать Файл ⇒ Открыть. Открыть собственную Рабочую папку, а в ней выделить имя нужного файла и нажать Открыть.

После открытия файла нажать Меню ⇒ Растр. В появившемся Контекстном меню, если обрабатывается стереопара, нажать на слово Стерео, слева от которого появится галочка.

Далее поочередно нажать Растр ⇒ Открыть левый снимок и Растр ⇒ Открыть правый снимок. В папке Images найти папку с нужными снимками и указать их. В результате на экране появятся снимки. При использовании очков виден только левый снимок, а правый расположен за ним. Он будет виден при включении Стереорежима. При использовании стереоскопа снимки располагаются рядом. Если наблюдается обратный стереоэффект, то нужно снимки поменять местами (Растр ⇒ Поменять).

Если стереопара охватывает площадь большую, чем трапеция карты, то на снимках будет видна внутренняя рамка карты (плана), в пределах которой нужно провести векторизацию контуров и рельефа.

## **ПОСТРОЕНИЕ И ОРИЕНТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ПО ОДИНОЧНОЙ СТЕРЕОПАРЕ**

### **Внутреннее ориентирование снимков**

При обработке фотоснимков, полученных цифровыми фотокамерами, процесс Внутреннее ориентирование не выполняется, т.к. координаты точек цифрового фотоснимка уже записаны в файле фотокамеры. Для аналоговых фотоснимков процесс Внутреннее ориентирование выполняется в следующем порядке. В Главном меню нажать кнопку Модель. Появляется Меню с разделами: Внутреннее ориентирование, Взаимное ориентирование, Внешнее ориентирование. Вход в каждый раздел происходит после наведения стрелки на его название и нажатия ЛКМ. После выполнения каждого процесса происходит выход в Главное меню. Поэтому нужно каждый раз нажимать кнопку Модель, а затем надпись с названием следующего процесса.

Задачей процесса является определение элементов ориентирования системы координат снимка, закреплённой координатными метками, относительно системы координат сканера и вычисление координат точек снимка в системе координат снимка с началом в его центре проекции. После входа в раздел появляется таблица Параметры внутреннего ориентирования, в верхней части которой нужно указать номера левого и правого снимков стереопары или номер одиночного снимка (в строке Левый снимок), а также название фотокамеры. В разделе таблицы Режим ориентирования, если обрабатывается стереопара, то нужно поставить точку перед словом Стереопара. Если обрабатывается один снимок, то точку нужно поставить перед словами Одиночный снимок.

В разделе Стадия, если измерения выполняют первый раз, то точку ставят перед словами Начать ориентирование, а, если измерения повторяют, то — перед словом Продолжить. Перед словами Развернуть на 180 гр. галочку ставят только в том случае, если обрабатываются два и более маршрутов и при аэросъёмке при переходе на следующий маршрут фотокамера не была развёрнута на 180°. После слов Метод ориентирования в окошке нужно установить Аффинное преобразование.

Перед словом Автоматически стоит «галочка». Это означает, что процесс будет выполнен в автоматическом режиме после нажатия кнопки Выполнить. Однако этот режим можно использовать только в случае, когда изображения всех координатных меток на снимке получились чёткими. В противном случае процесс, начавшись, остановится или полученные результаты будут не качественными. Если изображения координатных меток нечёткие, то галочку перед словом Автоматически нужно снять. После нажатия кнопки Выполнить на левой и правой половинах экрана появляются участки левого и правого снимков с изображениями координатной метки № 1. Установив увеличение снимков, форму (лучше крест) и цвет (лучше жёлтый) марок, приступают к измерению координатных меток. Наводят левую марку на метку № 1 на левом снимке.

Нажав клавишу Ctrl и удерживая её, наводят правую марку на метку № 1 на правом снимке. Это наведение можно выполнить автоматически. Для этого нужно примерно навести марку на метку, отпустить клавишу Ctrl и нажать клавишу Home. Завершив наведение марок на метки № 1, регистрируют результат нажатием ЛКМ. Появляются метки № 2. Наведение марок на них и последующие метки производят аналогично.

