

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

**КАФЕДРА КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ,
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И ГЕОДЕЗИИ**

ПРАКТИКА ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

*Методические указания
для прохождения практики по геодезической астрономии
для студентов направления 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»
профиль: Геодезия*

ВОРОНЕЖ 2022

УДК
ББК

Составитель: В.В. Шумейко

Практика по геодезической астрономии: метод. Указания для прохождения практики по геодезической астрономии / сост.: В.В. Шумейко; ВГТУ. – Воронеж.

Методические указания предусмотрены для прохождения практики по геодезической астрономии. В ней представлен порядок прохождения практики, состоящей из полевых и камеральных работ. Описывается методика определения сферических координат небесных светил, азимута земного предмета, определения координат точки стояния по небесным светилам и по Солнцу, обработки результатов измерений, оформления графических материалов и отчета. Определены цели и задачи каждого этапа работ, описаны требования, предъявляемые к ним.

УДК
ББК

Рецензент: доцент кафедры «Кадастр недвижимости, землеустройство и геодезия» к. т. н. Хахулина Н.Б.

Издается по решению редакционно-издательского совета ВГТУ

ВВЕДЕНИЕ

Завершающим этапом изучения дисциплины «Астрономия» является практика по геодезической астрономии. Геодезическая (практическая) астрономия является разделом астрономии в котором излагаются методы определения географических координат и азимутов направлений по небесным светилам. В процессе прохождения практики студенты закрепляют, расширяют и углубляют теоретические знания, самостоятельно выполняют работы по геодезической астрономии в условиях, приближенных к производственным.

Изложение материала ведется по видам работ с учётом специфик конкретных строительных специальностей.

Даны методические указания по решению задач геодезической астрономии.

В методическом пособии дано описание отчётной документации и образцы её оформления.

Рассмотрены общие вопросы организации работ, техники безопасности и охраны окружающей среды.

В последние годы требования к геодезистам и инженерам-строителям значительно повысились. Если раньше геодезист должен был обладать только техническими навыками, то в настоящее время он должен иметь еще и определенную теоретическую базу, позволяющую освоить новейшие приборы и современные технологии выполнения геодезических работ. Поэтому возникла необходимость более углубленного изучения геодезии и других смежных наук и иметь хорошую теоретическую подготовку.

С учетом всего вышеизложенного в программу практики по геодезической астрономии включены задания с элементами исследовательского характера.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ

Цели и задачи практики

Целью практики по геодезической астрономии является закрепление материалов теоретического курса «Астрономии», ознакомление студентов с полевыми методами геодезических работ.

Задачами практики по геодезической астрономии являются: приобретение практических навыков определения сферических координат небесных светил, азимута земного предмета, определения географических координат точки стояния по небесным светилам и по Солнцу, овладение приемами математической обработки геодезических измерений, составление и оформление технической документации, приобретение навыков организации работы в коллективе.

В процессе геодезической практики студенты должны научиться соблюдать требования действующих нормативных документов, считать правилом, что любое нарушение инструкций в допусках и технологии геодезических работ недопустимо во время учебной практики так же, как и на производстве.

Организация практики

Практика по геодезической астрономии проводится на геодезическом полигоне ВГТУ в условиях, максимально приближенных к условиям выполнения соответствующих геодезических работ на производстве.

Для руководства учебной практикой из числа преподавателей кафедры «Кадастр недвижимости, землеустройство и геодезия» приказом по университету назначаются руководители, закрепляемые за учебными группами. Руководитель распределяет студентов учебной группы по бригадам в составе 6-7 человек, выдает задание, осуществляет контроль проведения практик, проводит инструктаж по технике безопасности, объясняет правила поведения на геодезическом полигоне.

Из числа учебно-вспомогательного персонала кафедры выделяется лаборант, который организует хранение, выдачу, ремонт и приём приборов и инструментов.

На практику допускаются студенты, прошедшие теоретический курс, полностью выполнившие расчётно-графические и лабораторные задания, предусмотренные программой курса, и успешно сдавшие зачёты и экзамены.

Основной учебно-производственной единицей на практике является бригада в составе 6-7 студентов. Бригадиром по согласованию со студентами группы назначаются студенты, отличающиеся хорошими знаниями геодезии, обладающие организаторскими способностями и пользующиеся авторитетом среди товарищей. В функции бригадира входит организация работы бригады в полевых и камеральных условиях, поддержание трудовой дисциплины и обеспечение хранения приборов и инструментов, полученных бригадой.

Все студенты прибывают на практику в установленное время. Студенты, опоздавшие на практику более чем на два дня, к прохождению практики не допускаются.

Виды, объём и продолжительность работ на практике устанавливаются согласно рабочей программе практики. Каждой бригаде отводится участок для выполнения работ и выдаётся график их проведения, который записывается бригадиром в дневник бригады. Для выполнения каждого вида работ бригада получает в геокамере необходимые приборы, инструменты и принадлежности, журналы измерений, бланки для вычислений и т.п.

