

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»
Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для прохождения учебной практики
для студентов направления подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»
всех форм обучения

ВОРОНЕЖ 2022

УДК 528.3
ББК 26.12я7

Составитель: Е.В. Васильчикова

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ: метод. указания: для прохождения учебной практики для студентов направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Е.В. Васильчикова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022.– 32 с.

Основная цель методических указаний состоит в рассмотрении порядка прохождения практики, состоящей из полевых и камеральных работ. Описывается методика выполнения поверок геодезических приборов, рекогносцировки местности, угловых, линейных и высотных измерений, решения инженерно-геодезических задач, обработки результатов измерений, оформления графических материалов и отчета. Определены цели и задачи каждого этапа работ, описаны требования, предъявляемые к ним.

Методические указания предусмотрены для прохождения учебной геодезической практики по дисциплине «Практика: прикладная геодезия» для студентов 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_Практика прикладная геодезия.pdf.

Табл. 4. Библиогр.: 8 назв.

УДК 528.3
ББК 26.12я7

Рецензент – Ю.С. Нетребина, к.г.н., доцент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ

ВВЕДЕНИЕ

Завершающим этапом изучения дисциплины «Геодезия» является учебная геодезическая практика. В процессе прохождения практики студенты закрепляют, расширяют и углубляют теоретические знания, самостоятельно выполняют топографические и инженерно-геодезические работы в условиях, приближенных к производственным.

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

Даны методические указания по решению общеинженерных геодезических задач и конкретных строительных.

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 инженерам-строителям значительно повысились. Если раньше строитель 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 геодезической практики включены задания с элементами исследовательского характера.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ

1.1 Цели и задачи практики

Задачами геодезической практики являются: приобретение практических навыков работы с геодезическими приборами, умение выполнять геодезические измерения и построения с заданной технической точностью, овладение приемами математической обработки геодезических измерений, составление и оформление технической документации, приобретение навыков организации работы в коллективе.

В результате прохождения учебной Геодезической практики в соответствии с требованиями квалификационной характеристики студенты должны:

- **иметь представление** о важности и ответственности, составе и содержании топографо-геодезических работ, необходимых для решения различных задач строительного производства;
- **знать:**
 - 1) типы и устройства геодезических приборов для линейных и угловых измерений и методику работы с ними;
 - 2) условные знаки топографических карт и планов и решение проектных задач по ним;
 - 3) методику нивелирования различных классов;

- 4) виды настенных и грунтовых геодезических знаков и типы их закрепления;
- 5) методику выполнения различных геодезических построений;
- 6) методику выполнения простейших топографических съемок;
- 7) основные приемы камерального и полевого трассирования;
- 8) методику подготовки данных для выноса проекта в натуру;
- 9) методы достижения определенной точности геодезических измерений и выполнения требуемого контроля;
- 10) нормы и правила техники безопасности;

- **уметь:**

- 1) самостоятельно выполнять поверки геодезических приборов и инструментов;
- 2) выполнять измерения углов, превышений и расстояний с требуемой точностью;
- 3) выполнять обработку результатов измерений с соответствующим оформлением документации (ведомости, профили, планы и т.д.)
- 4) при решении инженерно-геодезических задач выполнять анализ полученных результатов и делать соответствующие выводы;
- 5) уметь применить полученные знания и практические навыки при выполнении инженерно-геодезических работ на производстве.

В процессе 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.

1.2 Организация практики

Геодезическая практика 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. Бригадирами 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.

1.3 Основные требования техники безопасности и охраны окружающей среды

В процессе прохождения изыскательской практики (геодезической) 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. Речнику 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 быстрейшей 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 изыскательской практики (геодезической) каждая бригада должна получить на складе следующие геодезические приборы и принадлежности:

- штатив с нитяным отвесом;
- теодолит 2Т30 или 2Т30П;
- нивелир Н-3;
- мерную рулетку с набором шпилек;
- нивелирную рейку.

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 2Т30 (2Т30П)

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 зеркала 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 тугий 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.

Нивелир Н-3

Проверить комплектность принадлежностей нивелира, находящихся в упаковочном ящике. Вынуть нивелир из ящика и установить на штативе, закрепив становым винтом.

Открепить закрепительный винт зрительной трубы и проверить плавность вращения трубы вокруг вертикальной оси.

Закрепить винт зрительной трубы, проверить работу наводящего винта нивелира.

Проверить качество оптики зрительной трубы, для чего вращением окулярного кольца установить резкость сетки нитей и с помощью кремальеры отфокусировать трубу на дальние и близкие точки.

Привести с помощью подъемных винтов пузырек круглого уровня на середину и после этого проверить работу элевационного винта, совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня, видимых в поле зрения окуляра.

Мерная рулетка

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

Нивелирная рейка

В комплекте с нивелиром выдаётся двухсторонняя нивелирная рейка. При получении рейки необходимо её развернуть и, опустив скобу вниз, проверить надежность вхождения фиксаторов в соответствующие отверстия.

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 геодезической 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.

$$\Delta l_k = l - l_0.$$

где Δl_k – поправка за компарирование.

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

Поверки и юстировка теодолита

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

Устанавливают уровень параллельно линии, соединяющей два подъемных 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 подъемных винтов. Для контроля поверку повторяют.

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

Поверки и юстировка нивелира

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.

Подъёмными винтами пузырьёк круглого уровня приводят в центр ампулы (в нуль-пункт) и поворачивают верхнюю часть нивелира на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырьёк остаётся в нуль-пункте, то условие выполняется. В противном случае исправительными винтами круглого уровня перемещают пузырьёк к центру ампулы на половину его отклонения, а подъёмными винтами нивелира приводят точно в нуль-пункт уровня.

Чтобы убедиться, что после исправления это условие выполняется, поверку повторяют.

При выполнении последующих проверок пузырьёк круглого уровня должен находиться в нуль-пункте.

Горизонтальная нить сетки зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.

Среднюю нить сетки наводят на ясно видимую точку (можно использовать установленную неподвижно нивелирную рейку на расстоянии 8-10 метров от нивелира) и наводящим винтом плавно вращают трубу.

Если нить не сходит с точки, то условие выполнено. При несоблюдении условия, ослабив винты, скрепляющие сетку с корпусом трубы, поворачивают сетку в нужную сторону. После исправления поверку повторяют.

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Поверка этого главного условия нивелира выполняется способом нивелирования "из середины" линии длиной около 100 м, закрепленной кольшками.

Нивелир устанавливают по середине линии и определяют превышение между точками:

$$h = З - П. \quad (3.3)$$

Затем переставляют нивелир как можно ближе к передней точке и снимают отчет по передней рейке $П_1$. Прибавив к нему превышение, получают отсчет по задней рейке $З_1$, который должен показать прибор с данной станции:

$$З_1 = П_1 + h. \quad (3.4)$$

После этого нивелир наводят на заднюю рейку и проверяют правильность отсчета. Если прибор показывает неправильный отсчет, то элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет $З_1$ и исправительными винтами цилиндрического уровня добиваются совпадения изображений концов его пузырька.

После исправления главного условия поверка должна быть повторена.

Результаты выполненных поверок нивелира заносятся в рабочую тетрадь бригады.

4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

4.1 Геодезическая подготовка проекта к выносу и вынос проекта в натуру

Подготовительные работы

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

Получить задание.

Полевые работы

Вынос проекта в натуру выполняется от закрепленных на местности пунктов геодезического обоснования. Каждая вершина проектного сооружения выносится по разбивочным элементам с двух пунктов геодезического обоснования.

Обычно используют способ полярных координат. Установив и отцентрировав теодолит над пунктом геодезического обоснования, ориентируют лимб нулем на соседний пункт. Поворачивают зрительную трубу на

необходимый угол (согласно разбивочной схеме) и в створе визирной оси откладывают лентой или рулеткой нужное расстояние. Закрепляют вершину кольшком. Последовательно выносятся все вершины проектного сооружения.

После этого делается исполнительная съемка: измеряются длины сторон и внутренние углы сооружения по вынесенным осям. Фактические параметры должны соответствовать проектным (допускаются небольшие отклонения). Заключительным этапом полевых работ является закрепление разбивочных осей проектного сооружения на местности.