По окончании измерения координатных меток результаты появляются в таблице, поднимающейся снизу вверх. Если не вся таблица поднялась, то наводят стрелку на верхнюю



границу таблицы. При этом стрелка преобразуется в две горизонтальные черты со стрелками вверх и вниз. Нажав и удерживая ЛКМ, поднимают границу до тех пор, пока появятся все строки таблицы.

В таблице приведены отклонения измеренных координат координатных меток от их значений, записанных в файле данных фотокамеры, а также значения коэффициентов равномерной деформации вдоль осей  $x$  и  $y$ .

Предельные отклонения измеренных координат меток от записанных в файле фотокамеры не должны превышать размера пикселя, который был установлен при сканировании снимков.

Если нужно перемерить какую-либо метку, то навести стрелку на строку с её номером и нажать ЛКМ. Строка выделится синим цветом, и на экране появится изображение этой метки на обоих снимках. Нажать клавишу Повтор, таблица уйдёт вниз, и метки измеряют так, как описано выше.

Достигнув требуемой точности, нажать кнопку Выход. Появится запрос о сохранении результатов. Нажать кнопку Да, и происходит выход из Внутреннего ориентирования.

### **Взаимное ориентирование снимков — построение модели**

Задачей процесса является построение модели сфотографированного объекта (местности) и вычисление координат измеренных на стереопаре точек в системе координат модели.

Для построения модели необходимо измерить координаты точек, расположенные в стандартных зонах стереопары, а именно в углах рабочей площади стереопары и в районах главных точек снимков (рис. 8). Рабочая площадь стереопары (на рисунке заштрихованная) это центральная часть продольного перекрытия двух снимков, ограниченная линиями, проходящими посередине поперечных и тройных продольных перекрытий.

Левая и правая границы рабочей площади стереопары проходят примерно через центральные точки левого и правого снимков. После входа в раздел Взаимное ориентирование появится таблица Параметры взаимного ориентирования, в верхней части которой указать номера снимков.

Слева под названием Схема поставить точку перед количеством точек, которые будут измеряться: 6, 12 или произвольное количество. Двенадцать точек дают приращение точности примерно на 50%. Если поставить точку перед словом Произвольная, то на экране появится темно-серый прямоугольник. На нем отмечают точки, указывая их примерные положения стрелкой и нажатием ЛКМ. Т.к. прямоугольник имитирует площадь стереопары, а не её рабочую площадь, точки нужно намечать, отступив немного от краёв. Если наметить по три точки в стандартных зонах стереопары, то будут измерены 18 точек, что даст прирост точности ещё примерно на 10–15%. Большее количество точек намечать нецелесообразно. Указав положения точек, нажать кнопку Ок. Справа под названием Стадия, если измерения выполняют первый раз, то перед словами Начать ориентирование поставить точку, или, если измерения повторяют, то точку поставить перед словом Продолжить.

Если перед словами Автоматическое ориентирование стоит «галочка», то процесс будет выполнен в автоматическом режиме. В этом случае после слов Генерировать точек в зоне указать, сколько точек в каждой зоне компьютер должен измерить с помощью коррелятора, а после слов Оставить точек в зоне указать, какое количество наиболее надёжных точек оставить. Целесообразно поставить три точки. Если снимки пониженного качества, то перед словами Автоматическое ориентирование галочку снять, и измерения точек выполнить вручную.

Нажать кнопку Выполнить, и на экране появятся оба снимка, расположенные рядом. Если был задан автоматический режим, то нужно подождать его окончания и вывода на экран таблицы результатов.

Если измерения точек выполняют вручную, то порядок работы будет следующим. На левом снимке выбрать контур, лучше имеющий линейный элемент, параллельный главному базису. Навести марку-крест на этот контур так, чтобы её горизонтальные лучи совпали с линейным элементом контура. Затем, нажав и удерживая клавишу Ctrl, навести марку на правом снимке на этот же контур, стараясь точно совместить её горизонтальные лучи с линейным элементом контура. Небольшое несоответствие вдоль главного базиса в данном случае не играет значения.

Наведение марки на правом снимке можно выполнить автоматически с помощью коррелятора. Наведя примерно правую марку на контур, отпустить клавишу Ctrl и нажать клавишу Home. Марка установится на контур.

После регистрации результата наведения марки на контур компьютер сместит марку на следующую стандартную зону и все операции наведения марки на контуры повторяются.