До получения приборов студенты под руководством преподавателя изучают технику безопасности и правила поведения на практике. Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются.

По выполнении всех видов работ, предусмотренных программой практики, каждая бригада представляет руководителю отчёт, содержащий описание всех видов работ, полевые журналы, расчёты и графические материалы. После проверки преподавателем материалов отчёта и устранения студентами сделанных замечаний бригада сдаёт отчёт по практике. Оценка знаний и полученных навыков каждого студента производится дифференцированно по результатам его работы в процессе прохождения практики и сдачи зачёта.

Продолжительность рабочего дня студентов на практике составляет 6 часов. Начало и окончание рабочего дня определяются руководителем практики.

Обязанности студентов на практике

Чёткая организация и слаженность работы в бригаде являются непременным условием успешного прохождения студентами учебной геодезической практики. При этом важная роль отводится бригадиру, который организует работу с учётом равномерного участия членов бригады во всех видах работ, ведёт рабочий дневник и табель выходов членов бригады на работу, поддерживает учебную и производственную дисциплину в бригаде.

После проведения руководителем инструктажа по технике безопасности бригадир получает в геокамере под расписку необходимые приборы и принадлежности. В дальнейшем в его обязанности входит обеспечение правильного их хранения и использования. По окончании полевых работ бригадир сдаёт приборы в геокамеру в сохранности.

Каждый студент к началу практики должен подготовить все необходимые чертёжные инструменты и принадлежности, чертёжную и писчую бумагу, учебник, учебное пособие, конспект и т.п. Студент должен строго соблюдать установленный распорядок дня и трудовую дисциплину, выполнять правила техники безопасности и охраны природы и окружающей среды, проявлять сознательное отношение к порученному делу, бережно относиться к геодезическим приборам и принадлежностям.

Каждый студент должен принимать личное участие в выполнении всех видов полевых и камеральных работ, предусмотренных программой практики, в установленные календарным планом сроки. Студент несёт личную ответственность за порученную ему часть работы, так как от качества и своевременности её выполнения зависит в конечном итоге успех работы бригады в целом.

Пропуски и опоздания студентов на практику без уважительных причин недопустимы. Студенты, систематически допускающие нарушения трудовой и учебной дисциплины, правил техники безопасности и охраны природы и окружающей среды, отстраняются руководителем от дальнейшего прохождения практики

Основные требования техники безопасности и охраны окружающей среды

В процессе прохождения практики по геодезической астрономии студенты обязаны строго соблюдать правила безопасности, санитарии и личной гигиены, требования к охране природы и окружающей среды. К основным из них относятся следующие:

1. Все приборы и инструменты до начала работы должны быть тщательно осмотрены. Ручки или ремни ящиков и футляров приборов и штативов должны быть прочно прикреплены.

Топоры и молотки должны быть плотно насажены на рукоятки с расклиниванием их металлическими клиньями. Деревянные рукоятки не должны иметь трещин и заусениц.

2. Вехи и штативы следует переносить, держа их острыми концами вниз; при этом раздвижные ножки штативов должны быть надёжно закреплены. Во избежание повреждения ног нельзя носить за спиной геодезические приборы на штативах. Топоры разрешено переносить только в чехлах; при работе с топором в радиусе взмаха топора не должны находиться люди.

3. Запрещается перебрасывать друг другу вешки и шпильки. Во избежание пореза рук краями полотна стальной рулетки или мерной ленты разматывать и сматывать их надо двум студентам одновременно.

Складные и раздвижные рейки должны иметь исправные винты в местах скрепления; для исключения случайного складывания рейки при работе стопор должен быть надёжно закреплён.

4. При выполнении измерений вдоль дорог работающим с приборами нельзя размещаться на проезжей части дорог. Предупреждение о приближении транспорта подаётся условным сигналом. Реечнику нельзя стоять спиной к приближающемуся транспортному средству.

Во время перерывов в работе запрещается оставлять приборы вблизи дороги. При переходах с приборами следует передвигаться по левой стороне дороги навстречу движению транспорта.

5. В солнечные дни работа в поле без головного убора не допускается. В наиболее жаркие часы дня (при температуре выше 25 °С) работа должна быть прервана и перенесена на более прохладное утреннее и вечернее время.

Запрещается работать босиком; в сухую погоду следует использовать лёгкую удобную обувь с прочной подошвой. Одежда должна быть свободной, удобной для работы и соответствовать погоде.

Во избежание простудных заболеваний нельзя садиться или ложиться на сырую землю и траву. Запрещается пить воду из случайных источников; нельзя пить холодную воду или прохладительные напитки, будучи потным или разгорячённым.