Камеральные работы

Геодезическая подготовка проекта к выносу производится на основе плана геодезического обоснования. На плане размещается здание прямоугольной формы заданного размера и обозначаются разбивочные оси. Необходимо определить по плану графические координаты и вычислить проектные координаты вершин сооружения. Затем нужно построить на плане проектный контур сооружения по проектным координатам, который должен совпасть с предварительным контуром с точностью до 1-2 мм.

Далее следует рассчитать разбивочные элементы (α и d) для каждой вершины сооружения решением обратных геодезических задач по проектным координатам его вершин и координатам геодезических пунктов. Рассчитывается румб направления нужной линии через разность координат ее начала и конца:

$$r = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

По знакам приращений координат определяю четверть, где находится румб r , и по соответствующей формуле рассчитывается дирекционный угол α данного направления.

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т.е. по дирекционному углу стороны (табл.1).

Таблица 1

Знаки приращений координат по четвертям

Приращение координат	Четверти			
	I	II	III	IV
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют румбы сторон в зависимости от четверти, в которой находится данное направление (табл.2).

Связь румбов и дирекционных углов сторон

Дирекционные углы α	0-90°	90°-180°	180°-270°	270°-360°
Четверть	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
Румбы r	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$

Горизонтальное проложение линии d определяют по любой из формул:

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; d = \frac{\Delta x}{\cos r}; d = \frac{\Delta y}{\sin r}.$$

Все расчеты выписываются в таблицы, и составляется разбивочный чертеж (прил. 2,3), на котором показываются все необходимые для разбивки данные.

После проверки расчетов руководитель практики разрешает приступить к выносу проекта в натуру.

По результатам исполнительной съёмки вычерчиваются исполнительные схемы вершин и разбивочных осей проектного сооружения и их закрепления на местности.

4.2. Определение положения дополнительных опорных пунктов

Прямые геодезические угловые засечки

Прямая геодезическая засечка применяется для определения координат дополнительной точки на основании двух исходных пунктов с известными координатами. Прямая засечка может быть использована также для привязки теодолитных или тахеометрических ходов к пунктам геодезической опорной сети. В практике обычно применяют многократные прямые засечки с 3-х и более пунктов, обеспечивающие надежный контроль и повышающие точность определения координат искомого пункта.

Различают две схемы решения задачи:

1. По измеренным углам между направлением исходной стороны и направлениями на определяемый пункт P (рис. 1, а);
2. По дирекционным углам направлений с исходных пунктов на определяемый (рис. 1, б).

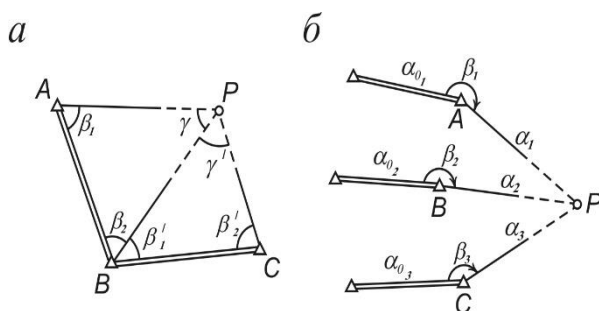


Рис.1. Схемы решения прямой геодезической засечки: а – по измеренным углам; б – по дирекционным углам

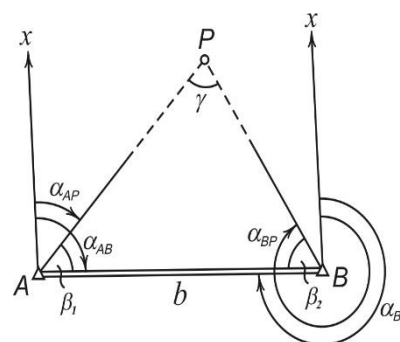


Рис.2. Прямая геодезическая засечка по измеренным углам с двух точек

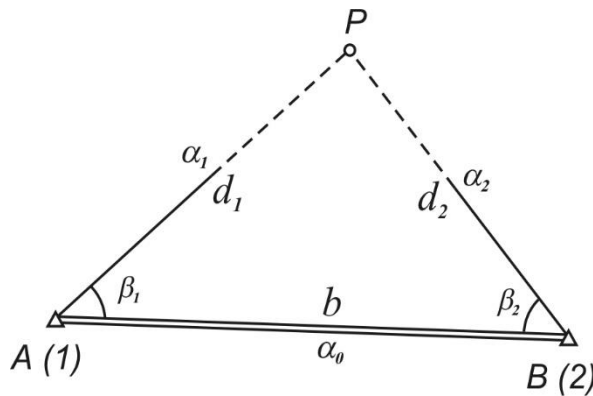
Рассмотрим способы решения задачи по каждой схеме.

Решение прямой геодезической засечки по измеренным углам (рис.2)

При допустимом расхождении за окончательные значения координат точки Р принимают средние арифметические их значения из двух решений.

Вычисление координат искомой точки может быть выполнено по формулам Юнга и Гаусса, не требующим предварительного решения треугольников.

В этом случае должен соблюдаться определенный порядок нумерации исходных пунктов, отвечающих правилу: *если встать в середине линии между исходными пунктами лицом к искомому пункту Р, то исходный пункт, находящийся по левую руку, будет первым, а по правую – вторым* (рис. 3).



Формулы Юнга (формулы котангенсов измеренных углов).

Рис.3. Схема к выводу формулы Юнга

$$\left. \begin{aligned} x_P &= \frac{x_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + x_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - y_1 + y_2}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}; \\ y_P &= \frac{y_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + y_2 \operatorname{ctg} \beta_1 + x_1 - x_2}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}. \end{aligned} \right\}$$

Решение прямой геодезической засечки по дирекционным углам направлений. Формулы Гаусса (рис.4).

Тогда

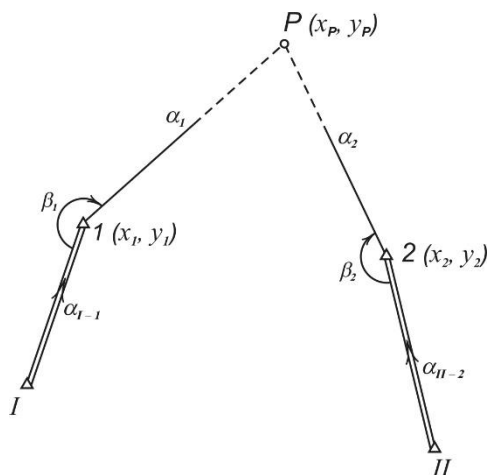


Рис.4. Схема к выводу формул Гаусса

$$x_P = \frac{x_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - x_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - y_1 + y_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Зная значение абсциссы определяемой точки P , дважды (с контролем) вычисляют ординату y_P по формулам:

$$\left. \begin{aligned} y_P &= y_1 + (x_P - x_1) \operatorname{tg} \alpha_1; \\ y_P &= y_2 + (x_P - x_2) \operatorname{tg} \alpha_2. \end{aligned} \right\}$$

Формулы называют **формулами тангенсов дирекционных углов (формулами Гаусса)**.

Координаты определяемой точки x_P и y_P могут быть выражены в функции котангенсов дирекционных углов, формулы которых выводятся по аналогии с предыдущими:

$$\left. \begin{aligned} y_P &= \frac{y_1 \operatorname{ctg} \alpha_1 - y_2 \operatorname{ctg} \alpha_2 - x_1 + x_2}{\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha_2}; \\ x_P &= x_1 + (y_P - y_1) \operatorname{ctg} \alpha_1; \\ x_P &= x_2 + (y_P - y_2) \operatorname{ctg} \alpha_2. \end{aligned} \right\}$$

Обратная геодезическая засечка (задача Потенота)

Обратная геодезическая засечка заключается в определении координат дополнительной точки P (рис. 11, а) путем измерения на этой точке углов β_1, β_2 между направлениями как минимум на три исходных пункта с известными координатами.

Полное решение этой задачи было разработано французским математиком Лорано Потенотом, поэтому определение координат точки методом обратной засечки часто называют *задачей Потенота*.

При решении обратной засечки исходные пункты следует нумеровать (см. рис. 5, а) по часовой стрелке, считая от наблюдателя (точки P).

На практике для получения надежного контроля и повышения точности определения координат искомой точки применяют многократную обратную засечку не менее чем по четырем исходным пунктам (рис. 5, б). В этом случае решение обратной засечки выполняют независимо по двум комбинациям исходных пунктов (напр., пункты 1, 2, 3 и 2, 3, 4).