При наличии стереоскопа можно выполнить измерения точек в стереорежиме. Устранение двоения марки поперёк главного базиса выполняется так же, как описано выше. Опускание марки на поверхность стереомодели выполняется вращением колёсика мышки. Затем зарегистрировать результат наведения марки на контур.

После измерения последней точки появится таблица, в которой указаны остаточные поперечные параллаксы и вычисленная по ним средняя квадратическая погрешность. В [1] указано, что взаимное ориентирование считается выполненным, если среднее значение остаточных поперечных параллаксов не превышает 7 мкм или 0,4 величины пикселя, установленной при сканировании снимков. Т.к. в таблице указана средняя квадратическая погрешность, которая больше средней примерно в 1,25, её значение не должно превышать 9 мкм. В таблице красным цветом указывается максимальный поперечный параллакс. Он не должен превышать предельной погрешности, значение которой определяется путём удваивания (для небольшого количества измерений) средней квадратической погрешности, т.е. 18 мкм.

В связи с тем, что решение идет с использованием метода наименьших квадратов, происходит перераспределение погрешностей измерения между точками. Поэтому, если в таблице красным цветом указан остаточный поперечный параллакс, это ещё не значит, что именно на этой точке была допущена такая погрешность измерения. Для поиска плохо измеренной точки нужно выделить точку с остаточным поперечным параллаксом, имеющим величину, близкую к предельному значению, и нажать кнопку Исключить. После этого будет выполнено вычисление без этой точки. По новым остаточным параллаксам сделать заключение, какую точку нужно измерить повторно. Кнопка Включить позволяет снова включить точку в вычислительный процесс.

Если нажать кнопку Раскладка, то появится схема стереопары с положением измеренных точек и стрелками-векторами, указывающими направление остаточных поперечных параллаксов. Добившись в ходе повторных измерений точек допустимых значений остаточных поперечных параллаксов, закончить взаимное ориентирование, нажав кнопку Выход. Появится запрос о сохранении результатов. Нажать кнопку ДА, и произойдёт выход из процесса взаимного ориентирования.

#### Внешнее ориентирование модели

Задачей процесса является вычисление элементов внешнего ориентирования модели и каждого снимка, а также координат точек, измеренных на модели, в системе координат объекта.

После входа в раздел появится таблица Параметры внешнего ориентирования, в которой вверху нужно указать номера снимков стереопары, а слева под названием Исходные значения нужно записать приближённые значения элементов внешнего ориентирования левого и правого

снимков. Это обеспечит вывод марки примерно в районы расположения опорных точек, записанных в файле опорной информации.

Координаты центров проекции можно определить по координатам опорных точек и высоте фотографирования. Для угловых элементов внешнего ориентирования можно записать нулевые значения. Значение масштаба можно приравнять масштабу съёмки. Если значения элементов внешнего ориентирования левого и правого снимков не устанавливать, то в этом случае первые три опорные точки нужно будет искать с использованием абрисов и измерять самостоятельно в том порядке, как они записаны в файле опорной информации. После измерения этих точек компьютер вычислит примерные значения элементов внешнего ориентирования снимков, что обеспечит автоматическое прохождение по остальным опорным точкам.

Справа под названием Вид съёмки поставить точку против вида съёмки, к которому относятся измеряемые снимки. Для аэрофотоснимков ставят точку рядом со словом Аэрофото. Ниже указывают Метод ориентирования: Стереопара, Одиночный снимок или Два одиночных снимка. Далее в разделе Операция, если измерения выполняют первый раз, то точку ставят рядом со словами Начать ориентирование. При повторных измерениях точку ставят рядом со словом Продолжить. После этого нажимают кнопку Выполнить.

На экране в зависимости от выбранного способа наблюдения стереомодели появятся оба снимка, расположенные либо рядом (при использовании стереоскопа), либо один за другим (при использовании очков).

Над снимками справа имеется окошко и рядом надпись Точки. Если в окошке стоит «галочка», то на снимках будут стоять номера опорных точек и крестики, указывающие их примерное положение. Если «галочки» нет, то её можно поставить, наведя стрелку на окошко и нажав ЛКМ. Это же можно выполнить, нажав ПКМ при наведении стрелки на изображение. В появившемся меню нажать Показать опору. То же самое можно выполнить, нажав вверху Меню ⇒ Точки ⇒ Показать опору.