6. При приближении грозы полевые работы должны быть прекращены. Во время грозы не разрешается укрываться под высокими деревьями и находиться вблизи столбов, мачт, громоотводов, труб и т.п.

При несчастных случаях пострадавшему должна быть оказана первая медицинская помощь, после чего его следует направить в ближайший медпункт или вызвать скорую медицинскую помощь.

7. Студенты, страдающие тяжёлыми хроническими заболеваниями или находящиеся в болезненном состоянии, к полевым работам не допускаются. Студенты, появившиеся на работу в нетрезвом состоянии, отстраняются от практики и направляются руководителем в распоряжение деканата.

8. При производстве полевых работ следует исключать случаи нанесения ущерба природе и окружающей среде. Прокладку съёмочных ходов надо выполнять вдоль дорог и троп, располагая опорные точки в местах отсутствия лесонасаждений и посевов сельскохозяйственных культур. Запрещается топтать и портить посевы и зелёные насаждения, оставлять забитые выше поверхности земли колья на пашне, лугах и проезжей части дорог. После завершения полевых работ все колышки должны быть извлечены из земли.

9. Категорически запрещается разведение костров в лесопосадках и вблизи спелых посевов. Нельзя бросать на землю горящие спички и не затушенные окурки, курить в сухом лесу или на участках с засохшей травой. При обнаружении очага пожара вблизи места работы студенты обязаны немедленно сообщить о пожаре в органы пожарной охраны и принять меры по быстрой его ликвидации.

10. Запрещается засорять водоёмы и территорию полигона; бумага, целлофановые пакеты, бутылки, остатки пищи и т.п. должны собираться и складываться в специально отведённых местах.

2. ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

2.1 Порядок проверки технического состояния геодезических приборов при получении их со склада

Для выполнения программы геодезической практики по геодезической астрономии каждая бригада должна получить на складе следующие геодезические приборы и принадлежности:

- штатив с нитяным отвесом;
- теодолит 2Т30 или 2Т5К;
- мерную рулетку с набором шпилек;

Все полученные приборы должны быть осмотрены, желательно в присутствии преподавателя, с точки зрения их технического состояния. При обнаружении каких-либо неисправностей или некомплектности прибор должен быть возвращен на склад для его ремонта или замены.

Штатив

Ножки раздвижного штатива шарнирно соединены с головкой штатива специальными винтами. Необходимо проверить, чтобы эти болты были хорошо закреплены и не шатались. Регулировку болтов выполняют гаечным ключом. При выдвигании ножек штатива не следует делать больших усилий, так как можно сорвать стопорные приспособления. Штатив необходимо держать в вертикальном положении, чтобы при выдвигании ножек не нанести себе травму. Если ножки не выдвигаются, нужно ослабить сцепление, слегка покачивая их вправо и влево, держась за наконечники. После выдвигания ножек необходимо закрепить их стопорными винтами и проверить надежность закрепления. Для прикрепления теодолита к головке штатива имеется становой винт. Внутри винта должен находиться крючок для подвешивания нитяного отвеса. На одной из ножек штатива должен располагаться пенал с крышкой для нитяного отвеса. Для переноса штатива на значительные расстояния должны быть специальные ремни, которые стягивают ножки штатива.

В комплекте со штативом должен быть нитяной отвес с фиксатором длины нити. Нить отвеса должна быть без узлов, длиной не менее полутора метров.

Теодолит 2Т5К

Установить теодолит вместе с футляром на штатив и закрепить его винтом. Снять футляр, для чего открыть замки, отжав пружины-фиксаторы и повернув рукоятки замков по направлению стрелок.

Открепить закрепленные винты алидады и зрительной трубы и вращением от руки проверить плавность вращения алидады и зрительной трубы. Закрепив винты алидады и зрительной трубы и открепив винт лимба, проверить надежность закрепления лимба. Закрепив винт лимба, проверить надежность закрепления лимба, алидады и трубы.

При закрепленном положении закрепительных винтов проверить работу наводящих винтов лимба, алидады и трубы. При их вращении труба должна плавно перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Наблюдением через зрительную трубу проверить работу фокусирующих устройств трубы. Для этого вращением диоптрийного кольца отфокусировать сетку нитей, то есть добиться резкости ее изображения. После этого вращением кремальеры добиться резкого изображения как удаленных, так и близлежащих предметов. Если при этом кремальера вращается вхолостую и добиться резкости изображения не удастся, необходимо повернуть опорный винт, расположенный в отверстии на кремальере.

Проверить качество изображения отсчетных шкал в микроскопе. Для этого вращением круглого зеркальца добиться полного освещения шкал и вращением диоптрийного кольца микроскопа - четкого их изображения. Четкость изображения штрихов шкал и оцифровки должна сохраняться по всему полю изображения микроскопа.