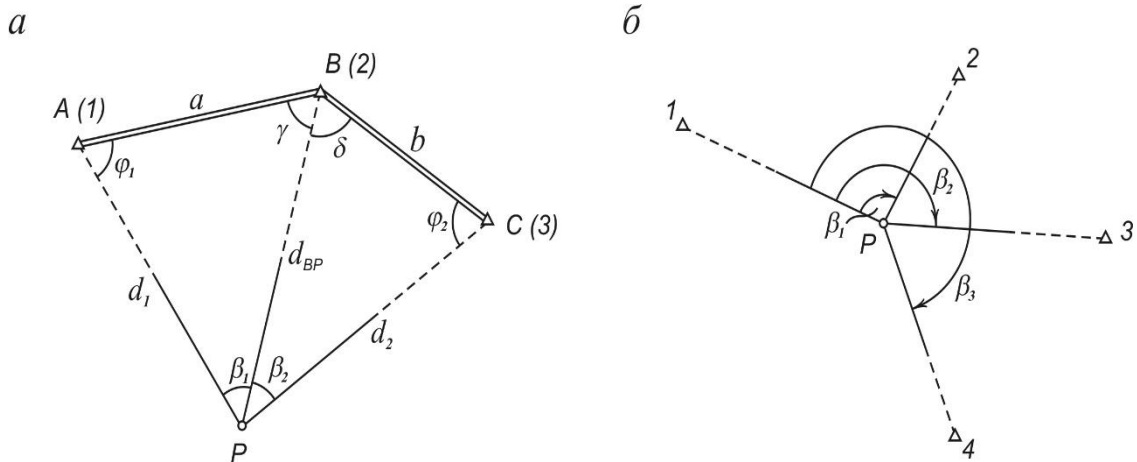


Рис.5. Обратная геодезическая засечка: а – по трем пунктам; б – по четырем пунктам

Комбинированная геодезическая засечка

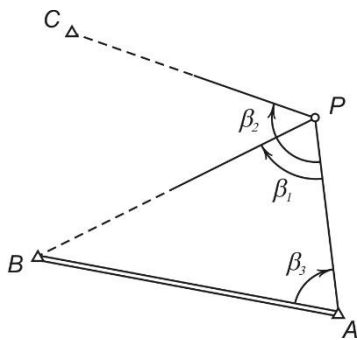


Рис.6. Комбинированная геодезическая засечка

Комбинированная засечка представляет собой сочетание элементов прямой и обратной геодезических засечек. Она применяется в случае, когда с определяемой точки P имеется видимость только на три исходных пункта A, B, C (рис. 6); при этом один или два исходных пункта (напр., B и C) могут быть недоступными для установки на них теодолита.

На определяемой точке P измеряют углы β_1, β_2 между направлениями на исходные пункты, что позволяет определить её координаты решением обратной засечки. Для обеспечения контроля на одном из исходных пунктов (напр., A) измеряют угол β_3 . В результате этого в треугольнике ABP известны координаты двух пунктов и два угла, что позволяет рассчитать координаты точки P по формулам прямой засечки.

Задача решается в следующем порядке.

1. Используя значения измеренных углов β_1, β_2 при определяемой точке P и зная координаты исходных пунктов A, B, C , решением обратной засечки находят координаты точки P .

2. По известным координатам исходных пунктов A и B решением обратной геодезической задачи определяют дирекционный угол исходной стороны α_{AB} .

3. По дирекционному углу α_{AB} и измеренным углам β_1, β_2 и β_3 вычисляют дирекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемую точку P :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_3;$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{AP} + \beta_1;$$

$$\alpha_{CP} = \alpha_{AP} + \beta_2.$$

4. По формулам тангенсов или котангенсов дирекционных углов (формулам Гаусса) вычисляют координаты точки P , используя три возможные комбинации исходных пунктов (A и B , B и C , C и A).

Сходимость результатов независимых определений координат точки P служит контролем качества измерений и вычислений. Анализ точности полученных результатов выполняют по аналогии с прямой и обратной засечками.

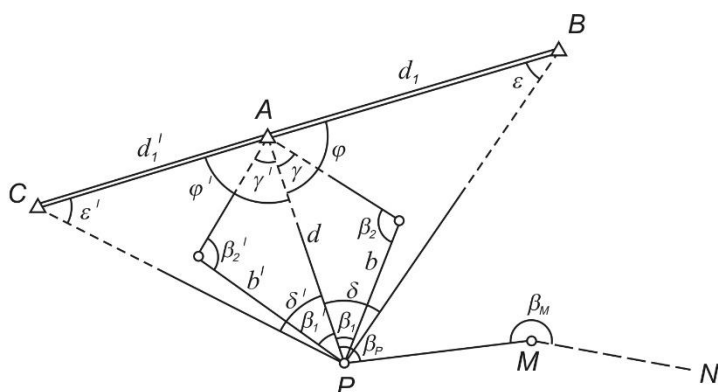


Рис.7. Схема снесения координат с вершины знака на точку хода

Снесение координат с вершины знака на землю

Данная задача возникает в случаях, когда необходимо привязать полигонометрический (теодолитный) ход к пункту существующей опорной сети, на котором нельзя встать с теодолитом (шпиль здания, заводская труба, телевышка, колокольня и другие ориентиры).

Задача решается в следующей последовательности.

Рабочие формулы

$$d = b \cdot \frac{\sin \beta_2}{\sin \gamma} = b' \cdot \frac{\sin \beta_2'}{\sin \gamma'};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad d_1 = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{AC} = \frac{y_C - y_A}{x_C - x_A}; \quad \varepsilon = \arcsin \frac{d}{d_1} \sin \delta;$$

$$\varphi = 180^\circ - (\delta + \varepsilon);$$

$$\alpha'_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi; \quad \alpha''_{AP} = \alpha_{AC} - \varphi;$$

$$x_P = x_A + d \cos \alpha_{AP}; \quad y_P = y_A + d \sin \alpha_{AP}.$$

$$\text{Контроль: } \operatorname{tg} \alpha_{PB} = \frac{y_B - y_P}{x_B - x_P}; \quad \delta_{\text{выч}} = \alpha_{PB} - \alpha_{PA}.$$

4.3 Тахеометрическая съемка

Тахеометрическая съемка представляет собой топографическую, т. е. контурно-высотную съемку, в результате которой получают план местности с изображением ситуации и рельефа. Тахеометрическая съемка выполняется самостоятельно для создания планов или цифровых моделей небольших участков местности в крупных масштабах (1: 500 – 1: 5 000) либо в сочетании с другими видами работ, когда выполнение

стереотопографической или мензульной съемок экономически нецелесообразно или технически затруднительно. Ее результаты используют при проведении земельного или городского кадастра, для планировки населенных пунктов, проектирования отводов земель, мелиоративных мероприятий и т.д. Особенно выгодно ее применение для съемки узких полос местности при изысканиях трасс каналов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач, трубопроводов и других протяженных объектов.

Полевым работам при тахеометрической съемке предшествует *составление проекта*, включающего подбор необходимых картографических материалов, каталогов пунктов планово-высотного обоснования и выбор способа создания съемочной сети в зависимости от объекта съемки, ее масштаба и имеющихся в наличии приборов. Полевые работы при тахеометрической съемке включают в себя рекогносцировку местности, создание сети съемочного обоснования и съемку ситуации и рельефа.

Рекогносцировка включает в себя знакомство с местностью в районе будущей съемки, отыскание пунктов обоснования и выбор места для закрепления точек съемочной сети. Эти точки следует располагать по возможности на возвышенных местах с хорошим обзором местности с учетом обеспечения взаимной видимости между смежными точками.

Густота точек съемочной сети зависит от масштаба съемки, сложности рельефа, застроенности или залесенности снимаемой территории. Количество точек съемочных сетей на 1 км² незастроенных территорий для планов масштаба 1: 1 000 должно быть не менее 16 точек, 1: 2 000 – 12 точек, 1: 5 000 – 4 точек; на незастроенных территориях при съемке в масштабе 1: 500 и на застроенных территориях плотность точек съемочных сетей определяется рекогносцировкой.