Если при выполнении процесса нужно сменить каталог опорных точек, то нажать Точки ⇒ Редактировать опору. Появится окно Работа с опорными точками. Справа в верхней таблице выделить все точки и нажать кнопку Очистить. Далее нажать Файл ⇒ Открыть. Появится окно с содержанием папок и файлов комплекса программ ЦФС. Найти файл с требуемым каталогом, выделить его и нажать кнопку Открыть.

Содержание файла появится в нижней таблице. Выделить все или необходимые для данной стереопары точки (нажав на кнопку ID) и нажать на синюю стрелку вверх. Выделить все точки (нажав на кнопку ID) и нажать Файл ⇒ Сохранить.

В Меню ⇒ Управление можно сменить способ наблюдения стереомодели и выполнить реверс стереоэффекта, установив прямой или обратный.

Измерения опорных точек выполняют стереоскопически и в том порядке, как они записаны в файле опорной информации. Номер измеряемой точки указывается в левом нижнем углу после надписи Регистрируйте точку. Для перехода к стереоизмерениям нажать кнопку Захват. Стереоскопическую марку навести на точку в плане и по высоте, учитывая при этом, что при перемещении марки вверх/вниз она будет смещаться в плане. Поэтому окончательное наведение марки на точку в плане нужно выполнить после того, как она опустится на поверхность модели. После регистрации измерения опорной точки (нажатием ЛКМ) происходит переход на следующую опорную точку.

После завершения измерения опорных точек появится таблица, в которой указаны остаточные расхождения между измеренными координатами и их значениями, записанными в файле опорной информации, а также рассчитанные по этим расхождениям средние

квадратические погрешности. Красным цветом указаны максимальные величины. В скобках указаны веса-вклады данного расхождения в среднюю квадратическую погрешность, вычисленную по остаточным расхождениям. В [1] указано, что внешнее ориентирование считается законченным, если на опорных точках среднее значение остаточных погрешностей в плане не превышает 0,2 мм в масштабе создаваемой карты, а по высоте — 0,2 высоты сечения рельефа, установленной для данной карты.

На контрольных точках среднее значение остаточных погрешностей в плане не должно превышать 0,3 мм в масштабе создаваемой карты, а по высоте — 0,3 высоты сечения рельефа, установленной для данной карты.

В таблице красным цветом отмечены максимальные остаточные расхождения. Они не должны превышать величин, равных удвоенным значениям средних квадратических погрешностей. Чтобы их вычислить, нужно средние значения умножить на 1,25, а полученные значения удвоить.

В связи с тем, что решение идет с использованием метода наименьших квадратов, происходит перераспределение между точками погрешностей измерений. Поэтому, если в таблице для точки указано большое расхождение, это ещё не значит, что именно на ней такая погрешность измерения была допущена. Для поиска плохо измеренной точки засветить точку с большим расхождением и нажать кнопку ИсклЮчить. Выполняется вычисление без этой точки. По новым расхождениям делают заключение, какую точку нужно измерить повторно. Кнопка Включить снова включает точку в вычислительный процесс.

Закончив внешнее ориентирование модели, нажать кнопку Выход. Появится запрос о сохранении результатов. Нажать кнопку Да. При нажатии кнопки Отчёт выдаётся протокол внешнего ориентирования. Его можно сохранить в файле и вывести на печать.

Закончив внешнее ориентирование модели, приступают к сбору (векторизации) контуров и рельефа (см. раздел 6).

## **ОРТОФОТОТРАНСФОРМИРОВАНИЕ СНИМКОВ И МОНТИРОВАНИЕ ОРТОФОТОПЛАНА**

### **Формирование цифровой основы ортофотоплана**

Ортофотоплан создаётся с геодезической привязкой. В связи с этим снимки, которые будут использоваться для ортофототрансформирования, должны быть сориентированы в геодезической системе координат: либо в ходе построения сети фототриангуляции, либо в ходе ориентирования отдельных стереопар. Для создания ортофотоплана нажать в Главном меню кнопку Сбор.