Проверить плавность вращения подъемных винтов. Если винты имеют тугой ход, необходимо пригласить со склада учебного мастера для их регулировки.

Проверить целостность исправительных винтов цилиндрического уровня и сетки нитей.

Перед укладкой теодолита в футляр установить все наводящие винты в среднее положение, зрительную трубу поставить вертикально объективом вниз. Совместить красные метки на колонке теодолита и на его основании так, чтобы шпонка футляра вошла в паз основания, и, слегка нажимая на футляр сверху, закрыть на замки, вращая их рукоятки против стрелки.

Мерная рулетка

При получении мерную рулетку необходимо полностью развернуть и проверить ее целостность. При разрыве мерной рулетки, а так же при сильных перегибах, ее следует заменить на исправную.

2.2. Порядок подготовки приборов для сдачи их на склад

После окончания полевых работ студенты, по разрешению преподавателя-руководителя студенческой группы, сдают приборы на склад. Перед сдачей приборов необходимо:

- мягкой тряпкой протереть от пыли теодолит и нивелир, футляр теодолита и упаковочный ящик нивелира также требуется привести в порядок;
- очистить от грязи и пыли металлические части штатива и вешек, протереть влажной тряпкой нивелирные рейки;
- мерную рулетку, шпильки и топор очистить от ржавчины и протереть тряпкой.

За утерю или поломку геодезических приборов и оборудования студенты несут материальную ответственность. Если виновный в утере или поломке не

обнаружен, материальную ответственность несут все члены бригады на равных основаниях.

При полном расчете студенческой бригады со складом заведующий геодезической лабораторией выдаёт бригадиру зачётную книжку. При отсутствии расчёта со складом зачёт по практике студентам данной бригады не ставится.

3. ПОДГОТОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ К РАБОТЕ

После осмотра полученных приборов и принадлежностей выполняют проверки приборов и компарирование мерной рулетки.

Компарирование мерной рулетки

Компарирование мерной рулетки выполняют упрощенным способом – путём сравнения длины рабочей мерной рулетки с образцовой мерой, в качестве которой может служить 20-метровая компарированная (с точностью не ниже 1:10000) рулетка.

Для этого на ровной поверхности укладывают рядом образцовую меру (рулетку) и мерную рулетку и совмещают их нулевые деления. Линейкой измеряют разность Δl_k между фактической длиной мерной рулетки и длиной l_0 эталонной рулетки, т.е.

$$\Delta l_k = l - l_0. \quad (3.1)$$

где Δl_k – поправка за компарирование.

В рабочей тетради записывают дату компарирования, длину мерной рулетки и температуру компарирования.

Проверки и юстировка теодолита

Ось уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.

Устанавливают уровень параллельно линии, соединяющей два подъёмных винта, и, вращая эти винты в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину ампулы. Поворачивают алидаду на 180° . При отклонении пузырька уровня от середины более чем на одно деление исправительными винтами уровня смещают пузырек к середине на половину дуги отклонения и окончательно приводят его на середину вращением подъёмных винтов. Для контроля проверку повторяют.

Перед выполнением следующих проверок приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Для этого уровень ставят параллельно двум подъёмным винтам и с их помощью приводят пузырек уровня на середину ампулы. Поворачивают алидаду на 90° и третьим подъёмным винтом вновь приводят пу-

зырек уровня на середину. После этого при любом положении алидады пузырек уровня не должен отклоняться от середины более чем на одно деление.

При отвесном положении вертикальной оси теодолита одна из нитей сетки должна быть вертикальна, другая - горизонтальна.

В 5-6 м от теодолита подвешивают отвес. Вертикальную нить сетки наводят на нить отвеса. Если нить сетки совпала с нитью отвеса, условие выполнено. В противном случае отверткой ослабляют винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, и поворачивают окуляр так, чтобы вертикальная нить сетки совпала с нитью отвеса. Для проверки горизонтальности нити эту нить наводят на хорошо видимую точку местности. При перемещении трубы в горизонтальной плоскости изображение точки не должно сходить с нити.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.

Угол отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы называется коллимационной ошибкой. Для выявления коллимационной ошибки выбирают удаленную хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят зрительную трубу на эту точку при положении вертикального круга слева от трубы и берут отсчет по горизонтальному кругу (КЛ). Переведя трубу через зенит, открепляют алидаду, наводят трубу на ту же точку и снова берут отсчет (КП). Величину коллимационной ошибки C вычисляют по формуле

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}. \quad (3.2)$$

Если величина C превышает удвоенную точность отсчета, необходимо произвести исправление. Для этого вычисляют исправленный отсчет по горизонтальному кругу: $КП_{испр} = КП + C$ или $КЛ_{испр} = КЛ - C$, и устанавливают его наводящим винтом алидады. Перекрестие сетки нитей сместится относительно наблюдаемой точки. Ослабив предварительно вертикальные исправительные винты, боковыми винтами передвигают сетку до совмещения перекрестия с изображением точки. После исправления поверку повторяют.