Планово-высотную основу тахеометрической съемки составляют пункты государственной геодезической опорной сети, сетей сгущения и съемочной сети. Съемочная геодезическая сеть создается в виде теодолитно-нивелирных ходов – при съемке рельефа с сечением до 1 м, теодолитно-высотных и тахеометрических ходов – при съемке рельефа с сечением через 2 м и более.

В теодолитно-нивелирных ходах стороны измеряются мерной лентой или соответствующими по точности оптическими дальномерами либо тахеометрами, горизонтальные углы – техническими теодолитами, а превышение точек хода – методом геометрического нивелирования. В *теодолитно-высотных ходах* длины сторон и горизонтальные углы измеряются так же, как и в предыдущем случае; превышения же точек хода определяются методом тригонометрического нивелирования.

Тахеометрические ходы служат для сгущения съемочной сети. Поэтому до начала тахеометрических работ пункты съемочного обоснования должны быть доведены до плотности, обеспечивающей возможность проложения тахеометрических ходов с соблюдением требований табл. 3.

Таблица 3. Требования к параметрам тахеометрических ходов

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина сторон, м	Максимальное число сторон в ходе
1:5 000	1 200	300	6
1:2 000	600	200	5
1:1 000	300	150	3
1:500	200	100	2

Тахеометрические ходы отличаются от теодолитно-высотных тем, что стороны в них измеряются обычно с помощью нитяного дальномера. Точки тахеометрических ходов закрепляются так же, как и в теодолитных ходах. Тахеометрические ходы прокладывают между пунктами опорной геодезической сети и съемочного обоснования, координаты которых известны из более точных измерений. Привязка этих ходов к опорным пунктам выполняется в обычном порядке.

Перед началом измерений выполняют поверки и юстировки теодолита, определяют МО вертикального круга и коэффициент дальномера. Теодолит устанавливают на одной из точек хода в рабочее положение и измеряют высоту прибора i с точностью до 1 см. На задней и передней точках хода устанавливают рейки.

Измерение горизонтальных углов выполняется одним полным приемом. Длины сторон измеряются с помощью нитяного дальномера, при съемке в масштабе 1: 500 мерной лентой. Расхождение между результатами измерений стороны хода в прямом и обратном направлениях не должно превышать $1/400$ ее длины.

Вертикальные углы измеряют при двух положениях зрительной трубы (КЛ и КП) в прямом и обратном направлениях. Визирование выполняют на верх рейки либо на круглый отсчет на рейке, отличающийся от высоты прибора i . Контролем правильности измерений вертикальных углов служит постоянство МО, колебания которого не должны превышать $1'$. Здесь же в поле вычисляют для каждой стороны прямое и обратное превышения, которые могут отличаться по абсолютной величине не более чем на 4 см на каждые 100 м горизонтального расстояния. При работе с номограммными тахеометрами прямые и обратные превышения для каждой стороны хода измеряют по кривым превышений.

После производства измерений на станции по созданию съемочного обоснования приступают к съемке ситуации и рельефа.

Съемка ситуации и рельефа

Тахеометрическая съемка местности может выполняться техническими теодолитами либо специальными тахеометрами. По возможности

рекомендуется использовать для съемки тахеометры-автоматы (номограммные тахеометры), позволяющие непосредственно измерять горизонтальные проложения линий и превышения точек. Это освобождает исполнителя от измерения вертикальных углов и вычислений, что существенно повышает производительность труда.

Съемка ситуации и рельефа может выполняться одновременно с проложением тахеометрических ходов либо после того, как ходы проложены. В первом случае на каждой станции сначала проводят все измерения, связанные с проложением ходов съемочного обоснования, а затем выполняют съемку ситуации и рельефа.

Съемка местных предметов, контуров и рельефа местности производится, как правило, полярным способом; в исключительных случаях (при съемке недоступных местных предметов) применяется способ угловых засечек. Превышение точек местности определяют тригонометрическим нивелированием; в равнинной местности превышения можно определять горизонтальным лучом, пользуясь теодолитом как нивелиром, т. е. установив визирную ось трубы теодолита в горизонтальное положение. Горизонтальные (полярные) и вертикальные углы измеряют при одном положении зрительной трубы прибора, полярные расстояния – нитяным дальномером.

Вокруг каждой станции намечают *реечные (пикетные) точки*, необходимое количество которых зависит от характера рельефа, сложности ситуации и масштаба съемки. Реечные точки выбирают на характерных точках рельефа – на вершинах и подошвах холмов, на дне и бровках котловин и оврагов, по линиям водоразделов и водосливов (тальвегов), на перегибах скатов и седловинах, а также в характерных точках контуров и у местных предметов. Чем крупнее масштаб съемки, меньше принятая высота сечения рельефа и сложнее характер снимаемой местности, тем больше должно быть число реечных точек. Допустимые расстояния между реечными точками и от прибора до рейки зависят от масштаба съемки и высоты сечения рельефа; согласно инструкции они не должны превышать величин, приведенных в табл. 4.

Таблица 4. Допустимые расстояния от прибора до рейки и между пикетами

Масштаб съемки	Сечение рельефа	Максимальное расстояние между реечными (пикетными) точками, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки, м	
			при съемке рельефа	при съемке контуров
1:500	0,5 – 1,0	15	100 – 150	60
1:1 000	0,5 – 1,0	20 – 30	150 – 200	80

1:2 000	0,5 – 1,0 2,0	40 50	200 – 250 250	100
1:5 000	0,5 – 1,0 2,0 – 5,0	60 – 80 100 – 120	250 – 300 350	150

На рис. 14 показан пример выбора положения высотных и контурных речных точек.

Для изображения рельефа устанавливают рейку на всех точках перегибов местности по характерным линиям рельефа с таким расчетом, чтобы скат между соседними речными точками можно было считать равномерным, допуская колебания в пределах не более половины высоты сечения рельефа горизонталями. Так, для того чтобы изобразить рельеф холма (рис. 14, а), речник должен последовательно установить рейку в следующих точках: 1 – 9, 12, 13, 14 – для определения подошвы холма, 15, 16, 17, 30, 31 – перегибов скатов, 20, 26, 29 – вершины холма, 21, 27 – седловин, 10, 11, 19, 22, 28 – направлений линий тальвегов лощин и т. п. В пределах снимаемого участка местности должны быть сняты все объекты ситуации, выражающиеся в заданном масштабе плана. При выборе контурных точек (рис. 14, б) следует иметь в виду, что изгибы снимаемых контуров меньше 0,5 мм в масштабе плана спрямляются; участки сельскохозяйственных угодий и контуры растительного покрова площадью до 10 мм² на плане не показываются.

При выполнении съемки техническими теодолитами (круговыми тахеометрами) работа на станции выполняется в следующем порядке.

1. Теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение, измеряют высоту прибора i и отмечают ее на рейке.

2. При КЛ (или КП) совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба визируют зрительной трубой на предыдущую (иногда последующую) станцию; тем самым лимб ориентируется нулевым делением по выбранному начальному направлению. Лимб закрепляют.

3. Открыв алидаду, производят последовательное визирование на снимаемые пикетные точки, на которых устанавливается рейка. Зрительную трубу наводят на рейку так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с осью рейки, а горизонтальная – с меткой, соответствующей высоте прибора. Берут отсчеты по нитяному дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнал (табл.5).

В графе «Примечание» указывают место расположения речной точки, характер рельефа в данной точке и другие сведения, необходимые для вычислений и при последующем составлении плана. Если речная точка является только контурной, то при ее съемке отсчет по вертикальному кругу не берется.

Таблица 5. Журнал тахеометрической съемки

Станция т.Ш

18 июля 2002 года

$H = 435,57$ м

$i = 1.42$ м

$V = i$

МО = 0°01'

Теодолит 2Т30 №05784

Лимб ориентирован по т.П при КЛ

№ точк и ви- зиро- ва- ния	Отчеты по кругу		Дально- мерные расстоя- ния $L=K_n$, м	Угол накл она ν	Гори- зонт. проло- жение d , м	Пре- выше- ние h , м	Абсо- лют- ная от- метка H , м	Приме- - чание
	гори- зон- таль- ному	верти- каль- ному						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
т.П	0°00'							
28	12°32'	+2°03'	37,2	+2°0 2	37,2	+1,32	436,89	ло- щина
29	47°16'	+5°27'	54,3	+5°2 6'	53,8	+5,13	440,70	дорога
...
...
52	342°1 2	-2°04'	78,3	-2°05'	78,2	-2,84	431,15	гра- ница леса ($V=3,0$ 0м)
т.П	0°01'							

4. Вращением алидады визируют на следующую речную точку и повторяют те же действия.

