

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  
21.02.08 Прикладная геодезия

Москва 2021 г.

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 21.02.08  
Прикладная геодезия и рабочей программой  
учебной практики по специальности 21.02.08  
Прикладная геодезия

Зам. директора по МР

  
Воскресенская О.В.  
07 октября 2021 г.

Зам. директора по УПР

  
Лuzин Е.В.  
07 октября 2021 г.

МЕТОДИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ

08 октября 2021

Инв. № 1884

Разработчики:

Кожемякина Д.А., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,  
Карташов В.А., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,  
Шорохова В.А., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,  
Маслов Е.В., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,  
Афанасьев А.М., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии,  
Меньшова Е.В., преподаватель, Московский колледж геодезии и картографии.



## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ	8
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
НИВЕЛИРОВАНИЕ II КЛАССА	38
ПОЛИГОНОМЕТРИЯ II РАЗРЯДА	45
ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ	49
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ (ВНЕАУДИТОРНОЙ) РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	53
ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ПО ИТОГАМ ПРАКТИКИ)	56
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	57

## 1. 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, утвержденного 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 – 2-4 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. Выполнение работ по созданию геодезических, нивелирных сетей и сетей специального назначения:

ПК 1.1. Проводить исследования, поверки и юстировку геодезических приборов и систем.

ПК 1.2. Выполнять полевые и камеральные геодезические работы по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических, нивелирных сетей и сетей специального назначения.

ПК 1.3. Выполнять работы по полевому обследованию пунктов геодезических сетей.

- ПК 1.6. Выполнять первичную математическую обработку результатов полевых геодезических измерений с использованием современных компьютерных программ, анализировать и устранять причины возникновения брака и грубых ошибок измерений.
- ПК 1.7. Осуществлять самостоятельный контроль результатов полевых и камеральных геодезических работ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

ВПД.2. Выполнение топографических съемок, графического и цифрового оформления их результатов:

- ПК 2.1. Использовать современные технологии получения полевой топографогеодезической информации для картографирования территории страны и обновления существующего картографического фонда, включая геоинформационные и аэрокосмические технологии.
- ПК 2.2. Выполнять полевые и камеральные работы по топографическим съемкам местности, обновлению и созданию оригиналов топографических планов и карт в графическом и цифровом виде.
- ПК 2.3. Использовать компьютерные и спутниковые технологии для автоматизации полевых измерений и создания оригиналов топографических планов, осваивать инновационные методы топографических работ.
- ПК 2.5. Соблюдать требования технических регламентов и инструкций по выполнению топографических съемок и камеральному оформлению оригиналов топографических планов.

ВПД 4. Проведение работ по геодезическому сопровождению строительства и эксплуатации зданий и инженерных сооружений:

- ПК 4.1. Выполнять проектирование и производство геодезических изысканий объектов строительства.
- ПК 4.2. Выполнять подготовку геодезической подосновы для проектирования и разработки генеральных планов объектов строительства.
- ПК 4.3. Проводить крупномасштабные топографические съемки для создания изыскательских планов, в том числе съемку подземных коммуникаций.
- ПК 4.4. Выполнять геодезические изыскательские работы, полевое и камеральное трассирование линейных сооружений, вертикальную планировку.
- ПК 4.6. Выполнять полевые геодезические работы на строительной площадке: вынос в натуру проектов зданий, инженерных сооружений, проведение обмерных работ и исполнительных съемок, составление исполнительной документации.
- ПК 4.8. Использовать специальные геодезические приборы и инструменты, включая современные электронные тахеометры и приборы спутниковой навигации, предназначенные для решения задач прикладной геодезии, выполнять их исследование, поверки и юстировку.

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:**

- полевых работ по созданию, развитию и реконструкции геодезических сетей;
- поверки и юстировки геодезических приборов и систем;
- полевому обследованию пунктов геодезических сетей;
- проведения топографических съемок с использованием современных приборов, оборудования и технологий;

**уметь:**

- выполнять полевые геодезические измерения в геодезических сетях;
- обследовать пункты геодезических сетей;
- осуществлять первичную математическую обработку результатов полевых измерений;
- использовать электронные методы измерений при топографических съемках;
- создавать оригиналы топографических планов и карт в графическом и цифровом виде;
- выполнять поверки, юстировку и эксплуатацию специальных геодезических приборов и инструментов, предназначенных для решения задач инженерной геодезии;
- выполнять крупномасштабные топографические съемки территорий, съемки подземных коммуникаций, исполнительные съемки и обмерные работы;
- выполнять геодезические изыскания, создавать изыскательские планы и оформлять исполнительную документацию;

**знать:**

- нормативные требования создания геодезических сетей;
- устройство и принципы работы геодезических приборов и систем;
- методы угловых и линейных измерений, нивелирования и координатных определений;

- особенности поверки и юстировки геодезических приборов и систем;
- техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических, нивелирных сетей и сетей специального назначения;
- методы электронных измерений элементов геодезических сетей;
- приемы контроля результатов полевых и камеральных геодезических работ;
- современные технологии и методы топографических съемок;
- принципы работы и устройство геодезических электронных измерительных приборов и систем;
- возможности компьютерных и спутниковых технологий для автоматизации полевых измерений и создания оригиналов топографических планов, осваивать инновационные методы топографических работ;
- требования технических регламентов и инструкций по выполнению топографических съемок и камеральному оформлению оригиналов топографических планов;
- геодезическую основу топографических карт и основные способы топографических съемок местности; основные электронные геодезические приборы, их устройство, поверки и приемы работы с ними;
- устройство специальных инженерно-геодезических приборов.

**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 после 1 года обучения:**

**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 ЗТ5КП 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 съёмочного 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 съёмки.**

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

### **Полевые работы:**

- поверки 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 2 года обучения:**

### **4. Проложение хода полигонометрии II разряда.**

#### **полевые работы:**

- рекогносцировка местности, закрепление точек,

- поверки электронного тахеометра,

- полевые измерения,

**камеральные работы:**

- вычисления и уравнивание координат,

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

**5. Прикладная геодезия.**

**Полевые и камеральные работы:**

- построение на местности горизонтального угла проектной величины с повышенной точностью,

- передача отметок на дно котлована,

- установка теодолита в створе заданной линии,

- определение высоты сооружения,

- определение угла крена сооружения.

**СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ**

Наименование ВПД и тем учебной практики	Содержание учебного материала		Объем часов
1	2		3
<b>ВПД 1. Выполнение работ по созданию геодезических, нивелирных сетей и сетей специального назначения,</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>Тема 1.2. Нивелирование II класса</b>	<b>Содержание работ</b>		<b>72</b>
	1.	Получение инструментов, поверки нивелира. Рекогносцировка линии нивелирования. Исследования рек.	7.2
	2.	Проложение нивелирного хода.	36,0
	3.	Камеральная обработка полевых журналов.	14.4
	4.	Составление ведомости превышений, их уравнивание.	7.2
	5.	Оформление материалов, зачет.	7.2
<b>ВПД.2. Выполнение топографических съемок, графического и цифрового оформления их результатов</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 IV кл.</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 3.1. Создание топографического плана местности в масштабе 1:1000 методом тахеометрической съемки.</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 4.Проведение работ по геодезическому сопровождению строительства и эксплуатации зданий и инженерных сооружений</b>			
<b>Тема 4.1.Инженерно-геодезические работы в строительстве.</b>	<b>Содержание работ</b>		<b>36</b>
	1.	Построение на местности горизонтального угла проектной величины с повышенной точностью.	7.2
	2.	Передача отметок на дно котлована.	7.2
	3.	Установка теодолита в створе заданной линии.	7.2
	4.	Определение высоты сооружения.	7.2
	5.	Определение угла крена сооружения.	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.