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.

Наводят трубу на высоко расположенную точку, находящуюся на стене какого-либо здания. Наклонив трубу примерно до горизонтального положения, отмечают на стене точку, в которую проектируется перекрестие сетки нитей. Повернув трубу через зенит, повторяют те же действия при другом положении вертикального круга. Если проекции точки совпадут, то условие выполнено. В современных теодолитах соблюдение этого условия гарантируется заводом, если оно не соблюдается, то исправление необходимо выполнять в специальной мастерской или на заводе.

4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

4.1. Создание плановой геодезической основы для астрономических наблюдений

Подготовительные работы

Изучить правила техники безопасности и охраны окружающей среды. Выполнить поверку теодолитов, прокомпарировать мерные ленты и рулетки. Получить задание.

Полевые работы

Рекогносцировка и закрепление пунктов плановой геодезической сети

Рекогносцировка и закрепление пунктов плановой геодезической сети производится бригадой в полном составе под руководством преподавателя, который указывает границы участка съёмки, исходные геодезические пункты и условия прокладки теодолитных ходов. Пункты геодезической сети выбираются с расчётом, чтобы было обеспечено удобство установки прибора на станции и выполнения угловых и линейных измерений. Длины сторон должны быть не более 250 м и не менее 10 м, предельная длина ходов – 2500 м; углы наклона линий не должны превышать 5° . В результате рекогносцировки составляют схему сети теодолитных ходов, которая прилагается к отчёту.

Пункты геодезической сети закрепляют на местности деревянными колышками, забиваемыми вровень с поверхностью земли; центр обозначается гвоздём, забиваемым в торец колышка. В 20-30 см от точки забивают сторожок, на котором подписывают номер бригады, номер пункта и дату его закладки.

Измерение углов и длин сторон теодолитного хода при создании плановой геодезической сети

Для создания плановой геодезической сети прокладывают теодолитный ход, в котором измеряются правые по ходу горизонтальные углы при обходе полигона по часовой стрелке. Для этого зрительную трубу теодолита наводят сначала на заднюю, а затем на переднюю веку и из отсчета на заднюю веку вычитают отсчет на переднюю. Наведение делается на нижнюю часть вехи. При небольших расстояниях вместо вехи удобнее использовать шпильку. Каждый угол измеряется двумя полуприёмами. Расхождение в углах между полуприёмами не должно превышать двойной точности отсчета. При большем расхождении запись в журнале аккуратно зачеркивается, лимб смещается на произвольное число градусов и измерения повторяются.

Параллельно с измерением горизонтальных углов измеряются стороны теодолитных ходов. Измерения производятся стальной 20-метровой лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях. Расхождение прямого и обратного значения длин линий не должно превышать 1/1500 при средних условиях измерений.

Для определения горизонтальных проекций линий измеряются углы наклона каждой линии. Измерение угла наклона производится при положении вертикального круга слева от трубы (КЛ) путём наведения зрительной трубы на метку, соответствующую высоте прибора и сделанную на вехе или рейке, устанавливаемой в конце линии. Угол наклона линии рассчитывают по формуле

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}. \quad (4.1)$$

Результаты измерений записывают в полевой журнал.

Камеральные работы

Камеральные работы складываются из вычислений и графических построений. В результате вычислений определяют плановые координаты (X, Y) пунктов плановой геодезической сети; конечной целью графических построений является получение плана геодезического обоснования.

Камеральную обработку результатов измерений начинают с проверки и обработки полевых журналов. Повторно выполняют все вычисления, сделанные в поле, и выводят средние значения измеренных углов (с округлением 0,1') и длин сторон (до 0,01 м). На схему теодолитных ходов, ориентированную по сторонам света, выписывают средние значения горизонтальных углов и горизонтальные длины сторон. На схему также наносят пункты геодезической сети, к которым осуществлялась привязка теодолитных ходов, координаты исходных пунктов и дирекционные углы исходных сторон.

Вычисление координат пунктов плановой геодезической сети выполняют в ведомости координат. Результаты измерений выписываются из полевого журнала измерения углов и линий. Контролем правильности вычисления координат является получение в конце вычислений координат исходного пункта.

4.2. Определение азимута земного предмета

Подготовительные работы

Изучить правила техники безопасности и охраны окружающей среды. Выполнить поверку теодолитов и нивелиров, прокомпарировать ленты и рулетки. Получить задание.

Полевые работы

Основное светило, по которому определяют азимуты земных предметов – это Полярная звезда. Для этого измеряют горизонтальный угол между направлением на Полярную звезду и направлением на предмет D. При зенитном расстоянии светила близком к 90° ошибка определения азимута будет минимальной, и наоборот, при уменьшении зенитного расстояния, ошибка возрастает. Поэтому, начиная с широт $60 - 70^\circ$, пользуются другими способами определения азимутов. Другими способами пользуются так же, если Полярной звезды не видно на небе.