Ортофотоплан создаётся либо в пределах листа топографической (кадастровой) карты (плана), либо в произвольной разграфке. Для этого нажать Меню сбора ⇒ Карта ⇒ Свойства, где задать масштаб, размеры, координаты углов рамки ортофотоплана (см. раздел 5.2). Качество получаемых ортофотоизображений зависит от качества ЦМР. В связи с этим при построении ЦМР (см. раздел 5.6) по регулярной или нерегулярной сетке (TIN) нужно путём наложения (вставки) подключать горизонталы, пикеты, не участвовавшие в построении ЦМР, а также контура, лежащие на поверхности. Тем самым будут повышены точность и качество ЦМР.

Порядок создания ортофотоплана следующий.

1. В пределах размера создаваемого ортофотоплана создают пустую матрицу с заданным разрешением: Меню ⇒ Орто ⇒ Создать.... Появляется таблица Создание нового листа ортофото, где в окне должен быть записан адрес расположения растрового файла формата TIF с пустой матрицей ортофотоплана и его имя. Поставить точку, указывающую, в каком цвете будет создан ортофотоплан: цветной (24 bit), ч/б (8 bbit), монохром (1 bit). Необходимо задать Разрешение изображения в виде размера пикселя  $\Delta$  в метрах на местности. Расчёт производится по формуле,

указанной в [1],  $\Delta=0,07M/1000$ , где 0,07 мм — графическое разрешение, соответствующее фотографической разрешающей способности изображения на ортофотоплане или фотокарте не менее 7 л/мм, М — знаменатель масштаба карты (плана, ортофотоплана).

Т.к. растровый файл с пустой матрицей (его размер не должен превышать 4 Гб) имеет геодезическую привязку, он создаётся как GeoTIF и располагается в растровом окне на экране монитора в виде белого (чистого) изображения. В соседнем окне находится соответствующее растровое изображение снимка. Переключение между этими окнами выполняется с помощью закладок с именами их файлов, расположенных над растровым окном слева. Впоследствии созданная пустая матрица будет заполняться трансформированными фрагментами снимков, границы которых намечают на снимках.

### **Создание ортофотоплана по одному снимку**

Если ортофотоплан создаётся по одному снимку, то необходимо выделить внутреннюю рамку, созданную при заполнении свойств карты. Однако эта рамка относится к служебному слою и по умолчанию не может выделяться. В связи с этим войти в Менеджер слоёв, выделить строку Служебный слой и поставить точку перед словом Правка. После этого нажать Ок.

Выделив рамку, нажать Меню сбора  $\Rightarrow$  Орто  $\Rightarrow$  Трансформировать фрагменты. В результате трансформированное изображение заполнит пустую матрицу и будет получен ортофотоплан в пределах внутренней рамки. Можно приступить к векторизации контуров, нанесению надписей и вставке ортофотоплана во внешнюю рамку для полного оформления.

### **Создание ортофотоплана из блока снимков.**

Существуют два режима создания ортофотоплана из блока снимков: ручной и автоматический.

При ручном (пошаговый) режиме выполняется пошаговое создание ортофотоплана. Чтобы соединить соседние снимки, на каждом снимке, установив Шаблон сбора  $\Rightarrow$  Полигон и используя моно или стереорежим, вручную провести посередине зон продольных и поперечных перекрытий линии разреза, выделяя тем самым центральные части снимков. При проведении линий разреза нужно соблюдать следующие требования:

- линейные объекты нужно разрезать под прямым углом;
- нельзя проводить разрез вдоль линии, разделяющей объекты разного тона (темные и светлые);
- нельзя проводить разрез через объекты, имеющие хозяйственное назначение или служащие ориентирами;
- населённые пункты нужно обходить. Если этого сделать нельзя, то разрез лучше провести по широкой улице или огородам;
- линии разреза лучше проводить по пашне, лесным массивам, где нет чётких контуров по обеим сторонам разреза.

Необходимо поочередно открывать снимки (Растр  $\Rightarrow$  Открыть), выделять имеющиеся на них полигоны и нажимать Меню сбора  $\Rightarrow$  Орто  $\Rightarrow$  Трансформировать фрагмент. Внутренние области выделенных полигонов будут трансформированы в ортофотоплан. Процесс продолжается по мере заполнения всего ортофотоплана.

Примечание. Выделенные центральные зоны снимков будут ортофототрансформированы только в том случае, когда они находятся внутри рамки ортофотоплана.