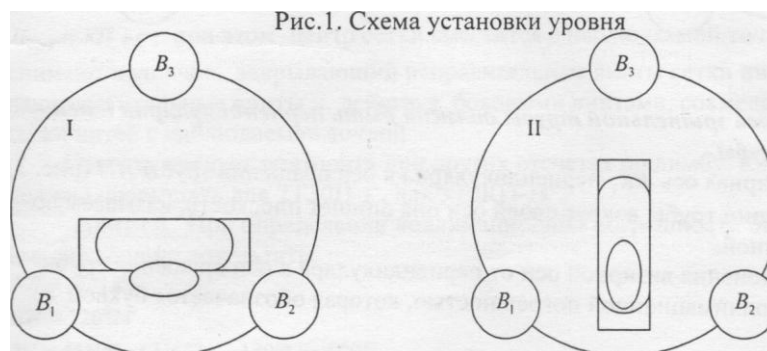
Поверки и юстировки теодолитов выполняют для выявления в приборах отступлений от геометрических и оптико-механических требований, положенных в основу их конструкций, и для более полного устранения выявленных поверками отклонений.

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.

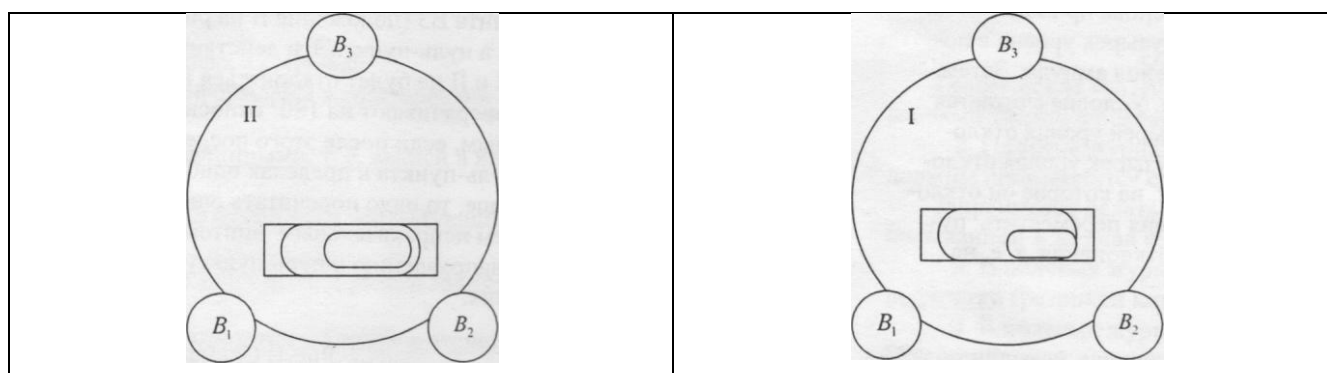


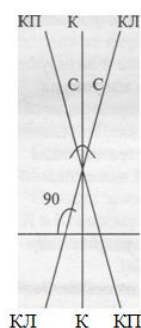
Рис. 2. Схема положения пузырька уровня.

**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  $\Pi_{испр} = КЛ - c$  или  $\Pi_{испр} = КП + c$ ; 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:

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

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 центрира 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 центрира. Затем дважды поворачивают алидаду горизонтального круга на  $120^{\circ}$  и после каждого поворота отмечают на бумаге изображение центра сетки центрира. 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 центрира, действуя котиловочными винтами центрира.

### **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:

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

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:

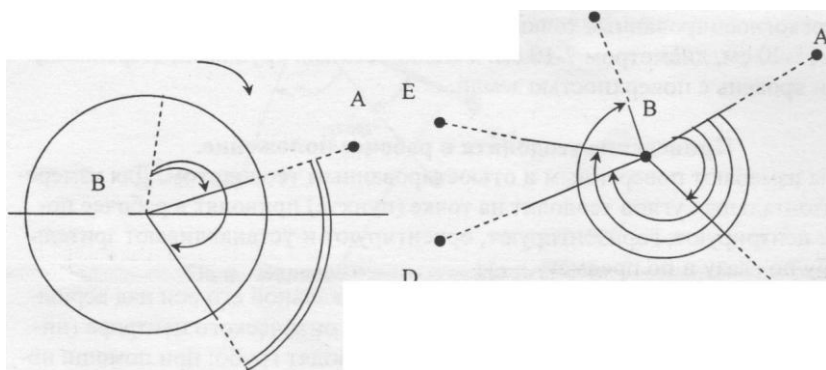
- 1) способом приемов (способ измерения отдельного угла);
- 2) способом круговых приемов (способ В.Я. Струве).

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:

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

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

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

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.

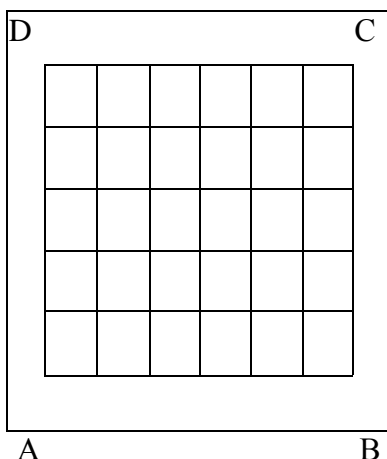
## 9. Построение километровой сетки.

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 расположилась 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

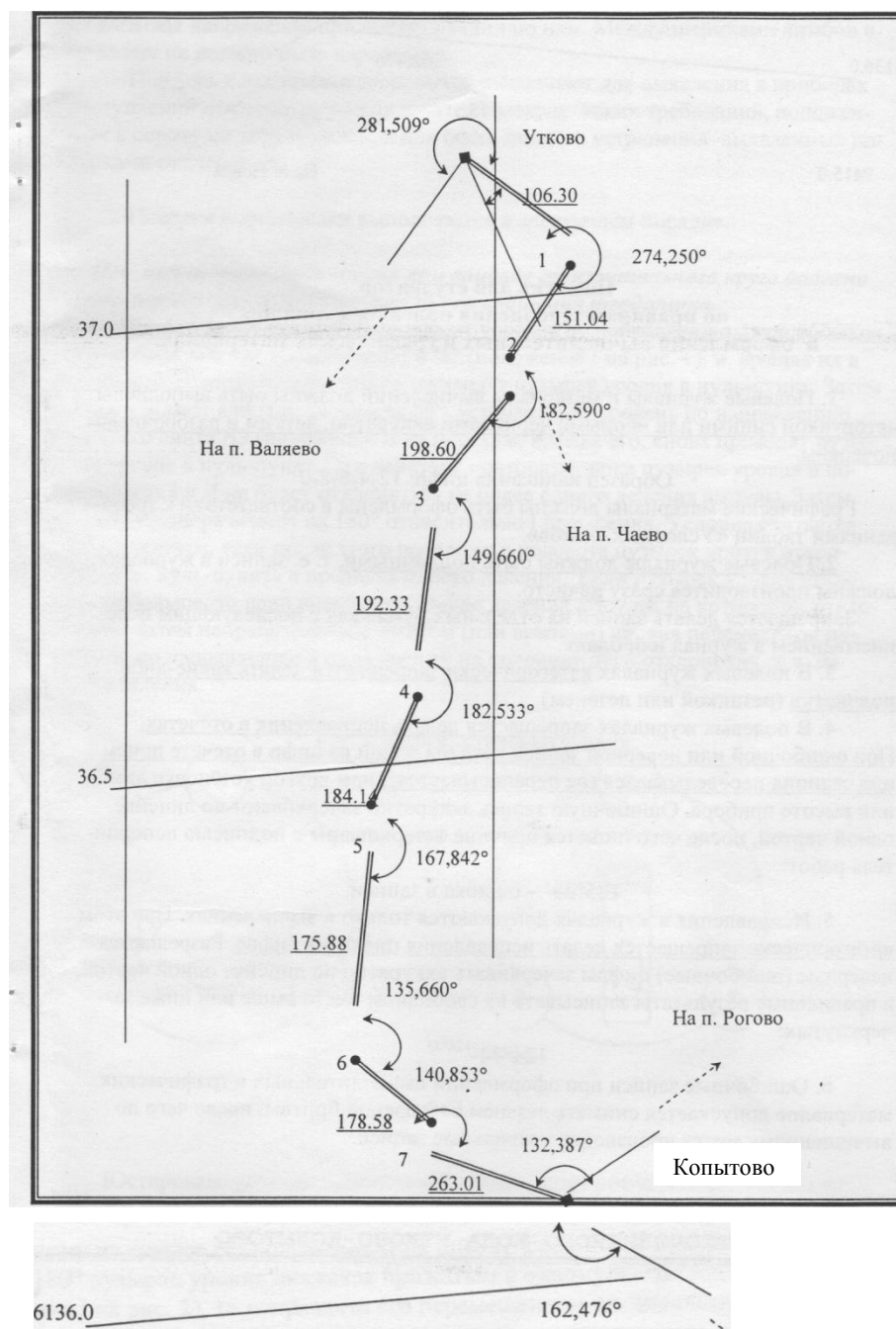
9. Если выполнены многократные измерения одной и той же величины, то первое значение этой величины пишется полностью, а остальные - сокращенно:

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°							
	$\sum \beta_{np} = 1647,384^\circ$ $n = 9$ $\sum \beta_T = 1620^\circ$	$54,661^\circ$ $f_\beta = +0,011^\circ$ $f_{\beta_{дон}} = \pm 0,017 \sqrt{9} = +0,051^\circ$	S=1549,88	$-1109,46$ $+158,25$ $f_x = +0,51$ $f_y = -0,35$ $f_{\Delta \alpha c} = \sqrt{0.3826} = 0,62$ м $f_{\alpha_{му}} = \frac{0.62}{1549.88} = \frac{1}{2500}$	-1110,0	+ 158,6	$f_{h_{дон}} = 0,2 \sqrt{1,5} = \pm 0,24$ м	-7,20	

## 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:

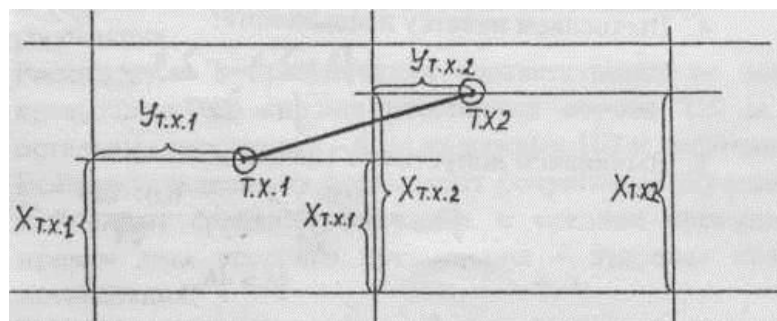
$$H_{пик} = H_{ст} - h$$

### 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).

## НИВЕЛИРОВАНИЕ II КЛАССА

Государственная нивелирная сеть России является высотной основой создания топографических карт, планов всех масштабов и геодезических измерений, проводимых для удовлетворения потребностей народного хозяйства. Она разделяется на нивелирную сеть I, II, III и IV классов. Нивелированием сети I и II класса создаётся единая система высот на всю территорию страны, кроме того нивелирование I и II классов решает такие научные задачи, как изучение современных вертикальных движений, обусловленных сейсмической деятельностью земли; определение разности высот морей и океанов; изучение фигуры физической поверхности Земли в результате определения расстояний от уровенной поверхности, проходящей через точки физической поверхности земли до выбранной поверхности относимости – эллипсоида. Сеть нивелирования II класса состоит из ходов, опирающиеся на пункты нивелирования I класса. Каждый ход выполняют в прямом и обратном направлениях, расхождения в превышениях между которыми не должны превышать  $5 \text{ мм} \sqrt{L}$  (где  $L$  – длина хода в км).

Измеренные превышения II класса исправляют поправками:

1. За переход к системе нормальных высот (за непараллельность уровенных поверхностей)
2. За среднюю длину метра комплекта инварных реек проэталонированных в начале и конце полевых работ на компараторе МК-1

Рекомендуемый состав бригады 4 студента, объём работ на бригаду 4 секции в прямом и обратном ходах. Каждый учащийся одну секцию нивелирует в прямом и обратном направлениях, другую секцию записывает как в прямом, так и в обратном направлениях, а на других работает речником.

Расстояние от нивелира и реек измеряют шнуром длиной от 20-30 метров. Места установки реек в ходе, закрепляют на грунте башмаками (костылями), на асфальте дюбелями.

Для выполнения задания бригада должна получить приборы и снаряжение, произвести их осмотр и убедиться в исправности получаемого имущества. Дефекты, которые не могут быть устранены своими силами, устраняются в мастерской.

Рейки должны иметь круглые уровни. Подвесная рейка должна быть обеспечена штифтами разных диаметров для подвешивания на стенные марки. Стрелка прогиба реек не должна превышать 5 мм.

### Проверки нивелиров.

**1. Проверка исправления установочного уровня.** Ось установочного уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира. Работая тремя подъёмными винтами, устанавливаем пузырёк уровня на середину ампулы. Затем верхнюю часть нивелира поворачивают на  $180^\circ$ . Если после такого поворота пузырёк отойдёт от середины ампулы, то действуя юстировочными винтами, перемещают пузырёк к середине наполовину отклонения. После чего проверку повторяют.

**2. Проверка и исправление установки цилиндрического уровня (проверка главного условия).** Проекция визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня на горизонтальную и отвесную плоскости должны быть параллельны, т.е. отвесные плоскости, проходящие через оси цилиндрического уровня и визирную ось трубы должны быть параллельны между собой, угол  $i$ , составленный проекциями визирной оси трубы и оси уровня на вертикальную плоскость, должен быть меньше  $20''$ , обычно добиваются, чтобы он был не менее  $10''$ .

Выполнение первого условия проверяют следующим образом.

В 50 м от рейки устанавливают нивелир так, чтобы визирная линия и один из подъёмных винтов находились в одной вертикальной плоскости, направленной на рейку, два других подъёмных винта в этом случае расположатся симметрично по обеим сторонам линии визирования. Вертикальную ось нивелира приводят в отвесное положение подъёмными винтами по установочным уровням. Визируют на рейку; при этом элевационным винтом совмещают концы пузырька уровня и отсчитывают по рейке (отсчет  $B$ ).

После этого левый подъёмный винт на 2-3 оборота, наклоняя прибор в лево, и приведя пузырёк уровня в нуль-пункт при помощи элевационного винта, делают отсчет по рейке  $B$ . Затем

при помощи этого же винта приводят прибор в первоначальное положение и, совместив концы пузырька уровня, отсчитывают по рейке для проверки неизменности  $B$ . После этого поворачивают правый подъёмный винт на 2-3 оборота, наклоня нивелир вправо, и приведя пузырёк уровня в нуль-пункт, отсчитывая по рейке  $B_{II}$ . Заканчивают приём приведение нивелира в первоначальное положение при помощи этого же винта и элевационного винта и производят отсчёт по рейке  $B$ .

Если отсчёт по рейке  $B$  отличается от полусуммы отсчетов:

$$\frac{B_{I} + B_{II}}{2}$$

не более чем на 30 делений шкалы оптического микрометра, то можно считать, что все действия выполнены правильно. В противном случае прием нужно повторить.

Если разность отсчетов  $B-B$  более 50 делений шкалы, то нивелир нужно юстировать при помощи боковых юстировочных винтов цилиндрического уровня. Если разность  $B-B$  положительна, то нужно перемещать конец уровня ближе к визирной оси, если отрицательна – то дальше от визирной оси.

Проверка второго условия заключается в определении величины угла  $i$ . Эта проверка выполняется двойным нивелированием и состоит в следующем. На ровной местности на расстоянии 50 м один от другого забивают в землю два костыля. Нивелир устанавливают возле рейки, стоящей на первом костыле, так чтобы при горизонтальном положении трубы, направленной на рейку, стоящую на костыле 2, окулярный конец трубы находится в 1-2 см от инварной полосы рейки, стоящей вертикально на костыле 2. Высоту инструмента определяют по рейке, стоящей рядом на костыле 1, с погрешностью не более 1 мм. Затем, убрав эту рейку, визируют на рейку, установленную на костыле 2. Раньше, чем произвести отсчет по рейке, нужно установить оптический микрометр на отсчет 50, тогда визирный луч не будет смещён плоскопараллельной пластиной с визирной оси трубы. Отсчет по рейке нужно производить, не пользуясь оптическим микрометром, а оценивая десятые доли деления рейки на глаз, как это делается при отсчетах по шашечным рейкам. Визируя на рейку, отсчитывают дважды при точно совмещённых концах пузырька контактного уровня по основной шкале. На этом заканчивается одностороннее нивелирование прибором, стоящим у костыля 1, затем переносят нивелир к костылю 2 и повторяют описанный процесс обратного превышения линии 2-1. Один полный приём состоит из двух нивелировок в прямом и обратном направлениях. Всего делают три приёма. Расхождения между полученными значениями угла  $i$  не должны превышать 4".

Выведем формулу для определения величины угла наклона  $i$

$$h = v_1 - u_1 - dtgi$$

где

$h$  – превышение костыля 2 над костылём 1

$v$  – высота инструмента, установленного над костылём 1

$u$  – отсчёт по рейке, поставленный над костылём 2

$dtgi$  – поправка за наклон визирной линии к горизонту

Обратное превышение костыля 2 над костылём 1 будет выражено аналогичной формулой, но с обратным знаком

$$h = (v_2 - u_2 - dtgi)$$

Следовательно,

$$v_1 - u_1 - dtgi = -v_2 + u_2 + dtgi$$

Откуда

$$2dtgi = (v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)$$

$$tgi = \frac{(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)}{2d}$$



Угол  $i$  - величина малая, поэтому можно принять

$$\operatorname{tg} i = \sin i = \frac{i}{\rho''}$$

Тогда окончательно  $i'' = \frac{[(v_1+v_2)-(u_1+u_2)]}{2d} \rho''$

Если угол  $i$  окажется больше  $10''$ , то следует исправить положение уровня в вертикальной плоскости. Для этого надо трубу нивелира установить при помощи элевационного винта на отсчёт по рейке, равный  $u_2 + \frac{di}{\rho''}$  и соответствующий горизонтальному положению трубы. При этом пузырёк уровня наклонится в сторону на величину дуги, соответствующей углу  $i$ , тогда, отвинтив пробку, исправляют положение уровня при помощи вертикальных исправительных винтов. Затем одним приёмом делают контрольные определения угла  $i$  и вновь исправляют уровень, как описано выше. Окончательное исправление уровня достигается двумя-тремя последовательными приближениями.

#### Определение угла $i$ у нивелира Н-05.

N1409  $t=+18^\circ\text{C}$   $L=50.0$  м

Номер полу приёма	Номер башмака	Высота нивелира А (в делениях рейки) $v_1; v_2$	Отсчёт по дальней рейке Д (в делениях рейки) $a_1; a_2$	X (в делениях рейки)	$i$
1	1	2860	3487	+5,0	+10,3"
	2	2978	2341		
2	2	2919	2914	+5,0	+10,3"
		1	8785		
	2	8901	8265		
3	2	8843	8838	+4,0	+8,6"
	1	2800	3429		
		2933	2296		
4	2	2866,5	2862,5	+5,5	+11,3"
	1	8726	9354		
		8859	8220		
		8792,5	8787	+4,9	+10,1"

#### Испытания нивелирных реек.

**1. Проверка правильности установки круглого уровня на рейках.** Эту проверку выполняют перед каждым выходом на работу при помощи отвеса, или по вертикальной нити нивелира (при ветре).

**2. Определение прогиба реек.** Рейку укладывают горизонтально на боковое ребро. Между её концами над инварной полосой натягивают тонкую нить. При помощи линейки или треугольника, имеющих миллиметровую разграфку, измеряют около делений 02,30 и 58 расстояния  $a_1, a_2$  и  $a_3$  от натянутой нити до инварной полосы.

Прогиб рейки вычисляют по формуле:  $a_2 - \frac{a_1+a_2}{2}$ . Он должен быть не менее 5 мм.

Пример:  $A_1 = 3$  мм,  $a_2 = 6$  мм,  $a_3 = 3$  мм. Прогиб рейки 3264 равен  $6 - \frac{3+3}{2} = 3$  мм.  
Результаты определений записывают в полевом журнале. Определение выполняется перед началом работ.

### **Нивелирование II класса.**

Нивелирование производят в прямом и обратном направлениях. Нормальная длина визирного луча 65 м. Укорачивать длину визирного луча разрешается только на участках с большими уклонами (превышение на штативе более 2 м и при привязке к нивелирным знакам).

Наблюдения могут выполняться только при достаточно спокойных и отчётливых изображениях штрихов реек. Не разрешаются наблюдения:

- а) в периоды, близкие к восходу и заходу солнца;
- б) при колебании изображений, затрудняющих точное наведение биссектора на штрих рейки (укорачивать длину визирного луча по этой причине не разрешается);
- в) при сильном порывистом ветре;
- г) при сильных и скачкообразных колебаниях температуры.

Перед началом наблюдений нивелир должен быть вынесен на воздух и помещён в тени не менее чем за 45 мин до начала наблюдений. Во время нивелирования нивелир должен быть тщательно защищён от солнечных лучей: на станции – при помощи зонта, а при переходах с одной станции на другую – чехлом из плотной белой материи.

Неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать на отдельных станциях 1 м, а накопление неравенств по секции 2 м. Высота визирного луча на всём протяжении над почвой не должна быть менее 0,5 м. При длине визирного луча 30 м и короче (на больших уклонах и привязках) разрешается выполнять наблюдения при высоте визирного луча не менее 0,3 м.

#### Порядок работ на нечётной станции прямого хода следующий:

1) Приведение прибора в рабочее положение. Производят дальномерные отсчёты по двум крайним штрихам по основной шкале задней рейки; при этом оптический микрометр поставлен на отсчёт 50, а изображение концов пузырька уровня приближенно совмещено вращением элевационного винта;

2) Тщательно совмещают изображения концов пузырька уровня вращением элевационного винта, затем наводят биссектор на ближайший штрих основной шкалы вращением головки оптического микрометра; делают отсчеты по рейке и оптическому микрометру (до целых делений) и устанавливают оптический микрометр на отсчет 50;

3) наводят зрительную трубу на основную шкалу передней рейки и производят последовательно все действия, указанные в пунктах 1 и 2;

4) наводят трубу наводящим устройством на дополнительную шкалу передней рейки и последовательно выполняют действия, перечисленные в пункте 2;

5) наводят трубу на дополнительную шкалу задней рейки и выполняют действия, перечисленные в пункте 2.

#### Порядок работ на чётной станции прямого хода:

1) наблюдения начинают с передней рейки (отсчёты по основной шкале передней рейки) действия пунктов 1 и 2;

2) отсчеты по основной шкале задней рейки – действия пункта 1 и 2;

3) отсчёт по дополнительной шкале передней рейки – действия пункта 5.

При переходе от прямого хода к обратному рейки меняют местами, т.е. если секция, например, заканчивалась в прямом ходе чётной рейкой, то в обратном ходе секцию начинают нечётной рейкой.

В обратном ходе наблюдения на нечётных станциях начинают с передней рейки, а на чётных – с задней. Таким образом, отсчёты всегда начинают с одной определённой рейки.

Прямые и обратные ходы для каждой секции следует прокладывать в разные половины дня.

Число станций по секциям делают чётным, а число станций в обратном ходе должно быть таким же, каким в прямом ходе.

На каждой станции помощник должен своевременно произвести все подсчёты и контроль, после чего даётся команда наблюдателю и реечникам двигаться вперед. Проверяют:

1. Неравенства плеч и накопление этих неравенств;

2. Высота луча;

3. Расхождения между превышениями, подсчитанными по наблюдениям основных и дополнительных шкал реек. Расхождения между этими превышениями не должны быть более 14 делений шкалы оптического микрометра (0,7 мм);

4. Расхождение между полученными на станции разностями высот нулей реки определениями из испытаний. Эти расхождения также не должны быть более 14 делений шкалы оптического микрометра (0,7 мм).

Предельные расхождения могут быть допущены как исключение.

В случаях ошибочного отсчёта, ошибочной записи, расхождений, превышающих допуски, наблюдения на станции повторяют. Повторные наблюдения выполняют при изменённой высоте нивелира не менее чем на 3 см.

Обратный ход выполняют после окончания прямого и записывают в другом журнале (обратного хода).

Каждый учащийся нивелирует свою секцию в прямом и обратном направлениях. В таблице приводится образец записи и подсчётов в журнале. В отличие от нивелирования III и IV классов контрольный подсчёт в журналах ведётся не по страницам, а по десятку штативов; для секций, в которых менее десяти штативов – прямо по секции. Поэтому после каждых десяти станций в журнале следует оставлять место для записи будущих подсчётов. Если секция содержит 12-14 штативов, то подсчеты по десятку штативов можно не производить, а вести его сразу по секции, прописать все вычисления с помощью символов:  $(15)=(3) - (7)$  и т.д.

Контролем правильности вычислений на станции служит равенство:

$$(17) - (20) = (25) - (24)$$

По каждому десятку штативов или по секции, если она состоит из 14 станций или менее суммируют, записывая суммы в тех же графах:

$$(26) = \Sigma (13) \quad (34) = \Sigma (11)$$

$$(27) = \Sigma (14) \quad (35) = \Sigma (9)$$

$$(28) = \Sigma (3) \quad (36) = \Sigma (18)$$

$$(29) = \Sigma (7) \quad (37) = \Sigma (12)$$

$$(30) = \Sigma (15) \quad (38) = \Sigma (10)$$

$$(31) = \Sigma (4) \quad (39) = \Sigma (19)$$

$$(32) = \Sigma (8) \quad (40) = \Sigma (17)$$

$$(33) = \Sigma (16) \quad (41) = \Sigma (20)$$

Контролем подсчёта по десяти станциям служат равенства:  $(26) - (27) = (22)$  – накопления по десяткам станций или секций.

$$(28) - (29) = (30)$$

$$(31) - (32) = (33)$$

$$(30) + (33) = (40)$$

$$(34) - (35) = (36)$$

$$(37) - (38) = (39)$$

$$(36) + (39) = (40)$$

(40) – (41) = (23) – накопления по десятку станций или секции.

Если какой-либо контроль вычислений не получается, то следует искать ошибку или в подсчётах, или в полевых вычислениях на станциях.

Суммы от (26) до (39) по десяткам штативов складывают и получают суммы по секции. Контроль вычислений такой же.

Подсчёты по секции после контроля заканчиваются подсчётами и записями, приведенными ниже:

$$(26) + (27) = 123,46 \text{ (1/2 дм)} = 61,72 \text{ дм} = 6,172 \text{ м}$$

$$\text{Среднее превышение} = \frac{(40) + (41)}{2} = +168,3505 \text{ 1/2 дм} = +84,1752 \text{ дм} = 8,41752 \text{ м}$$

Поправку за длину метра рейки +0,34 мм

$$\text{Исправленное превышение } h = 8,41786 \text{ м} = 8,4179 \text{ м}$$

Коэффициент дальномера 100

$$\text{Длина секции } 617,2 \text{ м} = 0,6 \text{ км}$$

Число штативов – 6

$$\text{Средняя температура } +17,6^\circ$$

(цифры для приведённого примера взяты из таблицы)

### Привязка к нивелирным знакам.

При привязках к грунтовым реперам, к центрам триангуляционных или полигонометрических пунктов и к временным реперам все действия выполняют так же, как при нивелировании III и IV классов. В журнале нивелирования II класса для зарисовки привязок имеется специальная графа. Привязка к стенным реперам тоже ничем не отличается от привязки при нивелировании III и IV классов.

Привязку к маркам производят при помощи подвесной рейки. При привязке к стенной марке нужно прежде всего подобрать штифт, диаметр которого соответствовал бы диаметру отверстия в марке. Вставленный в отверстие марки штифт не должен иметь люфта.

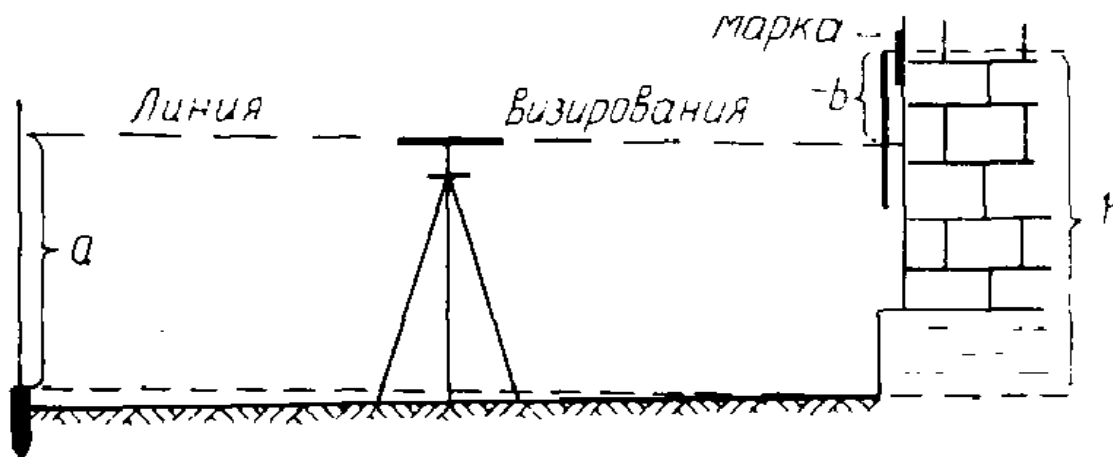


Схема привязки нивелирного хода к марке с применением подвесной рейки

Должен быть обеспечен независимый контроль правильности выполнения привязок. С этой целью каждую привязку выполняют дважды. Повторная привязка выполняется с изменением на несколько сантиметров горизонта нивелира с одновременной обязательной перевеской подвесной рейки. В обработку из двух привязок (штативов) берут только одну. Вторую контрольную привязку обводят в журнале красным карандашом и в расчётах не принимают (в подсчётах по десятку не участвует).

Как правило, подвесную рейку подвешивают на марке нулём вверх, т.е. рейку располагают вниз.

Чтобы сделать правильные отсчёты по рейке, следует учесть, что по основной рейке деления возрастают снизу вверх (в трубе – сверху вниз), а по подвесной – сверху вниз (в трубе – снизу вверх).

Превышение  $h$  при использовании подвесной рейки равно  $З+П$ , а не  $З - П$ , как при работе с основными рейками. Для того, чтобы  $h$  оставалось по-прежнему равным  $З - П$ , отсчёту по подвесной рейке придаёт знак минус.

Обычно деления на подвесной рейке расположены в обратном порядке в сравнении с основной (ноль находится сверху), поэтому отсчёты по шкале оптического микрометра при отсчитывании по рейке следовало бы сопровождать знаком минус. Для сохранения единой формулы превышения  $h=З - П$  отсчётам по оптическому микрометру также нужно менять знак, поэтому вместо знака минус сохраняют в них знак плюс.

Превышение  $З - П$ , полученное по отсчётам по дополнительным шкалам обычной и подвесной реек, больше действительного на сумму разностей нулей основной и дополнительной шкал этих реек, так как отсчёты по обычной и подвесной рейкам увеличены на разность нулей дополнительной и основной шкал реек.

Запись и обработка одной станции при привязке к марке приведена в таблице:

Номер штатива и реек	Зарисовка привязок	Отсчёты по дальномерным штрихам 1/2дм)		Отсчёты по биссектору (1/2 дм)				Контроль	
		З	П	Основная шкала		Дополнительная шкала			
				рейка	микрометр	рейка	микрометр		
26		27,41	-12,49	З	28,7	80	88,0	33	59,253
38 – П		30,04	-09,80	П	-11,1	+09	-70,4	+57	59,252
		263	269	З -	+39,8	+71	+158,4	-24	
				П			+158,376		
							-		
							118,5045		
				h	+39,871		+39,872		-1/-3

При использовании рейки № 1537 получим по дополнительным штрихам превышение, увеличенное на 118, 499; а для рейки №1538 – на 118, 504 полудециметра.

Если бы задний отсчёт брался по рейке №1537, а не по рейке №1538, то от полученного превышения по дополнительной шкале (+158,376) нужно было бы отнять 118, 499.

#### Подготовка материалов к сдаче.

Составляют и вычерчивают схему хода в принятых условных знаках. Схему хода исполняют на чертёжной бумаге в масштабе 1:10000.

Все материалы испытаний нивелира и реек, схему хода, ведомости превышений и предварительных отметок сшивают в одну тетрадь. Размер тетради равен величине листа вычислительной бумаги. Листы тетради нумеруют. В конце её заверяют число пронумерованных и заполненных листов. На обратной стороне первого листа обложки тетради указывают её содержание.

Таблица 5

Номер документов	Документы	Страница
1	Схема хода	
2	Журналы нивелирования прямого и обратного ходов. Поверки и юстировки.	
3	Ведомость поверки и юстировки установочного уровня.	
4	Ведомость поверки и юстировки цилиндрического уровня.	
5	Ведомость поверки и установки круглых уровней на рейках.	
6	Определение прогиба реек.	
7	Полевая ведомость превышений реперов нивелирования II класса	

### Каталог пунктов нивелирной сети

№№ нив. знаки	$H_m$	Кл	Адрес, описание местности
Ст. рп. 12609	166.340	II	Ул. Полоцкая д.21, здание школы
Ст. рп. 27450	159.490	II	Ул. Коцюбинского, д.11/12 ст. репер на уровне земли
Ст. рп. 27481	162.091	II	Ул. Екатерины Будановой, д.16
Ст. рп. 36289	160.610	II	Ул. Ивана Франко, д.18 (прод.Маг.) слева у 2-ой входной двери справа
Ст. рп. 32675	164.236	II	Ул. Молдавская, д.9
Ст. рп. 32735	166.895	II	Ул. Молодогвардейская, д.11, корп.1
Ст. рп. 29256	164.776	II	Ул. Полоцкая, д.23 (рядом со ст. рп. 6387)
Гр. рп. б/Н	160.912	II	У моста перед линией метро
Ст. рп. 13572	167.391		Ул. Коцюбинского, д. 3
Ст. рп. 32668	165.842		Ул. Коцюбинского, д. 6
Ст. рп. 36433	170.621		Ул. Ивана Франко, д. 24
Ст. рп. 13252	165.984		Ул. Молодогвардейская, д. 1 (КГБ)
Ст. рп. 6387	163.714		Ул. Полоцкая, д.23
Ст. рп. 36220	171.107		Ул. Полоцкая
Ст. рп. 36280	163.806		Ул. Екатерины Будановой, д. 3
Ст. рп. 32707	168.508		Ул. Ивана Франко, д.1

### ПОЛИГОНОМЕТРИЯ II РАЗРЯДА

Настоящая методическая разработка составлена в соответствии с рабочей программой учебной практики по профилю специальности для студентов № курса специальности 120101 «Прикладная геодезия».

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.

#### **4. 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 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 выполняют одним приемом. Измерения расстояний – в прямом и обратном направлениях.

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

#### **5. 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 разряда -  $10'' \sqrt{n}$

2 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.

## ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Перед началом учебной практики каждый студент должен ознакомиться с комплексом решений прикладных задач. Приступая к их выполнению, студент должен изучить правила техники безопасности, исследовать приборы, уяснить методику выполнения задания и требования к качеству оформления расчетных и графических материалов.

Общие задачи практики:

- приобретение студентами навыков работы с геодезическими приборами;
- овладение техникой геодезических измерений и построений;
- овладение навыками организации работ;
- воспитание сознательного отношения к порученному делу.

Перечень видов работ и ориентировочные объемы работ по каждому из них приводятся в рабочих программах практики.

### I. Построение на местности горизонтального угла проектной величины с повышенной точностью

Проектные углы откладывают от направлений исходных сторон, закрепленных пунктами разбивочной сети или от уже разбитых осей сооружений.

При построении угла с точностью прибора в вершине угла  $O$  устанавливают теодолит (см. рис.), наводят зрительную трубу на визирную марку, расположенную над точкой (пунктом)  $A$ , и снимают отсчет  $N_A$  по горизонтальному кругу, затем отсчет  $N_B$ , соответствующий проектному углу  $\beta$ :

$$N_B - N_A \pm \beta$$

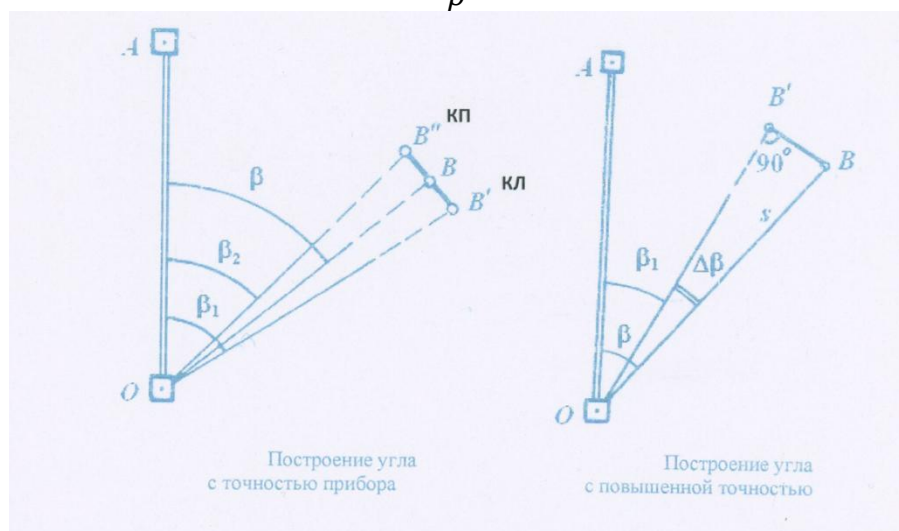
(знак минуса в формуле соответствует отложению угла против часовой стрелки). Далее, разворачивают зрительную трубу до вычисленного отсчета  $N_B$  и на требуемом расстоянии в створе визирной оси фиксируют на местности точку  $B'$ . Чтобы исключить влияние приборных погрешностей (коллимационной), угол откладывают второй раз при другом положении вертикального круга, и отмечают точку  $B''$ . Делением отрезка  $B'B''$  пополам находят точку  $B$  и закрепляют ее. Направление  $OB$  составляет с исходным направлением  $OA$  проектный угол  $\beta$  в пределах точности теодолита.

Для построения угла с повышенной точностью используют способ приближений. Вначале в точке  $O$  строят угол  $AOB'$  с точностью прибора, затем измеряют его с заданной точностью (необходимым числом приемов). Далее вычисляют разность между измеренным углом  $\beta_1$  и его проектным значением  $\beta$ .

$$\Delta\beta = \beta - \beta_1$$

И находят отрезок

$$BB' = \frac{S}{\rho''} * \Delta\beta''$$



Отложив на местности отрезок  $BB'$  перпендикулярно к линии  $OB'$  получают проектный угол  $AOB$  с заданной точностью. При положительном значении  $\Delta\beta$  точку смещают вправо, а при отрицательном – влево от линии  $OB'$ .

## II. Передача отметок на дно котлована.

Для передачи отметок на дно котлована используют нивелирный комплект и стальную рулетку (или ленту).

На исходный (строительный) репер  $A$  устанавливают рейку, а над котлованом подвешивают рулетку, к началу (нулевому штриху) которой прикреплен груз. Нивелир устанавливают на равном удалении от рейки и рулетки, берут отсчеты по средней нити:

$a'$  – по черной стороне рейки

$b'$  – по рулетке

Отсчеты записывают в журнал нивелирования. Затем меняем высоту прибора и берем отсчеты  $a''$  и  $b''$ . Вычисляют для контроля разности отсчетов по рейке  $\Delta a = a' - a''$  и по рулетке  $\Delta b = b' - b''$ .

Расхождения между  $\Delta a$  и  $\Delta b$  более 6 мм не допускаются, т.е.

$$\Delta a - \Delta b \leq 6 \text{ мм.}$$

Затем нивелир и рейку переносят в котлован и берут отсчеты:

$c'$  – по рулетке

$d'$  – по черной стороне рейки, установленной в точке  $B$  на дне котлована.

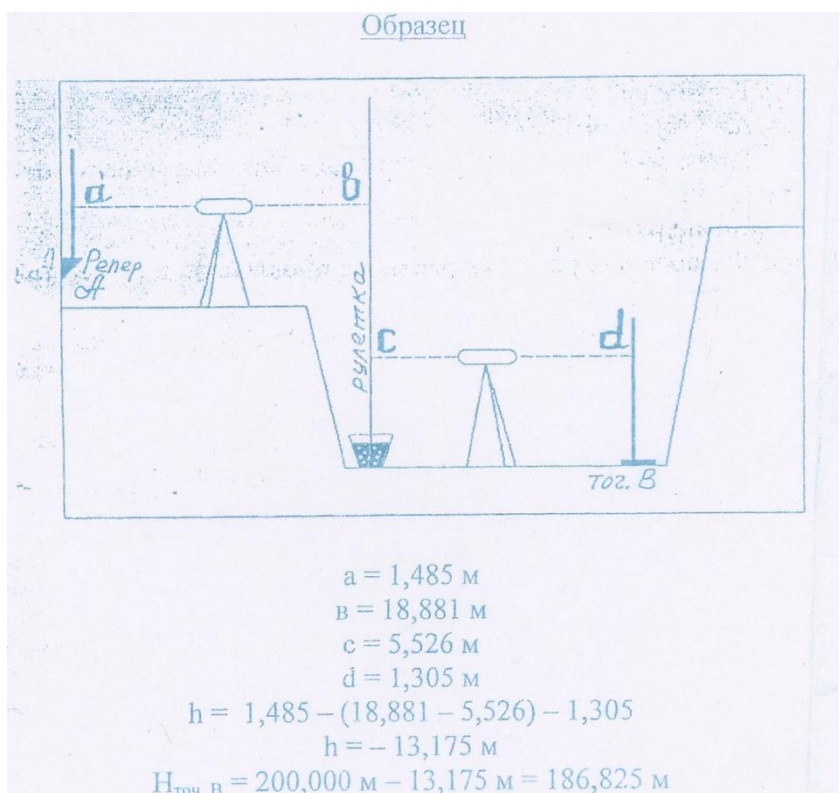
Снова меняют горизонт инструмента и берут отсчеты:  $c''$  и  $d''$ . Допустимые расхождения в разностях отсчетов:  $\Delta c - \Delta d \leq 8$  мм.

Если расхождения не превышают допустимых пределов, вычисляем средние отсчеты  $a, b, c, d$ .

Находят превышение  $h = a - (b - c) - d$ .

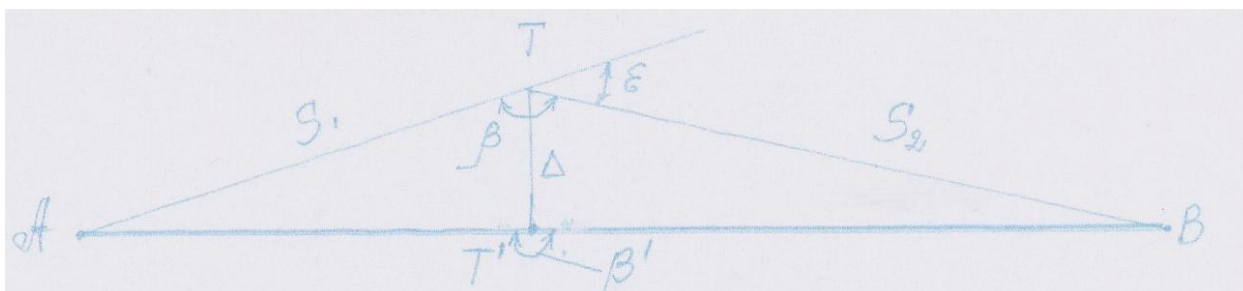
Отметка точки  $B$  будет равна  $H_{\text{точ.}B} = H_{\text{реп.}A} + h$ .

Оформление полученных материалов необходимо выполнить по образцу практик.



### III. Установка теодолита в створ линии "AB".

Теодолит устанавливают приблизительно в створе заданной линии, допустим в точке  $T$ . Измеряют: угол  $\beta$  и расстояния  $S_1$  и  $S_2$ .



Вычисляют угол  $\varepsilon = 180^\circ - \beta$ , а затем по формуле находят нестворность:

$$\Delta = \frac{S_1 * S_2}{S_1 + S_2} * \frac{\varepsilon''}{\rho''} (\rho'' = 206265'')$$

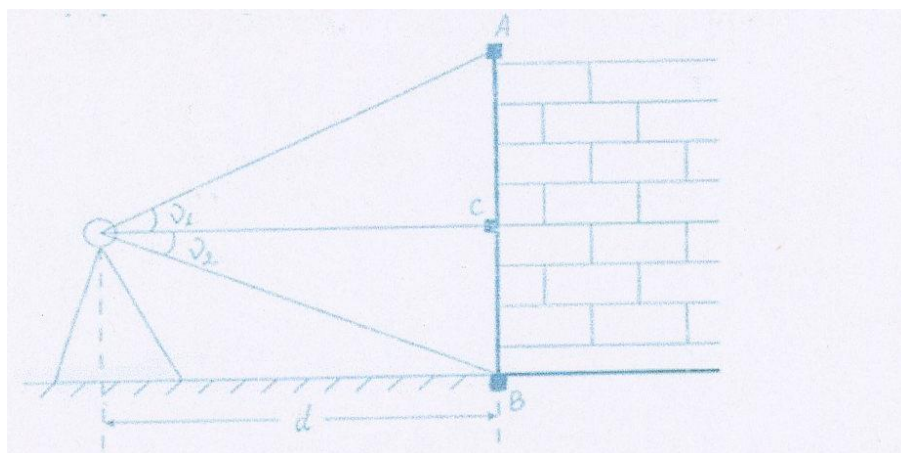
Далее при помощи оптического центрира проекцию оси вращения теодолита фиксируют на местности точки  $T$ .

Откладывают от точки  $T$  значение нестворности  $\Delta$  в нужном направлении, закрепляют точку  $T'$ . Теодолит центрируют над точкой  $T'$  и выполняют контрольные измерения, которые заключаются в измерении угла  $\beta'$ .

Для теодолита 3Т2КП угол  $\beta'$  должен быть в пределах  $180^\circ \pm 10''$ , что для расстояний в 50 м выразится нестворностью в 2,5 мм.

### IV. Определение высоты сооружения.

#### 1) Тригонометрический способ



Для определения высоты сооружения на местности закрепляются две точки. Теодолит устанавливают над точками, с которых определяют углы наклона  $\vartheta_1$  и  $\vartheta_2$ .

Расстояние между точками и сооружением определяют рулеткой или нитяным дальномером. Высоту сооружения вычисляют по формуле:

$$H_i = d_i(tg\vartheta_1 - tg\vartheta_2)$$

Разница в полученных значениях высот (с двух точек) не должна быть более 0,20 м (20 см).

Для определения высоты сооружения необходимо иметь теодолит, рулетку или рейку.

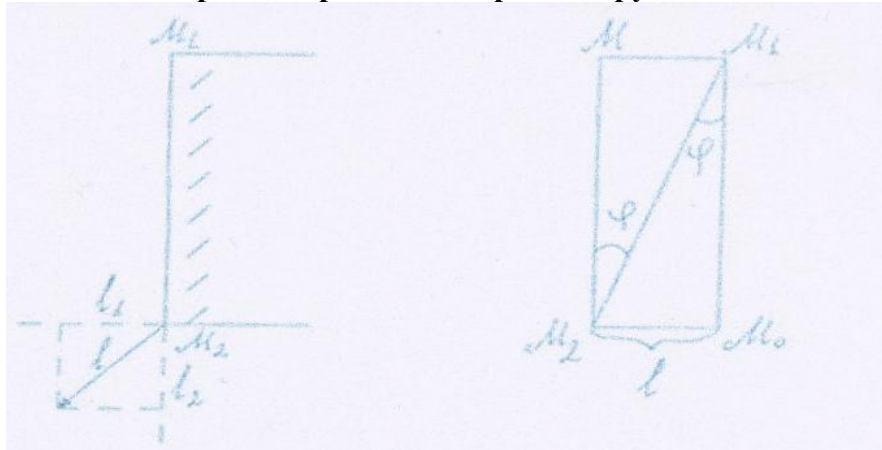
## V. Измерение кренов сооружения.

Наблюдение за креном высоких инженерных сооружений производится при помощи теодолита. Теодолит периодически устанавливают над постоянной точкой, находящейся от сооружения на расстоянии не менее полуторной его высоты, и проектируют заметную (выбранную) точку верхней части сооружения на плоскость внизу его (например на цоколь).

Проектирование выполняется при двух положениях вертикального круга.

Для определения полной величины крена сооружения необходимо одновременно производить наблюдения и в другой плоскости, перпендикулярной первоначальной. Оформление измерений см. образец. Для определения необходимо иметь теодолит и линейку (рулетку) с миллиметровыми делениями.

### Образец определения крена сооружения



### Методика определения

Наводят вертикальную нить зрительной трубы теодолита на верхний угол сооружения и ведем по стене до земли. Отклонение от угла здания определяем в линейной мере с точностью до 0,001 м.

$$l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \cdot \sin \varphi = \frac{1}{h}$$

$l_1$  – продольный сдвиг здания,

$l_2$  – поперечный сдвиг здания,

$l$  – общий сдвиг здания,

$h$  – высота здания,

$\varphi$  – угол наклона здания.

$$l = \sqrt{0,078^2 + 0,027^2} = 0,082 \text{ м.}$$

$$\sin \varphi = \frac{0,082 \text{ м}}{18 \text{ м}} = 0,0045$$

$$\varphi = 0^\circ 15' 46''$$

Примечание: высоту здания взять из результатов измерений заданий из подраздела № IV.

Выполнила бригада № 1.

## **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 невязку 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?

### **Нивелирование II класса.**

- Какова точность нивелирования II класса?

- Какие нивелиры применяются для нивелирования II класса?

- Какие погрешности метровых интервалов шкал и всей шкалы инварной рейки допускаются при нивелировании II класса?

- Какова нормальная длина визирного луча?
- Каково допустимое неравенство плеч?
- Какое максимально допустимое накопление неравенства плеч по секции?
- Какова минимально допустимая высота визирного луча над земной поверхностью?
- Каков порядок наблюдений на станции при нивелировании в прямом направлении (прямой ход) на нечетных станциях и четных станциях, то же в обратном направлении?
- Каковы максимально допустимые расхождения на каждой станции значения превышения по наблюдениям основных и дополнительных шкал рее?
- Каковы максимально допустимые расхождения между разностью высот нулей реек, вычисленной и полученной из исследований?
- Как подсчитывается допустимая невязка?

### **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.

### **Прикладная геодезия**

- От чего откладываются проектные углы?
- Какой способ используют для построения угла с повышенной точностью?
- Каков порядок действий для построения угла с повышенной точностью?
- Какие приборы нужны для передачи отметок на дно котлована?
- Какое максимально допустимые расхождения между разностями отсчетов по рейке и по ленте над котлованом и в котловане?
- По какой формуле вычисляется отметка дна котлована?
- Какой теодолит применяют для определения створной точки?
- Какова точность определения створности точки?
- По какой формуле вычисляют высоту сооружения?
- Каково максимальное расхождение в определении высоты сооружения с 2-х точек?



- На каком расстоянии устанавливают теодолит от сооружения при измерении его угла крена?

- По какой формуле определяется угол крена?

### **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 абзацным 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.

### 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. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. – М.: Недра, 1983 г.
6. Левчук Г.П. 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/>;
3. <http://www.geodinamika.ru>;
4. <http://geodesist.ru> (файловый архив);
5. <http://www.geoprofi.ru>