Для этого выбирают на небе любое светило. Если астрономический азимут светила A, угол между светилом и земным предметом Q, то азимут предмета, отсчитываемый от точки севера,

$$A_D = A + Q + 180^\circ. \quad (4.2)$$

Азимут светила можно выразить через формулу котангенсов и определить по часовому углу светила $t = T_S - \alpha$. Так же должны быть известны широта точки наблюдения φ и склонение светила δ , выбираемое из каталога.

Камеральные работы

Камеральные работы разделяются на две части. Первая часть предшествует полевым работам. Это подготовительные расчеты, необходимые для определения азимута земного предмета.

Вторая часть выполняется по окончании полевых работ и включает в себя исполнительные схемы исходных пунктов и вынесенных и закрепленных на местность точек с измеренными азимутами.

4.3. Определение географической широты и долготы точки стояния

Подготовительные работы

Изучить правила техники безопасности и охраны окружающей среды. Выполнить поверку теодолитов. Получить задание.

Полевые работы

Географическая широта какой-либо точки местности определяется довольно легко, если мы находимся в средних широтах северного полушария. Достаточно определить высоту Полярной звезды, которая и равна широте места наблюдения. Сложнее это сделать, если Полярной звезды не видно: либо она закрыта горами, либо мы находимся в южном полушарии. В этом случае широта места наблюдения определяется по теореме косинусов.

Для определения географической долготы точки стояния необходимо определить астрономический азимут и высоту выбранного светила с помощью теодолита. Для этого, выполнив обнуление на Полярную звезду, надо навести перекрестье зрительной трубы на светило (звезду) и снять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, а так же зафиксировать время выполнения измерений. Повторить измерения несколько раз и записать результаты измерений в полевой журнал.

Камеральные работы

Для определения географической долготы точки местности так же используют теорему косинусов (зенитальный способ). Сначала определяют часовой угол светила

$$\cos t = \cos z - \sin \varphi \sin \delta / \cos \varphi \cos \delta. \quad (4.3)$$

для этого помимо широты места наблюдения необходимо измерить зенитное расстояние светила и выбрать из каталога его склонение. Далее задача сводится к определению местного времени в момент наблюдения. Мы знаем, что

$$t_{\gamma} = T_S = \alpha + t. \quad (4.4)$$

Но часы или хронометр, по которым определяют время наблюдений, всегда содержат погрешности, которые исправляются специальными поправками. Поправкой часов называют разность между действительным временем и показанием часов в определенный момент и определяется либо из наблюдений светил, либо по сигналам точного времени. Запишем формулу для определения звездного местного времени с учетом поправки часов

$$T_S = \alpha + t - u. \quad (4.5)$$

где α и t прямое восхождение и часовой угол светила, а u поправка часов (хронометра).

Зная местное время, можно определить долготу точки наблюдения по формуле

$$\lambda_N = T_S - T_0. \quad (4.6)$$

где T_S и T_0 - местное время в точке N и на меридиане Гринвича (всемирное время) в один и тот же физический момент. Если часы идут по декретному времени, то всемирное время для момента наблюдений определится по соответствующей формуле

$$T_0 = T_D - (n + 1)^h. \quad (4.7)$$

Так как мы определяем местное *звездное* время, а всемирное время будет *средним солнечным*, то их необходимо привести в одну систему (например в среднее время). Для этого местное звездное переведем в среднее по формуле

$$T_m = T_s - T_s \times v. \quad (4.8)$$

Для определения точного времени и поправки на показания часов специальные радиостанции, входящие в систему службы времени, подают радиосигналы. В современных службах времени, которые существуют во многих странах, используются особо точные кварцевые и атомные часы. В настоящее время передается много сигналов времени. Наиболее распространенные:

Сигналы эталонного времени. Передаются по определенной часовой программе.

Широковещательные сигналы. Передаются каждый час московского времени в виде шести коротких звуков. При этом начало шестого сигнала точно соответствует времени $T^{h00m00s}$

Все величины, участвующие в расчетах, содержат ошибки определения, которые в большей или меньшей мере влияют на окончательные результаты вычислений. Точность вычислений зависит от положения светила на небесной сфере, метеорологических условий, качества прибора, опыта наблюдателя и т. д.

5. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ

Требования к ведению полевой документации и материалам ее обработки

Все материалы учебной практики по геодезической астрономии состоят из полевой документации и материалов вычислительных и графических работ.