Для каждой речной точки с помощью микрокалькулятора либо по тахеометрическим таблицам находят горизонтальное проложение и превышение. При работе с номограммным тахеометром горизонтальные проложения и превышения точек определяют непосредственно по рейке с помощью номограммных кривых. После съемки 20 – 30 речных точек, а также по окончании работы на станции повторно визируют по начальному направлению и берут контрольный отсчет по горизонтальному кругу; если контрольный отсчет отличается от 0^0 не более $\pm 1,5'$, то ориентировку лимба считают ненарушенной.

Для контроля и во избежание пропусков (незаснятых участков) в съемке местности на смежных станциях выполняют съемку с перекрытием, равным максимально допустимому расстоянию между соседними пикетными точками для данного масштаба съемки. Нумерация пикетных точек на всех станциях принимается сквозной.

В процессе съемки на каждой станции одновременно с полевым журналом ведется *абрис* – схематический чертеж местности. На абрис наносят по полярным координатам (β , d) все речные точки и контуры местности; стрелками, соединяющими соседние пикетные точки, между которыми имеется равномерный уклон, указывают направления скатов; пунктиром

показывают линии водоразделов и тальвегов; условными горизонталями изображают отдельные ясно выраженные формы рельефа. Абрисы выполняют условными знаками с пояснительными подписями, примерно выдерживая масштаб съемки. Для каждой станции абрис составляется на отдельном листе.

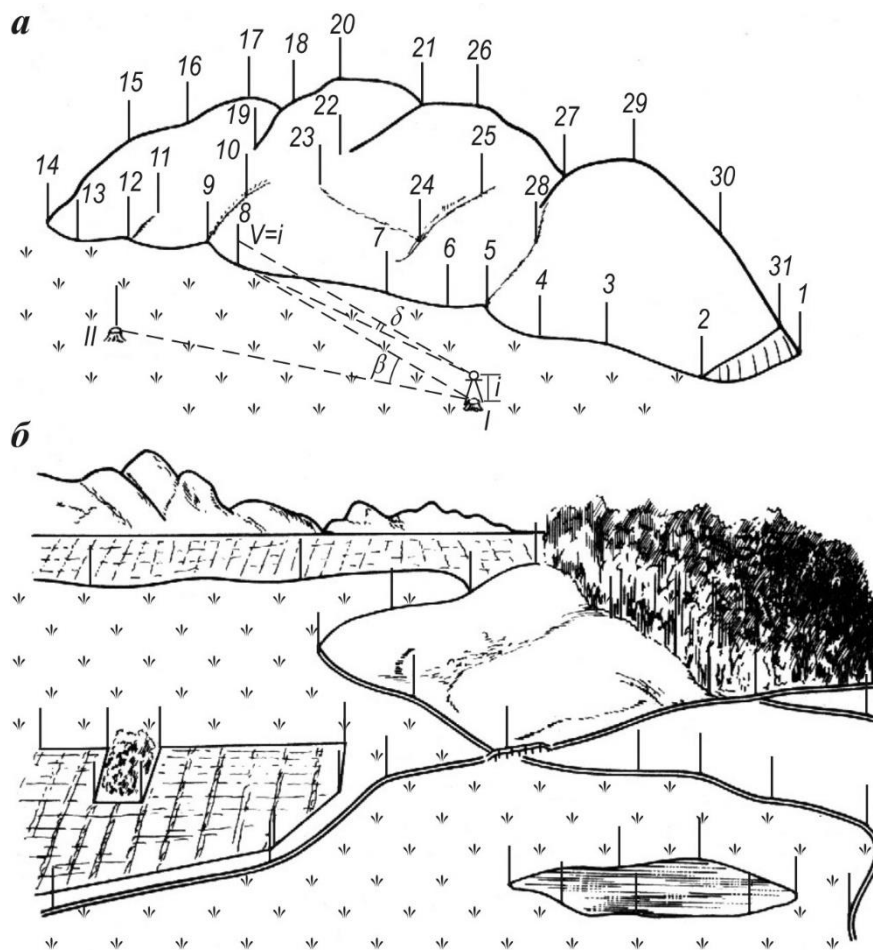


Рис. 8. Речные точки:
а – высотные; б – контурные

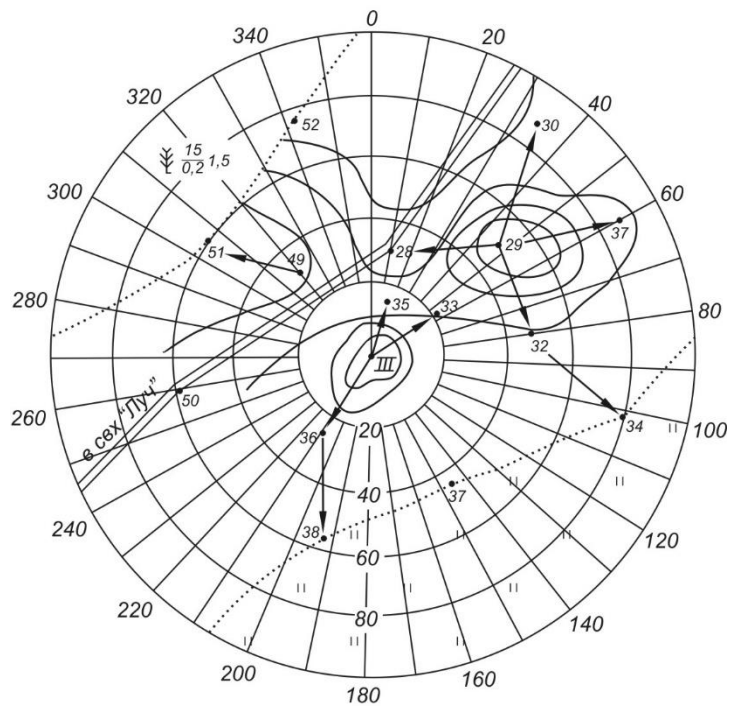
Абрис удобно составлять на круговой номограмме (рис. 8), представляющей собой ряд concentрических окружностей через 1 см и радиальных кривых, проведенных через 10° . Станция, с которой ведется съемка, принимается в центре номограммы; вертикальный диаметр номограммы принимается за начальное направление, от верхнего конца которого ведется отсчет горизонтальных углов. Речные точки наносят по полярным координатам: расстояния отсчитывают по concentрическим кругам в принятом для номограммы масштабе, а полярные углы – по градусному кольцу.

Ведение абриса является одной из наиболее ответственных операций тахеометрической съемки, так как составление плана производится в камеральных условиях, когда исполнитель не видит перед собой местности; следовательно, от качества абриса во многом зависит правильность изображения на плане ситуации и рельефа местности.

Камеральные работы при тахеометрической съемке

Камеральные работы при тахеометрической съемке включают в себя: 1) проверку полевых журналов измерений; 2) вычисление плановых и высотных координат (x, y, H) точек теодолитно-нивелирных, теодолитно-высотных и тахеометрических ходов; 3) вычисление отметок реечных точек на каждой станции; 4) составление топографического плана местности.

Станция т. III $H=435,57$ м $i=v$
Нуль лимба ориентирован КЛ
на т. II $MO=0^{\circ}01'$



Наблюдал Сидоров В.А.
Записывал Попов А.С.

Дата: 18.07.2002 г.

Рис. 9. Абрис тахеометрической съемки

Проверка записей и вычислений в полевых журналах производится в две руки (наблюдателем и его помощником). При этом заново вычисляют горизонтальные и вертикальные углы, горизонтальные проложения, прямые, обратные и средние превышения точек ходов. Обнаруженные погрешности устраняются путем соответствующих исправлений.

Вычисление и увязка плановых координат (x, y) точек ходов выполняются так же, как и в теодолитных ходах. При этом *допустимая угловая невязка* хода при измерении углов теодолитом 30-секундной точности определяется по формуле

$$f_{\beta_{дон}} = 1' \sqrt{n};$$

при измерении углов оптическими теодолитами

$$f_{\beta_{дон}} = 0,5' \sqrt{n},$$

где n – число углов в ходе.