Автоматический (пакетный) режим применяется, если было выполнено построение сети фототриангуляции, что позволяет создать ортофотоплан на весь фототриангуляционный блок. Для выполнения ортофототрансформирования должна быть создана ЦМР на весь блок.

В этом режиме не нужно вручную собирать границы трансформирования на каждом снимке. Программа автоматически выберет центральные зоны снимков, а также уравнивает радиометрические параметры смежных элементов мозаики (коррекция по тону) в процессе ортофототрансформирования. После выполнения ортофототрансформирования полученное ортофотоизображение нарезается на листы ортофотопланов со вставкой в рамки и созданием зарамочного оформления.

### **Коррекция изображения на ортофотоплане**

Команда Меню сбора ⇒ Орто ⇒ Корректировка фрагмента позволяет выравнивать яркости и контрасты фрагментов ортофотоплана, полученных из различных снимков.

Поскольку полигоны, которые ограничивают фрагменты при ортофототрансформировании, переносятся на ортофотоплан, можно производить коррекцию растровых фрагментов по отдельности. При необходимости можно создавать новые полигоны, используя стандартные средства сбора. После выполнения ортофототрансформирования открыть в растровом окне полученный ортофотоплан и нажать Меню сбора ⇒ Вставка ⇒ Разбивка на листы... . Отдельные листы создаются, используя Меню сбора ⇒ Орто ⇒ Нарезать по листам.

Полученные ортофотопланы записываются в файлы TIF/DMF, которые хранятся вместе с остальными рабочими файлами в папке студента. По умолчанию они записываются Меню сбора ⇒ Орто.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ (ВНЕАУДИТОРНОЙ) РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

Самостоятельная работа включает:

- самоподготовку по конспектам учебных занятий, учебной литературе;
- изучение отраслевых инструкций по выполнению основных геодезических процессов;
- использование результатов выполненных лабораторных и практических работ;
- самопроверку по вопросам:

### **Работы по созданию съемочного обоснования (проложение теодолитно-высотного хода).**

- Дайте перечень полевых измерений при создании съемочного обоснования.
- В чем состоит смысл съемочного обоснования?
- В чем заключается измерение горизонтального угла способом приемов?
- Из каких основных частей состоит теодолит?
- Изложите методику определения и распределения угловой невязки.
- Изложите порядок нанесения на план пунктов хода по их координатам.
- Как измерить вертикальный угол?
- Как определяются знаки приращения координат  $X$  и  $Y$  в системе координат Гаусса?
- Как производится контроль измерения расстояний?
- Как устроена линейка проф. Ф.В. Дробышева и как ею пользоваться при построении координатной сетки?
- Какие вычислительные и графические работы входят в состав камеральной обработки теодолитного хода?
- Какие линии приняты за координатные оси зональной прямоугольной системы координат?
- Каков порядок распределения невязок приращений координат?
- Нарисуйте схемы привязки съемочного обоснования к опорным пунктам и дайте им пояснение.
- Опишите порядок измерения длины линии лазерным дальномером.
- Охарактеризуйте линейную и высотную невязки теодолитного хода.
- Перечислите виды работ при проложении теодолитного хода.
- По каким формулам вычисляют горизонтальные проложения линий, измеренных лазерным дальномером?
- Проверка коллимационной ошибки.
- С какой точностью центрируют теодолит над точкой при измерении углов?
- Что называется горизонтальным углом?
- Что называется вертикальным углом?
- По каким формулам вычисляют вертикальные углы?
- Что называется местом нуля (МО) вертикального круга?
- Что называется полем зрения трубы?
- Что означают поверки теодолита?
- Какие основные погрешности влияют на точность измерения углов теодолитом?

### **Проложение нивелирного хода IV кл.**

- Для чего предназначен элевационный винт нивелира?
- В чем сущность геометрического нивелирования «из середины»?
- Как выполняется поверка «Главное условие нивелира Н-3»?
- Как распределяют невязку превышений?

- Как устроен нивелир Н-3?
- Как устроены нивелирные рейки и по какому принципу они подразделяются?
- Каким целям служит нивелирование?
- Каковы принципы построения Государственной высотной сети?
- Контроль работы на станции нивелирования IV кл.
- Какие бывают высоты?
- Охарактеризуйте точность нивелирования по классам.
- Перечислите методы нивелирования.
- Перечислите поверки нивелира Н-3.
- Уравнивание превышений нивелирного хода.
- При каком положении контактного уровня можно брать отсчеты по рейке?
- В чем заключается контроль работы на станции нивелирования IV кл.

### **Создание топографического плана местности в масштабе 1:1000 методом тахеометрической съемки.**

- В чем заключается контрольная проверка тахеометрического плана?
- В чем сущность тригонометрического нивелирования?
- В чем сущность способа полярных координат при съемке ситуации?
- В чем сущность тахеометрической съемки.
- Зачем нужны бергштрихи?
- Из чего состоит камеральная обработка тахеометрической съемки?
- Как вычислить горизонтальное проложение наклонного расстояния?
- Как наносят на план пикеты?
- Как измерить высоту прибора на станции?
- Как ориентировать теодолит по исходному направлению и как контролировать его при тахеометрической съемке?
- Как проводят горизонтали рельефа?
- Как устроен нитяной дальномер?
- Какая точность построения координатной сетки?
- Какие величины при тахеометрической съемке точки местности измеряют, а какие вычисляют?
- Какие данные заносятся в тахеометрический журнал в поле и какие данные вычисляют в нем в камеральных условиях?
- Какие известны виды масштабов?
- Какие объекты местности изображаются внемасштабными условными знаками?
- Какие требования определяют выбор масштаба съемки и величину сечения рельефа?
- Какую роль играют пикеты?
- На какие группы делятся условные знаки?
- На каких расстояниях и с какой плотностью набирают пикетные точки?
- Напишите формулу определения превышения из тригонометрического нивелирования?
- От чего зависит высота сечения рельефа на картах?
- Охарактеризуйте основные формы рельефа.
- Охарактеризуйте сущность тахеометрической съемки.
- По каким позициям характеризуется точность плана тахеометрической съемки?
- По какой формуле определяется горизонтальное проложение при измерении нитяным



дальномером наклонного расстояния?

- С какой точностью должны быть нанесены на план контуры ситуации и горизонтали рельефа?

- Что называется рельефом местности?
- Что называется топографическим планом?
- Что представляют из себя абрисы?
- Что такое горизонталь?
- Что такое отметка точки?
- Что такое станция тахеометрической съемки?

### **Полигонометрия II разряда.**

- Какова максимальная протяженность хода?
- Какова относительная погрешность хода?
- Какова необходимая точность измерения углов?
- Каковы минимальная и максимальная длины сторон хода?
- По какой формуле рассчитывается допустимая угловая невязка?
- Как производится уравнивание углов и приращений.

### **Топографическое дешифрирование аэрофотоснимков.**

1. В чем заключаются подготовительные работы?
2. Какие инструкции и руководства нужно знать для выполнения топографического дешифрирования?
3. Перечислить методы топографического дешифрирования;
4. Дешифровочные признаки объектов прямые и косвенные.
5. Дешифрование объектов гидрографии.
6. Дешифрование объектов дорожной сети.
7. Дешифрование объектов растительного покрова.
8. Дешифрование населенных пунктов.
9. Перечислить основные этапы камерального топографического дешифрирования;
10. Перечислить основные требования к оформлению материалов дешифрирования.

### **Стереофотограмметрические работы**

1. Стереозэффект, прямой, обратный, нулевой. Условия их наблюдения;
2. Назначение и устройство ЦФС;
3. Точки проекта сгущения опорной сети, их выбор, назначение, количество;
4. Внутреннее ориентирование аэрофотоснимков, его выполнение, точность;
5. Взаимное ориентирование аэрофотоснимков, его выполнение, контроль;
6. Внешнее ориентирование аэрофотоснимков, его выполнение, контроль;
7. Последовательность действий при построении сети фототриангуляции, контроль;
8. Последовательность рисовки горизонталей, контроль;
9. Ортофотоплан, его составление на цфс, контроль.
10. Основные правила работы с компьютерной техникой и специальным оборудованием.
11. Технические средства получения аэрокосмических снимков.
12. Основные требования к фотограмметрическим процессам.
13. Техника определения элементов взаимного ориентирования.

14. Основные процессы и правила рисовки рельефа под лзс, стереоскопическая точность проведения горизонталей.
15. Основные процессы создания оригинала карты на универсальных, аналитических и цифровых приборах.
16. Контрольные операции и допуски при создании топографических карт и планов на стереоприборах.

### **ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ПО ИТОГАМ ПРАКТИКИ)**

Бригады студентов, успешно выполнившие все виды полевых и камеральных работ, составляют бригадный итоговый отчет, сдают зачет по теории и практическим навыкам производства геодезических измерений и вычислений.

Отчет составляется по каждому процессу и включает в себя:

- журнал поверок (исследований)
- журналы полевых измерений,
- ведомости вычислений
- графические материалы, составленные в соответствии с установленными требованиями.

Все материалы собираются в папку, которая оформляется титульным листом, и приносятся на зачет.

Получению зачета предшествует получение справки о полном расчете студенческой бригады за полученное ими геодезическое оборудование, которая подписывается заведующим лабораторией геодезии.

Зачет принимается руководителем практики совместно с представителем цикловой комиссии.

### **Правила оформления отчёта**

По каждому процессу практики бригадой студентов формируется отчет о проделанной работе, включающий текстовую и графическую часть.

Текст отчет должен быть напечатан на компьютере, в текстовом редакторе, шрифт 14, через 1,5 интервал, с полями вокруг текста: сверху и снизу – 2,0 см, слева – 3,0 см, справа – 1,5 см; выравнивание – по ширине страницы. Формулы и символы необходимо набирать в редакторе формул. Первую строку пояснений к формулам начинать со слова «где» (без абзационного отступа и знака «двоеточие»), далее следует перечисление всех входящих в формулу величин, каждое обозначение – с новой строки, одно под другим.

Текст печатается одной стороной листа бумаги формата А-4 (297×210 мм).

Каждая новая глава должна начинаться с новой страницы. Оглавление должно соответствовать рубрикам в тексте.

Текст печатается со стандартным абзачным отступом. Таблицы желательно помещать в тексте сразу после ссылки на них, по возможности не разрывая собственно таблицу (широкую таблицу допускается размещать в «альбомной» ориентации). Примечания к таблицам и сноски обозначаемые звездочкой (\*), даются непосредственно после каждой из таблиц соответственно.

Титульный лист установленного образца.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература:

1. Киселев М.И., Михелев Д.Ш. Геодезия: учебник для среднего проф. образования.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.
2. Глинский С.П. Геодезия: учебное пособие для техникумов. - М.: Картгеоцентр»-«Геодезиздат», 1995.
3. Ассур В.Л., Муравин М.М. Руководство по геодезической и топографической практике. - М.: Картгеоцентр» - «Геодезиздат», 1985.
4. Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности. М.: ООО «Издательство «Перспект», 2019.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. - М.: Недра, 1982.
6. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М: ЦНИИГАиК, 2003.
7. Таблицы условных знаков масштаба 1:10000. М.: Недра, 1977.
8. Таблицы условных знаков масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:5000. - М.: Недра, 1989.
9. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)–02–036–02. —М.: ЦНИИГАиК, 2002.
10. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2004. — 286 с.

### Дополнительная литература:

1. Закон РФ «О геодезии и картографии» № 209-ФЗ от 26.12.1995 г.
2. Дьяков Б.Н. Геодезия. Общий курс: электронная версия учебного пособия. – ЦИТ СГГА, 2002.
3. Энциклопедия. Геодезия, Картография, Геоинформатика, Кадастр/под ред. А.В. Бородко, В.П. Савиных – М.: Геокартиздат, 2008.
4. Фельдман В. Д. Михелев Д.Ш. Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа 1998 г.
5. Левчук Г. П. и др. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. – М.: Недра, 1983 г.
6. Левчук Г. П. и др. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. – М.: Недра, 1998 г.
7. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение строительного пр-ва.- М.: Амалданник, 2013.
8. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ. - М.: Амалданник, 2013.

### Интернет-ресурсы:

1. [www.gost.ru](http://www.gost.ru) - федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии;
2. [http://lib.ru/NTL/STROIT/;](http://lib.ru/NTL/STROIT/)
3. <http://www.geodinamika.ru;>
4. <http://geodesist.ru> (файловый архив);
5. <http://www.geoprofi.ru>