К полевым материалам относятся результаты проверок и исследований приборов, журналы измерений, схемы и т.п. Полевые материалы должны быть подлинными; записи на отдельных листах (черновиках) с последующим переписыванием их в журнал начисто категорически запрещается. В журнал обязательно записывают все данные, указанные на титульном листе, заполняют сведения об используемых приборах, состоянии погоды и видимости, указывают дату наблюдений, фамилии наблюдателя и бригадира, вычерчивают схему ходов и приводят другие дополнительные сведения.

Для каждого вида работ следует использовать полевые журналы установленной формы. Перед началом работы страницы журналов должны быть пронумерованы и число их заверено руководителем практики. Все записи в журнале

ведутся карандашом или шариковой ручкой четко и аккуратно. Исправление цифр, их подчистка резинкой или лезвием, написание цифры по цифре не допускается. Во всех случаях ошибочной записи в результатах измерений на станции или в одном приеме наблюдения выполняются заново. Прием, в котором допущена ошибка или описка, аккуратно зачеркивается по линейке и указывается причина вычеркивания. Если допущены ошибки в вычислениях, ошибочный результат разрешается зачеркнуть по линейке, а правильный - записать на свободном месте выше или ниже зачеркнутого. Журнал должен заполняться таким образом, чтобы другой исполнитель, не участвующий в полевых работах, мог безошибочно выполнить последующую обработку результатов измерений.

Результаты измерений, произведенных с одинаковой точностью, пишутся с одинаковым числом знаков; при угловых измерениях значения минут и секунд записывают двузначными числами (например, $48^{\circ}06'05''$, а не $48^{\circ}6'5''$). При заполнении полевых журналов числа в столбцах записывают так, чтобы цифры соответствующих разрядов располагались одни под другими без смещения (например, $\frac{315,27}{87,42}$).

Для дневника учебной практики может быть использована общая тетрадь. Дневник бригады должен содержать следующие сведения:

- 1) список приборов, оборудования, принадлежностей, учебной и методической литературы, закрепленных за бригадой;
- 2) табель учета выхода членов бригады на работу;
- 3) замечания и указания по работе бригады и отдельных ее членов, которые даются руководителем в процессе прохождения практики;
- 4) корректурные листы, составляемые руководителем практики при контроле и приемке отдельных видов работ, с отметками бригадира об устранении сделанных замечаний;
- 5) краткое описание ежедневно выполненных работ по результатам практики, выполняемое поочередно членами бригады. В нем должны быть приведены результаты исследований, проверок и юстировок приборов, приведено содержание выполненных за день геодезических работ: рекогносцировка местности, способ закрепления точек съемочного обоснования и их число, методика измерений, допуски, фактические невязки, способы увязки, результаты контроля и т.д.

К окончательным вычислениям следует приступать только после тщательной проверки полевых материалов; их выполняют на бланках (ведомостях) установленной формы. Принятая форма вырабатывает определенную последовательность вычислений, ускоряет их выполнение и сокращает количество ошибок. Особые требования при этом следует предъявлять к аккуратности и четкости записи чисел в вычислительных бланках. Результаты вычислений (горизон-

тальные и вертикальные углы, дирекционные углы и румбы, приращения координат Δx и Δy , координаты x и y , превышения h и отметки точек H) должны определяться с точностью, соответствующей точности исходных данных и результатов измерений; не следует работать с излишним числом знаков.

Все результаты промежуточных вычислений необходимо контролировать выполнением их «в две руки», повторением этих вычислений либо получением результатов другим способом. Не проконтролировав предыдущих действий, нельзя переходить к последующим вычислениям. Вычисления следует заканчивать определением погрешностей и обязательным их сравнением с допусками, предусмотренными соответствующими инструкциями.

Все вычисления как в полевых, так и камеральных условиях следует выполнять с помощью микрокалькуляторов. Однако при выполнении простых вычислений с небольшим количеством цифр (особенно при сложении и вычитании чисел) нельзя приуменьшать роли устного счета (вычислений «в уме»), позволяющего легко и быстро получить окончательный результат. Устным счетом следует также пользоваться при приближенном контроле вычислений, подставляя в формулы округленные значения входящих в них величин.

Графические работы должны выполняться чертежными инструментами и принадлежностями. Для обеспечения необходимого качества и производительности чертежных работ следует своевременно позаботиться о надлежащей организации рабочего места. Чертежные работы должны выполняться на листах качественной чертежной бумаги, закрепленных на ровном столе либо на чертежной доске. Составленный карандашом чертеж после тщательной проверки и корректировки оформляется в туши в соответствии с установленными условными знаками. Допускается выполнение расчено-графических работ на компьютере.

Основные требования к содержанию и оформлению отчёта

К концу практики каждая студенческая бригада составляет отчет по всем видам работ, предусмотренным программой учебной геодезической практики. В отчет включаются все материалы полевых и камеральных работ по разделам, объединяющим отдельные виды работ.