Допустимая абсолютная линейная невязка в тахеометрическом ходе определяется по формуле

$$f_{\text{абс. доп}} = \frac{P}{400\sqrt{N}},$$

где P – длина (периметр) хода, м; N – число сторон в ходе.

Высотные невязки в ходах подсчитываются по формулам:

для замкнутого хода

$$f_h = \sum h;$$

для разомкнутого хода

$$f_h = \sum h_{\text{сп}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}),$$

где $\sum h$ – сумма средних превышений точек хода; $H_{\text{кон}}$, $H_{\text{нач}}$, – отметки, соответственно, конечной и начальной точек хода.

Допустимая высотная невязка в теодолитно-высотном и тахеометрическом ходе определяется по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \frac{0,04P}{\sqrt{N}}, \text{ см.}$$

Если фактическая высотная невязка хода допустима, т. е. выполняется условие $f_h \leq f_{\text{доп}}$, то она распределяется с обратным знаком пропорционально длинам сторон. Поправки в превышении рассчитывают с округлением до 0,01 м по формуле

$$\delta_{h_i} = -\frac{f_h}{P} \cdot d_i,$$

где d_i – горизонтальное проложение соответствующей стороны. Сумма вычислений поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta_{h_i} = -f_h.$$

Исправленные превышения вычисляют по формуле

$$h_{\text{испр}_i} = h_i + \delta_{h_i}.$$

Зная отметку начальной точки и исправленные превышения, последовательно рассчитывают отметки всех точек хода по формуле

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{испр}_n},$$

где H_n , H_{n-1} – отметки, соответственно, последующей и предыдущей точек хода.

Окончательным контролем правильности увязки высотных ходов является следующее: в замкнутом ходе в результате вычислений должна быть повторно получена отметка $H_{\text{нач}}$ начальной точки, в разомкнутом ходе – отметка $H_{\text{кон}}$ конечной точки хода.

После определения отметок точек тахеометрических ходов в полевых журналах съемки вычисляют отметки $H_{\text{пик}}$ пикетных (речных) точек (см. табл. 18), алгебраически прибавляя к отметке станции превышения соответствующих речных точек, т.е.

$$H_{\text{ник}_i} = H_{\text{ст}} = h_i.$$

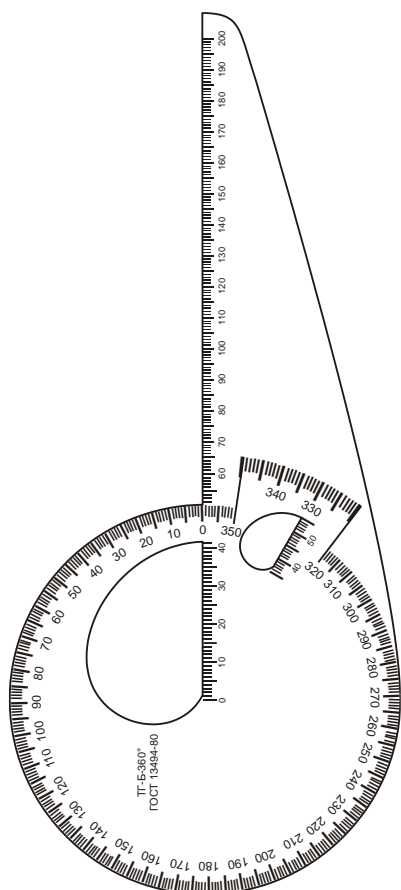


Рис. 10. Тахеограф

лена игла.

Для нанесения речной точки центр круга тахеографа совмещают с точкой станции на плане. Затем поворотом диска совмещают начальное направление на плане с отсчетом, равным полярному углу на съемочную точку; по линейке откладывают в масштабе плана соответствующее полярное расстояние и накалывают точку. Около нанесенных на план речных точек подписывают их номера и отметки. Согласно абрису и примечаниям в полевых журналах вычерчивают контуры и предметы местности. По отметкам речных точек, пользуясь методом графического интерполирования (см. § 21), проводят горизонтали; при этом интерполирование выполняют только по направлениям, отмеченным на абрисе стрелками. Не следует проводить горизонтали через изображения строений (сооружений), карьеров, оврагов, водных объектов, дорог и др. Для облегчения восприятия рельефа и определения отметок точек на плане каждая пятая (иногда четвертая) горизонталь проводится утолщенной; в разрыве таких горизонталей подписываются их отметки основанием цифр в сторону понижения ската. В ряде случаев для изображения мелких, но важных подробностей рельефа проводят полугоризонтали. На замкнутых горизонталях и в местах, где могут возникнуть затруднения в чтении рельефа, ставят бергштрихи. У характерных точек рельефа (вершина холма, дно котловины или седловины, повороты и

После окончания вычислительных работ переходят к составлению плана съемки. Для этого на листе чертежной бумаги с помощью линейки Дробышева (ЛТ) или масштабной линейки и циркуля-измерителя разбивают координатную сетку со сторонами 10×10 см. Линии сетки по осям координат оцифровывают в зависимости от масштаба съемки. По координатам наносят на план пункты геодезических сетей, точки тахеометрических ходов и проверяют правильность нанесения точек съемочного обоснования по расстояниям между ними.

Нанесение на план речных точек производится полярным способом с помощью кругового транспортира и масштабной линейки или тахеографа. *Тахеограф* (рис. 10) представляет собой круговой транспортир с линейкой из прозрачного материала (целлулоида), по окружности которого нанесены деления через $30'$, причем оцифровка делений выполнена против хода часовой стрелки. Вдоль нулевого радиуса расположена миллиметровая шкала линейки с начальным штрихом в центре круга, в котором закреплена игла.

разветвления линий водоразделов и тальвегов, урезы воды рек, ручьев и водоемов и т. п.) на плане подписывают их отметки.

Составленный в карандаше план съемки сличают с местностью и в случае необходимости заполняют контрольные измерения. Откорректированный план вычерчивают тушью в соответствии с действующими условными знаками.

5. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ

К концу практики каждая студенческая бригада составляет отчет по всем видам работ, предусмотренным программой учебной 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 прилагаются дневники практики каждого члена бригады.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акинъшин, С. И. Геодезия : учебное пособие / С. И. Акинъшин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-4497-1103-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108289.html>
2. Акинъшин, С. И. Геодезия : лабораторный практикум / С. И. Акинъшин. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 144 с. — ISBN 978-5-89040-421-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22653.html>
3. Геодезия. Инженерное обеспечение строительства : учебно-методическое пособие. Практикум / Т. П. Синютина, Л. Ю. Миколишина, Т. В. Котова, Н. С. Воловник. — Москва : Инфра-Инженерия, 2020. — 164 с. — ISBN 978-5-9729-0172-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98395.html>
4. Поклад, Геннадий Гаврилович. Геодезия [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО. - Москва : Академический проект : Парадигма, 2011 (Ульяновск : ОАО "Обл. тип. "Печатный двор", 2011). - 537 с. : ил. - (Б-ка геодезиста и картографа). - Библиогр.: с. 525-526 (30 назв.). - ISBN 978-5-8291-1321-6. - ISBN 978-5-902833-23-9 : 697-00.
5. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : Учебник / Подшивалов В. П. - Минск : Вышэйшая школа, 2011. - 463 с. - ISBN 978-985-06-1957-0.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/20074.html>
6. Костылев, Владимир Алексеевич. Геодезия [Текст] : учебно-методическое пособие по учебной геодезической практике для студентов первого курса направления подготовки бакалавра 270800.62 "Строительство" / Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2013 (Воронеж : Отдел оперативной полиграфии изд-ва учеб. лит. и учеб.-метод. пособий ВГАСУ, 2013). - 76 с. - ISBN 978-5-89040-440-4 : 23-42.
7. Акинъшин, С. И. Геодезия : Лабораторный практикум / Акинъшин С. И. - Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 144 с. - ISBN 978-5-89040-421-3. URL: <http://www.iprbookshop.ru/22653.html>
8. Маринин, Е. И. Инженерная геодезия : Курс лекций / Маринин Е. И. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. - 80 с. - ISBN 978-5-9585-0575-3. URL: <http://www.iprbookshop.ru/29786.html>

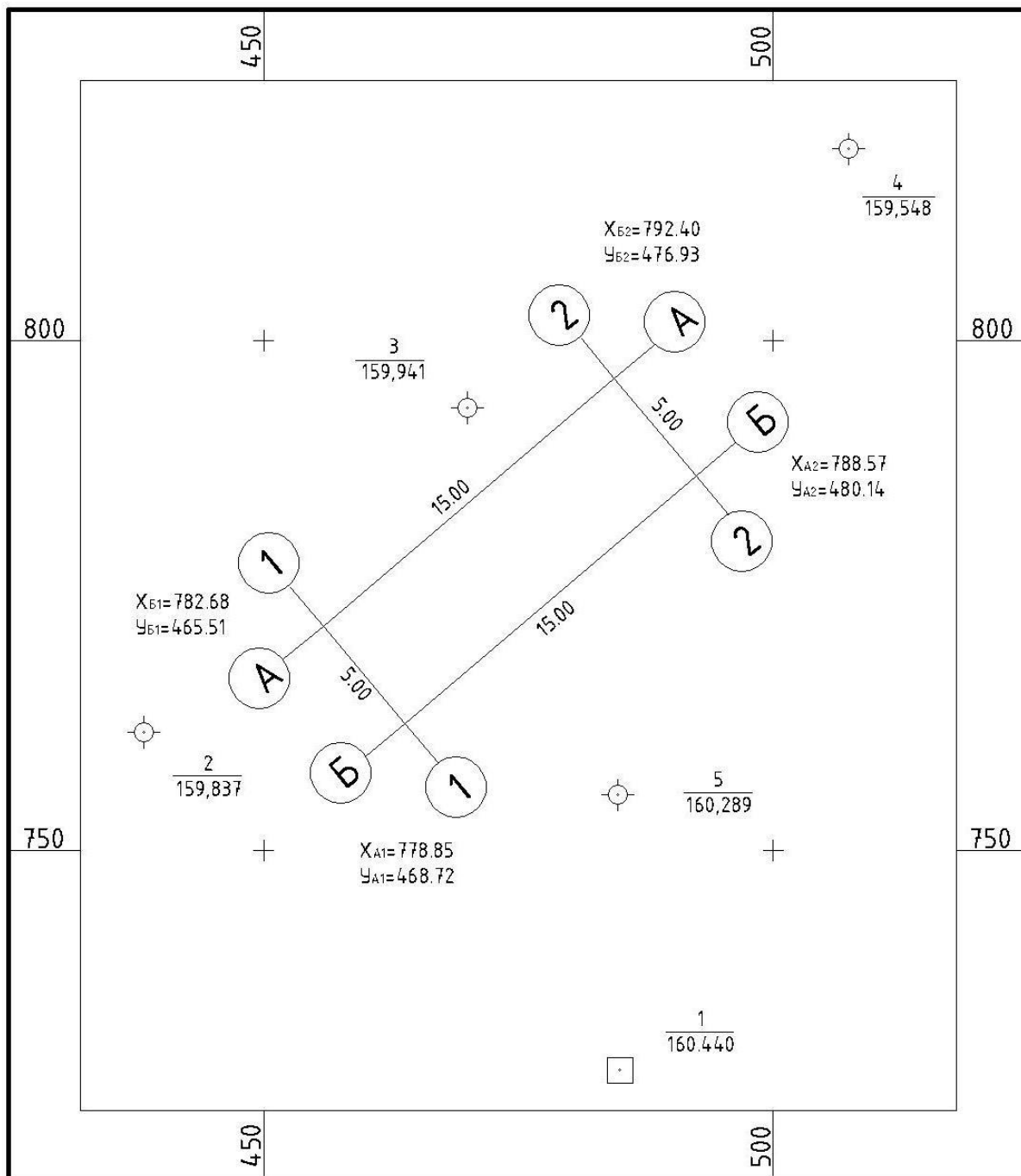
Содержание

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ.....	3
1.1 Цели и задачи практики	3
1.2 Организация практики	4
1.3 Основные требования техники безопасности и охраны окружающей среды	5
2. ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ.....	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	9
4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ	12
4.1 Геодезическая подготовка проекта к выносу и вынос проекта в натуру	12
4.2. Определение положения дополнительных опорных пунктов	14
4.3 Тахеометрическая съемка	18
5. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29

Система координат местная

г. Воронеж

План геодезического обоснования



ВГАСУ
ПГС гр.113
2 бригада

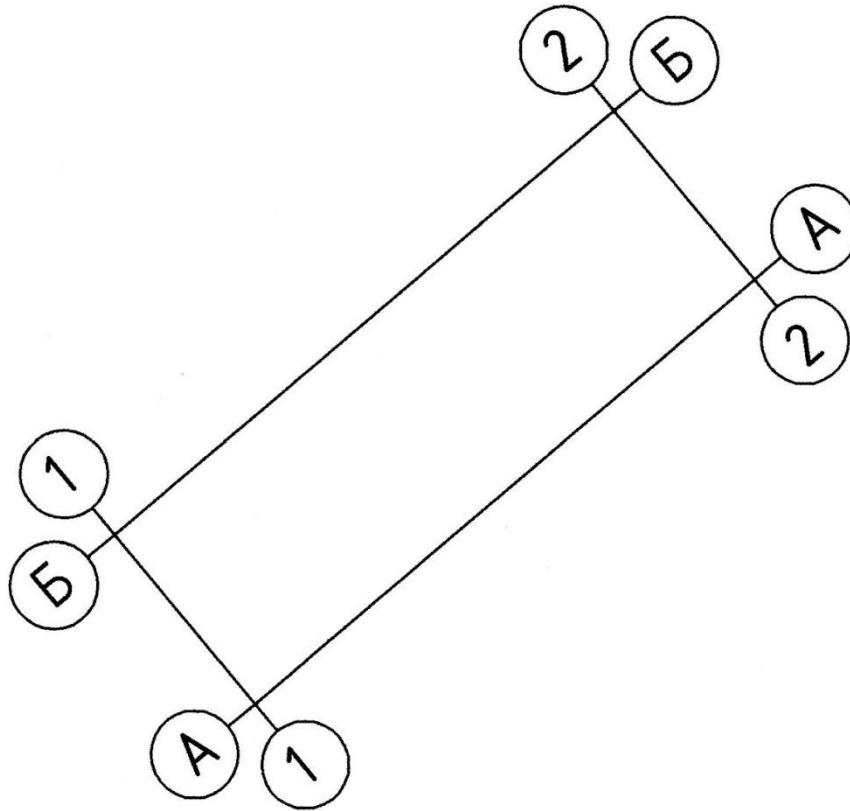
1:500
В 1 см 5 м

2012 г.

Рис. П.6.1 Пример оформления плана геодезического обоснования

Приложение 2

Вычисление проектных координат вершин инженерного сооружения

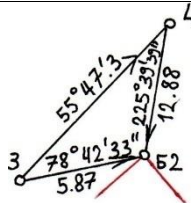


Ведомость вычисления проектных координат вершин сооружения

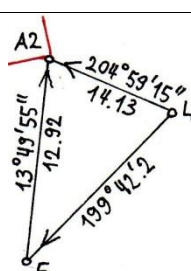
Назв. верш.	Проект. гориз. углы	Дирекц. углы α	Проект. длины, м	Приращения координат		Координаты, м		Назв. верш.
				ΔX	ΔY	X	Y	
Б1								Б1
		49°35'51''	15.00	+9.72	+11.42			
Б2	90°00'.0					792.40	476.93	Б2
		139°35'51''	5.00	-3.81	+3.24			
А2	90°00'.0					788.59	480.17	А2
		229°35'51''	15.00	-9.72	-11.42			
А1	90°00'.0					778.87	468.75	А1
		319°35'51''	5.00	+3.81	-3.24			
Б1	90°00'.0					782.68	465.51	Б1
Б2								Б2
Σ	360°00'.0		40.00	0.00	0.00			

Расчет разбивочных элементов

1. Вершина Б2

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
X _{Б2}	792.40	X _{Б2}	792.40	 <p> $\beta_{Б2}=146^{\circ}57'06''$ $\beta_3=22^{\circ}55'15''$ $\beta_4=10^{\circ}07'39''$ $\Sigma=180^{\circ}00'00''$ </p>
Y _{Б2}	476.93	Y _{Б2}	476.93	
X ₃	791.25	X ₄	801.40	
Y ₃	471.17	Y ₄	486.14	
$\Delta X=X_{Б2}-X$	1.15	$\Delta X=X_{Б2}-X$	-9	
$\Delta Y=Y_{Б2}-Y$	5.76	$\Delta Y=Y_{Б2}-Y$	-9.21	
$r\text{ СВ}=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$78^{\circ}42'33''$	$r\text{ ЮЗ}=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$45^{\circ}39'39''$	
$\alpha_{3-Б2}$	$78^{\circ}42'33''$	$\alpha_{4-Б2}$	$225^{\circ}39'39''$	
$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	5.87	$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	12.88	
$d=\frac{\Delta X}{\cos r}$	5.87	$d=\frac{\Delta X}{\cos r}$	12.88	
$d=\frac{\Delta Y}{\sin r}$	5.87	$d=\frac{\Delta Y}{\sin r}$	12.88	

2. Вершина А2

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
X _{А2}	788.59	X _{А2}	788.59	 <p> $\beta_{А2}=168^{\circ}50'40''$ $\beta_4=5^{\circ}17'03''$ $\beta_5=5^{\circ}52'17''$ $\Sigma=180^{\circ}00'00''$ </p>
Y _{А2}	480.17	Y _{А2}	480.17	
X ₄	801.40	X ₅	776.04	
Y ₄	486.14	Y ₅	477.08	
$\Delta X=X_{А2}-X$	-12.81	$\Delta X=X_{А2}-X$	12.55	
$\Delta Y=Y_{А2}-Y$	-5.97	$\Delta Y=Y_{А2}-Y$	3.09	
$r\text{ ЮЗ}=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$24^{\circ}59'15''$	$r\text{ СВ}=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$13^{\circ}49'55''$	
$\alpha_{4-А2}$	$204^{\circ}59'15''$	$\alpha_{5-А2}$	$13^{\circ}49'55''$	
$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	14.13	$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	12.92	
$d=\frac{\Delta X}{\cos r}$	14.13	$d=\frac{\Delta X}{\cos r}$	12.92	
$d=\frac{\Delta Y}{\sin r}$	14.13	$d=\frac{\Delta Y}{\sin r}$	12.92	

3. Вершина А1

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
X_{A1}	778.87	X_{A1}	778.87	
Y_{A1}	468.75	Y_{A1}	468.75	
X_5	776.04	X_1	765.25	
Y_5	477.08	Y_1	477.16	
$\Delta X = X_{A1} - X$	2.83	$\Delta X = X_{A1} - X$	13.62	
$\Delta Y = Y_{A1} - Y$	-8.33	$\Delta Y = Y_{A1} - Y$	-8.41	
$r_{C3} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	71°14'08''	$r_{C3} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	31°41'39''	
α_{5-A1}	288°45'52''	α_{1-A1}	328°18'21''	
$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	8.80	$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	16.01	
$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	8.80	$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	16.01	
$d = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	8.80	$d = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	16.01	

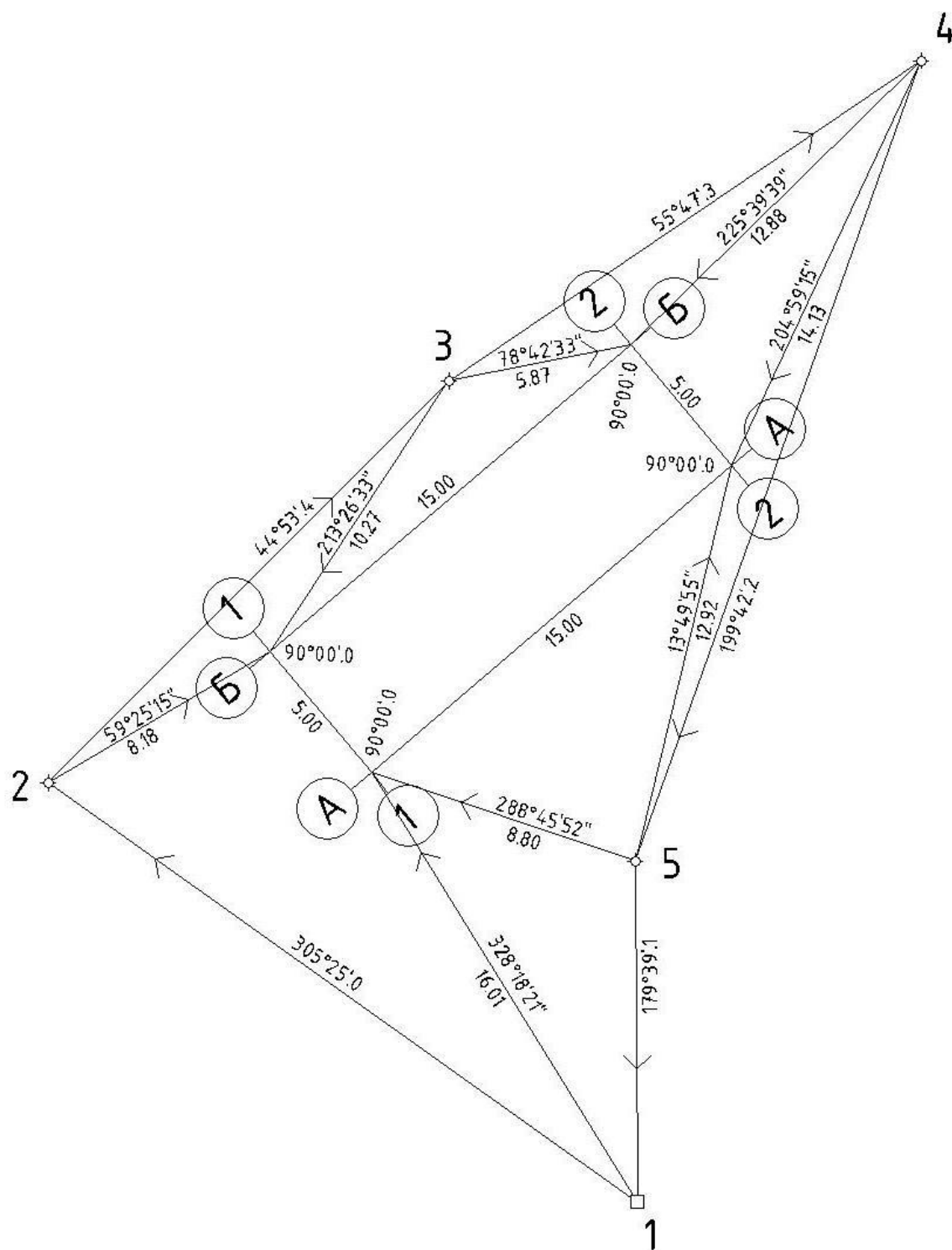
$\beta_{A1} = 39^\circ 32' 29''$
 $\beta_5 = 109^\circ 06' 46''$
 $\beta_1 = 31^\circ 20' 45''$
 $\Sigma = 180^\circ 00' 00''$

4. Вершина Б1

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
X_{B1}	782.68	X_{B1}	782.68	
Y_{B1}	465.51	Y_{B1}	465.51	
X_2	778.52	X_3	791.25	
Y_2	458.47	Y_3	471.17	
$\Delta X = X_{B1} - X$	4.16	$\Delta X = X_{B1} - X$	-8.57	
$\Delta Y = Y_{B1} - Y$	7.04	$\Delta Y = Y_{B1} - Y$	-5.66	
$r_{CB} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	59°25'15''	$r_{IO3} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$	33°26'33''	
α_{2-B1}	59°25'15''	α_{3-B1}	213°26'33''	
$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	8.18	$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	10.27	
$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	8.18	$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	10.27	
$d = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	8.18	$d = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	10.27	

$\beta_{B1} = 154^\circ 01' 18''$
 $\beta_2 = 14^\circ 31' 33''$
 $\beta_3 = 11^\circ 27' 09''$
 $\Sigma = 180^\circ 00' 00''$

Пример оформления разбивочного чертежа



ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для прохождения учебной практики
для студентов направления подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»
всех форм обучения

Составитель:
Васильчикова Екатерина Владимировна

Подписано к изданию

Уч.-изд. л. 2,0

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84