Полевые, вычислительные и графические материалы сопровождаются пояснительной запиской по каждому виду работ. В пояснительной записке приводится задание, описание места производства работ, применяемых приборов и выполненных поверок, методики выполнения полевых измерений и камеральной обработки их результатов. Во введении излагаются цели и задачи практики, дается описание места прохождения практики и перечень выполненных видов работ. В заключении члены бригады должны высказать свое мнение, что дала им учебная практика, и предложения по ее совершенствованию.

Графические материалы должны быть вычерчены в туши в соответствии с требованиями действующих инструкций по производству топографо-геодезических работ с соблюдением установленных условных знаков.

Все материалы практики, включая пояснительную записку, подшиваются в одну папку, на титульном листе которой указывается название отчета, группа, номер бригады и ее состав. Обязательно приводится содержание отчета и список использованной литературы. Нумерация материалов в отчете сквозная.

Материалы отчета должны быть проверены и подписаны всеми членами бригады и руководителем практики. К отчету обязательно прилагается дневник бригады.

Контроль работ и порядок сдачи отчета по практике

В процессе практики руководитель систематически контролирует выполнение бригадой всех этапов полевых и камеральных работ и выявляет степень усвоения каждым студентом данного вида работ. После завершения отдельного вида работ руководитель практики проверяет содержание, правильность и полноту оформления материала, качество исполнения и обработки. Сделанные замечания заносятся в корректурный лист, который прилагается к материалам раздела отчета. Замечания должны быть устранены бригадой, после чего работа принимается руководителем.

Для получения зачета по практике бригада должна представить исправленный и окончательно оформленный отчет с приложением справки о сдаче лаборанту кафедры всех приборов и принадлежностей в исправном состоянии. Зачет по практике принимается у студентов, полностью выполнивших программу практики. Оценка выводится каждому члену бригады индивидуально с учетом результатов защиты отчетов, оценки знаний при промежуточных контролях, качества выполнения студентом полевых и расчетно-графических работ, инициативы и трудовой дисциплины в период прохождения практики.

Библиографический список

Геодезия: учебник

1. Понятие о фигуре земли. Фигура земли как планеты издавна интересовала ученых; для геодезистов же установление ее фигуры и размеров является одной из основных задач. На вопрос, какую форму имеет земля, большинство людей отвечает: земля имеет форму шара!

<https://e.lanbook.com/reader/book/111205/#1>

2. Хейзен, Роберт История Земли: От звездной пыли — к живой планете: Первые 4 500 000 000 лет [Электронный ресурс] / Роберт Хейзен ; пер. Т. Казакова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Альпина нон-фикшн, 2019. — 351 с. — 978-5-91671-365-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82870.html>

3. Прием и обработка данных дистанционного зондирования Земли с космического аппарата TERRA [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторной работы №1 / В. И. Майорова, Д. А. Гришко, В. П. Малашин, С. С. Семашко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. — 28 с. — 978-5-7038-3922-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31616.html>

4. Поклад, Геннадий Гаврилович. Геодезия [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО. - М. : Академический проект : Парадигма, 2011 (Ульяновск : ОАО "Обл. тип. "Печатный двор", 2011). - 537 с.

5. Практикум по геодезии [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / под ред. Г. Г. Поклада ; Воронеж. гос. аграрный ун-т им. К. Д. Глинки. - М. : Академический проект : Трикта, 2011 (Ульяновск : ОАО "Обл. тип. "Печатный двор", 2010). - 485 с.

5. Попов Б.А. Основы геодезии [Электронный ресурс]: практикум/ Попов Б.А., Нестеренко И.В.— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72927.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Полежаева Е.Ю. Современный электронный геодезический инструментарий (Виды, метод и способы работы) [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Полежаева Е.Ю. – Электрон. текстовые данные. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. – 108 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20520>.

7. Автоматизация высокоточных измерений в прикладной геодезии. Теория и практика [Электронный ресурс]/ В.П. Савиных [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Академический Проект, Альма Матер, 2016.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60080.html>.— ЭБС «IPRbooks»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ.....	4
2. ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИ- БОРАМИ.....	7
2.1. Порядок проверки технического состояния геодезических приборов при получении их со склада.....	7
2.2. Порядок подготовки приборов для сдачи их на склад.....	9
3. ПОДГОТОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ К РАБОТЕ	10
4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ.....	12
4.1. Создание плановой геодезической основы астрономических наблюдений.....	12
4.2. Определение азимута земного предмета.....	13
4.3. Определение географической широты и долготы точки стоя- ния.....	14
5. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ.....	16
Библиографический список.....	20

ПРАКТИКА ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

*Методические указания
для прохождения практики по геодезической астрономии
для студентов направления 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»
профиль: Геодезия*

Составитель:

Шумейко Вячеслав Владиславович

Компьютерный набор В.В. Шумейко

Подписано к изданию 15.09.2021.

Уч.-изд. л. 1,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект