

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

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

**ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

**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

Геодезическая практика: 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.– 56 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 «Геодезическая практика» для студентов 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_Геод\_ПР.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. 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.

### **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 ящичков 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 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 выдвижении ножек штатива не следует делать больших усилий, так как можно сорвать стопорные приспособления. Штатив необходимо держать в вертикальном положении, чтобы при выдвижении ножек не нанести себе травму. Если ножки не выдвигаются, нужно ослабить сцепление, слегка покачивая их вправо и влево, держась за наконечники. После выдвижения 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 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.

### **Нивелир Н-3**

Проверить комплектность принадлежностей нивелира, находящихся в упаковочном ящике. Вынуть нивелир из ящика и установить на штативе, закрепив станковым 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 поверки 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  $\Delta l_k$  между фактической длиной мерной рулетки и длиной  $l_0$  эталонной рулетки, т.е.

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

где  $\Delta l_k$  – 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  $180^\circ$ . 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  $90^\circ$  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 сходиться 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

$$C = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2}.$$

Если величина  $C$  превышает удвоенную точность отсчета, необходимо произвести исправление. Для этого вычисляют исправленный отсчет по горизонтальному кругу:  $KP_{\text{испр}} = KP + C$  или  $KL_{\text{испр}} = KL - C$ , 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 пузырёк круглого уровня приводят в центр ампулы (в нуль-пункт) и поворачивают верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси. Если пузырёк остаётся в нуль-пункте, то условие выполняется. В противном случае исправительными винтами круглого уровня перемещают пузырёк 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 поверок пузырёк 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:

$$h = З - П.$$

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

$$З_1 = П_1 + h.$$

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

После исправления главного условия поверка должна быть повторена.

Результаты выполненных проверок нивелира заносятся в рабочую тетрадь бригады.

## **4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ**

### **4.1 Создание плано-высотной геодезической сети (геодезического обоснования) строительной площадки**

#### **Подготовительные работы**

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

#### **Полевые работы**

##### **Рекогносцировка и закрепление пунктов геодезической сети**

Рекогносцировка и закрепление пунктов 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  $5^\circ$ . В результате рекогносцировки составляют схему сети теодолитных ходов, которая прилагается к отчёту.

Пункты геодезической сети закрепляют на местности деревянными кольшками, забиваемыми вровень с поверхностью земли; центр обозначается гвоздём, забиваемым в торец кольшка. 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 (табл. 1).

Таблица 1

Журнал измерения углов и линий

Номер станций	Полуприем	Номер пунктов	Отсчеты по ГК	Угол, $\beta$	Средний угол, $\beta_{\text{ср}}$	Верт. угол	Длина линии
2	КЛ	1	217° 26,5'	80° 32,0'	80° 32,25'	2°15'	18,91
		3	136° 54,5'			-3°36'	32,05
	КП	1	37°26,5'	80° 32,5'			
		3	316°54,0'				

### Определение превышений между пунктами высотной геодезической сети

При создании высотной геодезической сети прокладывают нивелирный ход и определяют превышения между пунктами методом геометрического

нивелирования. Для этого измеряют расстояния между точками хода и находят середину. Затем в эту срединную точку устанавливают нивелир и берут отсчёты по чёрной и красной сторонам рейки на заднюю и переднюю точки хода. Тут же, на станции, выполняется «пяточный» контроль. В случае ошибки измерения следует повторить.

Результаты измерений записывают в полевой журнал (табл. 2).

Таблица 2

**Журнал технического нивелирования**

Номера стан- ций	Номера реэ- чных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм (±) h=3-П		Высоты, Н, м	Номера реэ- чных точек
		задний З	передний П	Промежу- точный Пр	h <sub>ч</sub> h <sub>к</sub>	h <sub>ср</sub>		
1	1	1058	1661		-603	-603	160,440	1
	2	5842	6445		-603		159,837	2
		4784	4784					
2	2	1458	1353		+105	+104	159,837	2
	3	6240	6138		+102		159,941	3
		4782	4785					

**Камеральные работы**

Камеральные работы складываются из вычислений и графических построений. В результате вычислений определяют плановые координаты (X, Y) и отметки (Н) пунктов планово-высотной геодезической сети (геодезического обоснования); 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.

**4.2 Вычисление координат и высот пунктов планово-высотной геодезической сети**

Вычисление координат пунктов плановой геодезической сети выполняют в ведомости координат (прил. 3). Результаты измерений выписываются из полевого журнала измерения углов и линий. Контролем правильности вычисления координат является получение в конце вычислений координат исходного пункта.

Вычисление высот пунктов высотной геодезической сети выполняют в журнале технического нивелирования (прил. 4), в котором во время полевых работ были записаны отчеты по рейке и вычислены контрольные «пятки» реек. Контролем правильности вычисления высот является получение в конце вычислений высоты исходного пункта.

### Камеральные работы

Камеральные работы включают обработку журнала нивелирования, построение профиля трассы и построение проектной линии на профиле.

В полевом журнале проверяют все записи и вычисления, сделанные в поле, и выполняют постраничный контроль. Расчёт средних превышений и отметок точек производится с точностью до 1 мм.

Вычисление высот пунктов высотной геодезической сети выполняют в журнале технического нивелирования, в котором из таблицы исходных данных, согласно варианту, выписываются отчеты по рейке и вычисляются контрольные «пятки» реек.

$$h = 3 - \Pi . \quad (4.2)$$

Обработку журнала выполняют в следующей последовательности:

1. Контролируют взятие отсчетов по рейкам (выполняют в поле). Отсчет по красной стороне рейки - отсчет по черной стороне =  $4785 \pm 5$  мм (начало отсчета по красной стороне).

2. Вычисляют превышения ( $h=3-\Pi$ ) по отсчетам, снятым по черной и красной сторонам реек. Расхождение между  $h_{\text{черн}}$  и  $h_{\text{крас}}$  не должно превышать  $\pm 5$  мм.

3. Вычисляют  $h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{чер}} + h_{\text{кр}}}{2}$ .

4. После подсчета превышений между всеми связующими точкам на каждой странице журнала выполняют постраничный контроль по формуле

$$\frac{\sum 3 - \sum \Pi}{2} = \frac{\sum(+h) + \sum(-h)}{2} = \sum(h_{\text{ср}}) + \sum(-h_{\text{ср}}), \quad (4.3)$$

где  $\sum 3$  – сумма отсчетов по задней рейке,

$\sum \Pi$  – сумма отсчетов по передней рейке.

Постраничный контроль позволяет выявить ошибки, сделанные при вычислении превышений. Пример выполнения постраничного контроля приведен в журнале геометрического нивелирования.

5. Производят увязку средних превышений ( $h_{\text{ср}}$ ). Для этого находят невязку  $f_h$  по формуле (для разомкнутого хода)

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{Рп2}} - H_{\text{Рп1}}) \text{ мм}, \quad (4.4)$$

Для замкнутого нивелирного хода невязка  $f_h$  вычисляется по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} . \quad (4.5)$$

Вычисляют допустимую невязку  $f_{h \text{ доп}}$  по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (4.6)$$

где  $L$  - длина хода в км.

6. При выполнении условия  $f_h \leq f_{h\delta on}$  невязку  $f_h$  распределяют с обратным знаком между средними превышениями (вводится поправка) с округлением до целого миллиметра. Контролем распределения является равенство  $\sum V_h = f_h$ , где  $V_h$  - поправка в средние превышения.

7. Вычисляют исправленные превышения по формуле

$$h_{\text{ср}}^{\text{исп}} = h_{\text{ср}} + v. \quad (4.7)$$

8. Вычисляют отметки опорных точек по формуле

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + (\pm h_{\text{ср}}^{\text{исп}}). \quad (4.8)$$

Контролем правильности вычисления высот является получение в конце вычислений высоты исходного пункта.

### Построение плана геодезического обоснования

Графические работы включают построение координатной сетки, нанесение пунктов геодезического обоснования на план с его последующим оформлением.

Построение координатной сетки со сторонами  $10 \times 10$  см для плана масштаба 1:500 выполняется линейкой Дробышева на листе ватмана формата А1. При правильном построении сетки  $5 \times 5$  квадратов вершины малых квадратов должны лежать на диагоналях большого квадрата либо линиях, параллельных им. Расхождения между диагоналями малых квадратов не должны превышать 0,2 мм. При несоблюдении указанных условий сетку квадратов следует построить заново.

Цифровые подписи линий координатной сетки по осям  $X$  и  $Y$  должны быть кратными длине стороны квадрата, т.е. 50 м (0,05 км). При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат – слева направо.

Нанесение на план пунктов геодезического обоснования следует выполнять по их вычисленным координатам с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба. Правильность нанесения на план пунктов теодолитного хода необходимо проверить по длинам сторон (расхождение измеренных на плане расстояний между точками хода и горизонтальными проекциями соответствующих линий местности не должно превышать 0,2 мм, по горизонтальным углам и дирекционным углам сторон).

Рядом с пунктом геодезического обоснования подписывается его номер и высота (отметка).

Выполнение зарамочного оформления и вычерчивание плана тушью необходимо производить со строгим соблюдением правил топографического черчения (прил. б).

Оформляется соответствующий раздел отчета.



## 4.3 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 колышком. 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 ( $\alpha$  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:

$$r = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (4.9)$$

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

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т.е. по дирекционному углу стороны (табл.3).

Таблица 3

Знаки приращений координат по четвертям

Приращение координат	Четверти			
	I	II	III	IV
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют румбы сторон в зависимости от четверти, в которой находится данное направление (табл.4).

Таблица 4

Связь румбов и дирекционных углов сторон

Дирекционные углы $\alpha$	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:

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; d = \frac{\Delta x}{\cos r}; d = \frac{\Delta y}{\sin r}. \quad (4.10)$$

Все расчеты выписываются в таблицы, и составляется разбивочный чертеж (прил. б), 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.

#### 4.4. Продольно-поперечное нивелирование и проектирование трассы линейного сооружения

##### Подготовительные работы

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

Получить задание.

##### Полевые работы

##### Рекогносцировка и разбивка пикетажа

Начало и направление трассы, вершины углов поворота и протяженность трассы задаются бригаде руководителем практики в процессе рекогносцировки местности. Нивелирный ход, как правило, должен быть разомкнутым, иметь два угла поворота и 2-3 поперечника.

Начало, вершины углов поворота и конец трассы закрепляют кольями. В вершинах углов поворота теодолитом измеряют правые по ходу горизонтальные углы одним полным приёмом. При необходимости одновременно с измерением горизонтальных углов следует произвести вешение линий между вершинами углов поворота.

Разбивка пикетов выполняется через каждые 100 м 20-метровой мерной лентой в одном направлении с контролем по нитяному дальномеру. Пикет ПК0 соответствует началу трассы. Пикеты закрепляют деревянными кольшками, забиваемыми вровень с землёй; в 5-10 см справа от пикета по ходу трассы забивается сторожок, на котором подписывают номер бригады и номер пикета (например, Бр. №5/ПК 4).

Характерные точки перегиба скатов, а также точки пересечения трассы с естественными препятствиями (оврагами, ручьями и т.п.) и инженерными сооружениями (дорогами, подземными и наземными коммуникациями) отмечают «плюсовыми» точками. «Плюсовые точки» закрепляются сторожками, на которых указывают расстояние от заднего (младшего) пикета (например, ПК 4 + 32,48).

В характерных местах рельефа перпендикулярно к направлению трассы разбивают поперечные профили длиной по 20 м в обе стороны от трассы. На поперечных профилях закрепляются деревянными кольшками характерные точки рельефа; на кольшках подписываются пикетажные обозначения точек (например,  $\frac{ПК5 + 23,56}{Л15,7}$ ) [1].

### **Разбивка кривых на трассе**

В каждой вершине угла поворота по измеренному горизонтальному углу вычисляют угол поворота трассы. По углу  $Q$  и радиусу кривой  $R$ , задаваемому руководителем практики, вычисляются элементы закруглений: тангенс  $T$ , кривая  $K$ , биссектриса  $B$  и домер  $D$ . По вычисленным элементам кривой на местности выносят главные точки кривой НК, КК и СК, которые закрепляются кольшками со сторожками. Далее выполняется расчёт пикетажных обозначений главных точек кривой с обязательным контролем.

Вынос пикетов с тангенсов на кривую выполняется способом прямоугольных координат. Детальная разбивка кривой производится также способом прямоугольных координат; при этом дополнительные точки на кривой закрепляются через каждые 10 м.

Все расчёты элементов кривой, пикетажных обозначений главных точек кривой, исходных данных для выноса пикетов на кривую и детальной разбивки кривой выполняются с помощью микрокалькуляторов непосредственно в поле. Дальнейшая разбивка пикетажа допускается только после завершения расчётов, закрепления на местности главных точек и пикетов, детальной разбивки кривой на каждой вершине угла поворота и выноса пикетов на кривую.

### **Съёмка полосы местности**

Съёмка полосы местности по обе стороны от оси трассы на отстоянии 20 м рекомендуется выполнять способом перпендикуляров (ординат) одновременно с разбивкой пикетажа. Перпендикуляры из характерных точек контуров восстанавливают к оси трассы с помощью угломерных приборов, их длины измеряют рулеткой.

В процессе разбивки трассы и контурной съёмки полосы местности в обязательном порядке ведётся пикетажный журнал в масштабе 1:1000 (прил. 16). Для удобства ведения записей журнал изготавливается в виде полосы миллиметровой бумаги шириной 10 см. В пикетажный журнал заносится ось трассы в виде прямой линии, показывается расположение пикетов, плюсовых точек, точек на поперечниках, вершин углов поворота и их обозначения с элементами кривых, характерных точек ситуации, даются необходимые размеры, полученные в результате съёмки, с пояснительными записями; повороты трассы показываются стрелками.

### **Нивелирование трассы**

Начало трассы (ПК 0) привязывается к ближайшему реперу нивелирной сети или к условному реперу по указанию преподавателя. Нивелирование трассы производят поверенным нивелиром и двухсторонними рейками способом из середины. Расстояние от нивелира до реек принимается в среднем равным 50 м. В нивелирный ход включаются все пикеты, плюсовые точки, точки поперечников.

Установка нивелира на станции производится по круглому уровню. Рейки устанавливаются в отвесное положение на глаз; при отсчётах, больших 1000 мм, рекомендуется покачивать рейки в плоскости визирования, принимая при этом минимальные отсчёты. Перед взятием отсчёта по рейке пузырёк цилиндрического уровня следует тщательно выводить в нуль-пункт с помощью элевационного винта. На связующих точках отсчёты берутся по чёрной и красной сторонам рейки с точностью до 1 мм, на промежуточных – только по чёрной стороне. Расхождения в превышениях на станции, вычисленных из отсчётов по чёрным и красным сторонам реек, не должны превышать 5 мм.

Если нивелирный ход опирается на одну опорную точку с известной абсолютной меткой, то нивелирование трассы выполняется в прямом и обратном направлениях. В прямом ходе нивелируют все связующие и промежуточные точки, а в обратном – только связующие. Разница в превышениях между одноимёнными связующими точками, определённых из прямого и обратного ходов, не должна превышать 5 мм.

### **Камеральные работы**

Камеральные работы включают обработку журнала нивелирования, построение профиля трассы и построение проектной линии на профиле.

В полевом журнале проверяют все записи и вычисления, сделанные в поле, и выполняют постраничный контроль. Расчёт средних превышений и отметок точек производится с точностью до 1 мм.

Допустимая высотная невязка хода определяется по формуле

$$f_{h_{\text{доп.}}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где  $L$  – длина хода, км.

Отметки связующих точек вычисляются через превышения, а промежуточных – через горизонт инструмента ГИ по формуле соответственно

$$\begin{aligned} \text{ГИ} &= H_3 + 3, \\ H_c &= \text{ГИ} - C, \end{aligned}$$

где  $H_c$  – отметка промежуточной точки,  $C$  – отчет на промежуточную точку.

### Разбивка круговой кривой с расчетом основных элементов кривой

При строительстве линейных сооружений, в местах поворота трассы, возникает необходимость разбивки на местности круговых кривых.

Разбивка кривой начинается с разбивки главных точек, т.е. начала кривой  $A$ , конца кривой  $C$  и середины кривой  $M$  (рис. 1, а).

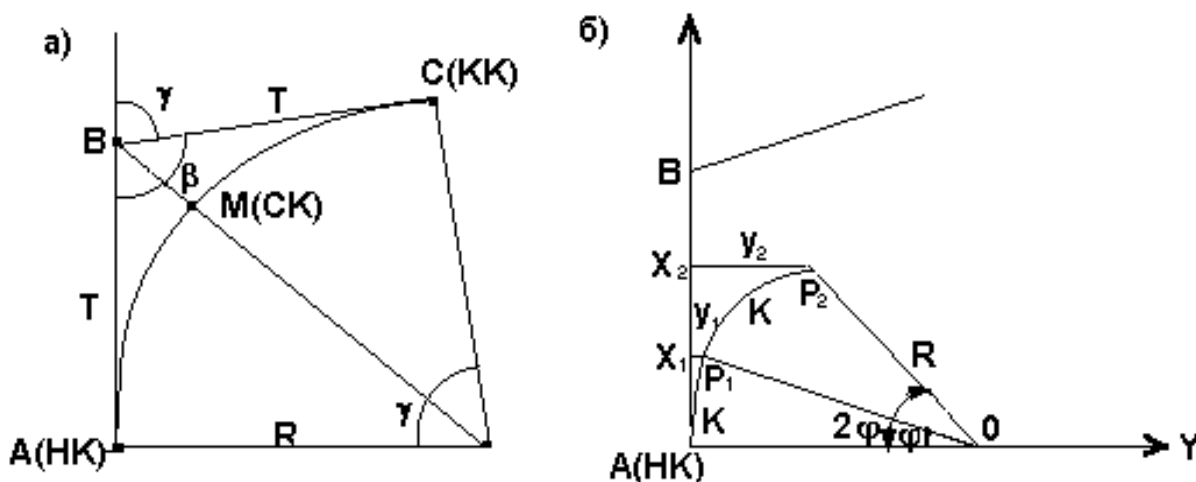


Рис. 1. Разбивка круговой кривой

Для получения этих точек необходимо знать угол поворота  $\gamma = 180^\circ - \beta$  и радиус кривой  $R$ . Угол  $\beta$  измеряется теодолитом,  $R$  задается техническим нормативам. Разбивочными элементами для разбивки главных точек будут являться отрезки  $AB = BC = T$ , называемые тангенсом, длина кривой  $AMC = K$  и биссектриса  $BM = B$ . Эти элементы могут быть получены по формулам:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2},$$

$$B = R \cdot \left[ \operatorname{Sec} \frac{\gamma}{2} - 1 \right],$$

$$K = \frac{\pi R}{180^\circ} \cdot \gamma.$$

Рассчитанные элементы кривой заносят в ведомость прямых и кривых (прил. 15).

Последовательность обработки ведомости прямых и кривых приведена в [6].

На углах поворота (ВУ) производят подготовку к детальной разбивке круговой кривой способом прямоугольных координат, т.е. находят положение ее промежуточных точек с интервалом равным  $k$ . Выбор интервала между промежуточными точками должен обеспечить необходимую кривизну.

При определении прямоугольных координат за ось  $X$  принимается ось тангенсов, а за ось  $Y$  – перпендикуляр к оси тангенсов. За начало системы координат принимается НК для  $\frac{1}{2} K$  и КК для второй половины кривой (рис. 2).

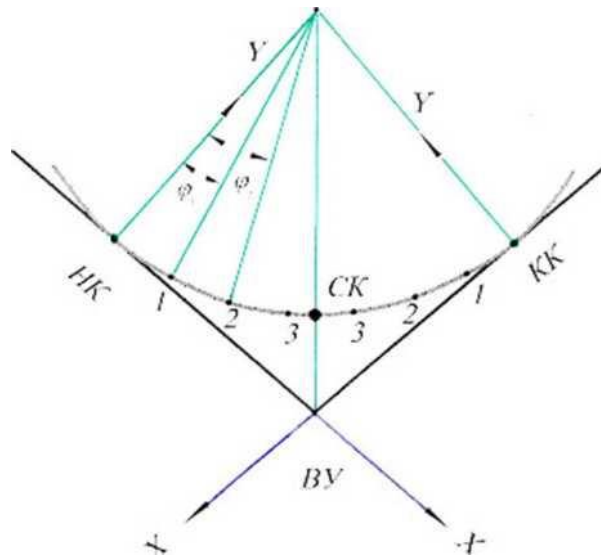


Рис. 2. Система прямоугольных координат

Порядок вычисления координат промежуточных точек:

1. Вычисляют центральные углы  $\varphi_i$  по формуле  $\varphi_i = \frac{k_i \cdot 180^\circ}{R \cdot \pi}$

2. Вычисляют координаты промежуточных точек по формулам

$$X_i = R \cdot \sin \varphi_i,$$

$$Y_i = R \cdot (1 - \cos \varphi_i).$$

В табл. 5 показаны расчеты и координаты для промежуточных точек круговой кривой  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 1).

Детальная разбивка кривой при  $R = 100$  м и  $K = 10$  м

Точки кривой	Расстояние точек от НК и КК, м	x, м	y, м
$P_1$	10	9,98	0,50
$P_2$	20	19,87	1,99

Детальная разбивка кривой на местности производится в последовательности:

1. Выносят НК и КК. Для этого с помощью рулетки (безотражательного дальномера) откладывают от ВУ по направлениям к  $N_{тр}$  и  $K_{тр}$  тангенсы и закрепляют кольшками.

2. Откладывают от НК (КК) в направлении к вершине угла (ВУ) координаты  $X_i$  в соответствии с интервалом  $k_i$ , восстанавливают координаты  $Y_i$ .

3. Точки кривой закрепляют.

Совокупность закрепленных точек на местности обозначает круговую кривую.

Так как разбивка пикетажа ведется по кривой, то координаты пикетов, лежащих на кривой, рассчитывают по приведенным выше формулам.

В этом случае за  $k$  принимается расстояние от НК (КК) до последующего пикета и расстояние между последующими пикетами как сумма  $k_1 + 100$  м (рис. 3).

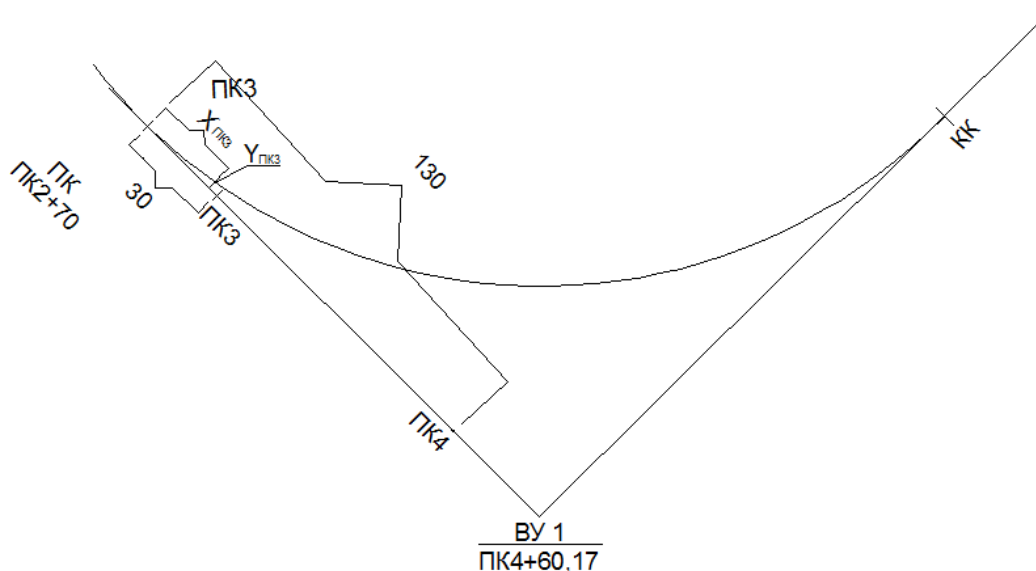


Рис. 3. Вынос ПК на кривую

Вычисление координат для выноса пикетов на кривую приведено в табл. 6.

Расчет координат пикетов на кривой

Номера пикетов	Длина дуги (от НК или КК), $k_{пк}$ , м	R, м	$\varphi_{пк}$	$X_{пк}$	$k-X_{пк}$	$Y_{пк}$
<b>ВУ 1</b>						
3	30,00	350	4,91	29,96	0,40	1,28
4	130,00	350	21,28	127,02	2,98	23,86
5	18,40	350	3,01	18,39	0,01	19,83
6	118,40	350	19,38	116,14	2,26	

### Построение продольно-поперечного профиля и проектирование трассы линейного сооружения

Построение профиля трассы выполняется на листе миллиметровой бумаги в масштабах: горизонтальном – 1:2000, вертикальном – 1:200; масштаб поперечных профилей – 1:500. Выбирается условный горизонт. Для построения профилей используются данные журнала нивелирования прямого хода (отметки пикетов и плюсовых точек), пикетажного журнала и ведомости углов поворота прямых и кривых.

Поперечные профили строят выше продольного профиля над теми точками трассы, от которых они разбиты на местности. После построения профиля приступают к проектированию трассы линейного сооружения.

**А.** Рассмотрим пример проектирования трассы самотечного трубопровода.

Проектирование заключается в проведении проектной линии трубопровода и вычислении отметок верха трубы. При этом необходимо соблюдать следующие правила: уклоны проектной линии трубопровода должны быть в одном направлении, при этом проектный уклон не должен быть меньше минимально допустимого уклона; глубина заложения труб должна быть минимальной, но не меньше глубины промерзания грунта; в местах изменения направлений и уклонов трассы, а также на равных участках через 100 метров проектируют смотровые колодцы.

Проектирование начинается с нанесения на профиль начальной глубины заложения трубы (глубина промерзания грунта), затем рассчитывается конечная отметка линии заданного уклона. Все проектные отметки рассчитывают по формуле

$$H_k = H_n + i \times L,$$

где  $H_n$  – проектная отметка начальной точки линии данного уклона  $i$ ;  
 $H_k$  – проектная отметка любой точки этой линии;  
 $L$  – расстояние от начальной точки уклона до определяемой точки.

Проектный уклон на некоторых участках трассы рассчитывают по формуле



$$i = (H_k - H_n)/L.$$

Затем рассчитывают глубину заложения трубы (рабочую отметку) на каждом пикете и плюсовой точке:

$$h_{\text{раб}} = H_{\text{абс}} - H_{\text{проект}}.$$

Рабочие отметки подписывают синим цветом над линией трубопровода. Отметки земли и проектные отметки записывают в соответствующие графы с округлением до 1 см. Все линии и подписи, относящиеся к проектной части профиля, выполняются красным цветом.

**Б.** Рассмотрим пример проектирования трассы автомобильной дороги. При проектировании дорог ставятся требования соблюдения предельно допустимых уклонов, минимальных объемов земляных работ при их нулевом балансе.

После графического задания проектной линии ее уклон  $u$  вычисляется по начальной  $H_{\text{нач}}$  и конечной  $H_{\text{кон}}$  отметкам линии, взятым с профиля, и расстоянию  $d$  между точками с этими отметками:

$$u = \frac{H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}}{d}.$$

Полученный уклон округляется до 3-го знака после запятой и по этому значению уклона вычисляют проектные отметки пикетных и плюсовых точек по формуле

$$H_{k+1} = H_k + u \cdot d,$$

где  $H_k, H_{k+1}$  – отметки предыдущей и последующих точек;  
 $d$  – расстояние между этими точками.

При большой протяженности линейного объекта проектная линия может состоять из нескольких отрезков неодинаковой длины и с разными уклонами.

Вычисленные проектные отметки округляют до 0,01 метра и записывают в соответствующую графу. Рабочие отметки, характеризующие высоту насыпи и глубину выемки на пикете или плюсовой точке, получают, вычитая из проектной отметки фактическую.

Положительные рабочие отметки соответствуют насыпи. Их записывают над проектной линией. Отрицательные рабочие отметки (выемка) записывают ниже проектной линии. Знаки плюс и минус у рабочих отметок не ставятся.

Пересечение проектной линии с линией профиля – точка нулевых работ; она определяется расстоянием  $x$  от предыдущего пикета (пикета с меньшим номером) до этой точки по формуле

$$x = \frac{|a|}{|a| + |b|} \cdot d,$$

где  $a$  – рабочая отметка на предыдущей точке профиля,  
 $b$  – рабочая отметка на последующей точке профиля,  
 $d$  – расстояние между точками с отметками  $a$  и  $b$ , определяемое по профилю.

Величина  $x$  округляется до 0,01 метра. Её записывают слева от пунктирной линии, опущенной из точки нулевых работ до линии условного горизонта, справа от этой линии записывают дополнение  $x$  до 100 метров.

Оформляется соответствующий раздел отчета [2].

#### 4.4. Нивелирование поверхности с элементами вертикальной планировки

##### Построение сетки квадратов на местности

Построение сетки квадратов на местности выполняется теодолитом и лентой. Стороны квадратов в зависимости от масштаба съемки и рельефа местности принимают равными 10, 20, 40 и более метров. В нашем примере рассмотрен вариант разбивки 25 квадратов со сторонами 20 м (рис. 4).

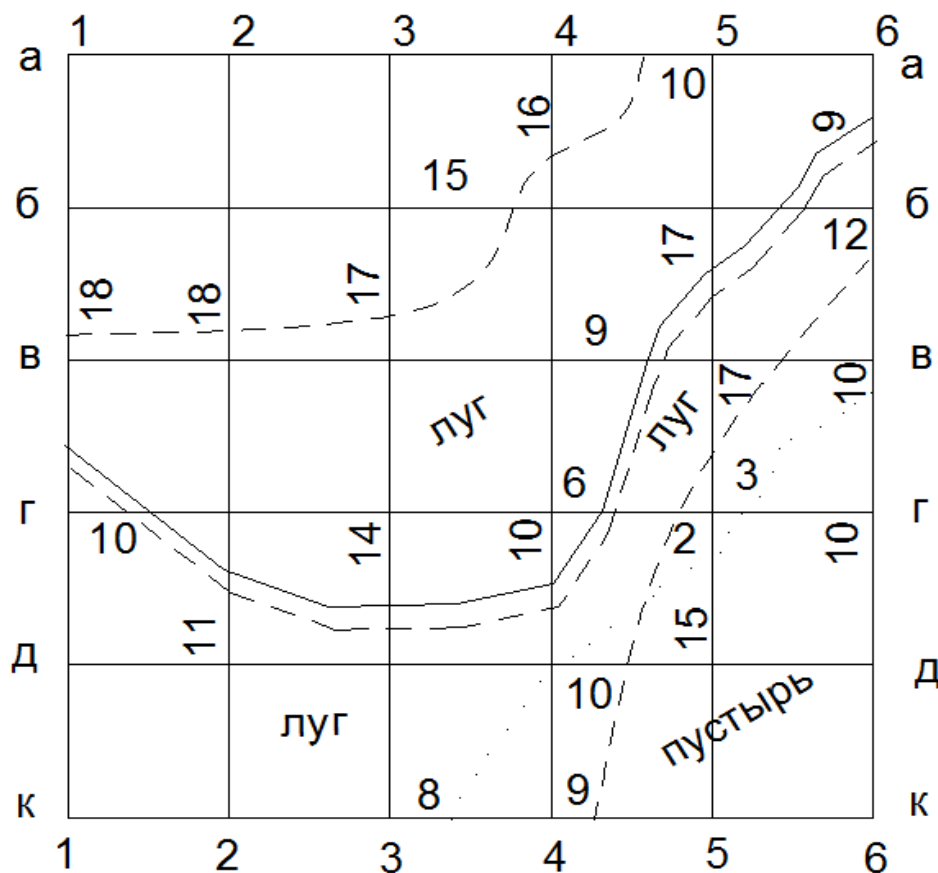


Рис. 4. Полевой абрис разбивки квадратов и съемки ситуации

Выбрав за начальное направление линию а/1 - а/6, через 20 м в ее створе закрепляют вершины, соответствующие точкам а/1, а/2, а/3, а/4, а/5, а/6. В угловых точках а/1 и а/6 строят прямые углы (см. задачу «Построение проектного угла») и откладывают отрезки а/1 - к/1 и а/6 - к/6, закрепляют угловые точки к/1 и к/6. Для контроля измеряют сторону к/1 - к/6, и если ее длина не отличается от проектной более чем на 1:2000 (<5 см на 100 м), то выполняют разбивку точек б/1, б/6, в/1, в/6, г/1, г/6, д/1, д/6 и вешением в соответствующих створах точек б/2, б/3, б/4, б/5; в/2, в/3, в/4, в/5 и т.д.

Колышки забивают в открытой местности вровень с поверхностью земли, рядом забивают колышки – «сторожки», на которых подписывают их обозначения, на застроенной территории используют краску, металлические стержни и др.

Плановое положение элементов ситуации определяют линейными промерами от вершин и сторон квадратов способами прямоугольных координат, линейных засечек и створов (рис. 4).

### Нивелирование вершин квадратов и вычисление их отметок

После проложения опорного нивелирного хода, со станций I, II, III производится нивелирование вершин квадратов. Отсчеты по черной стороне рейки, установленной поочередно в вершинах квадратов, записывают в журнале-схеме (рис. 5).

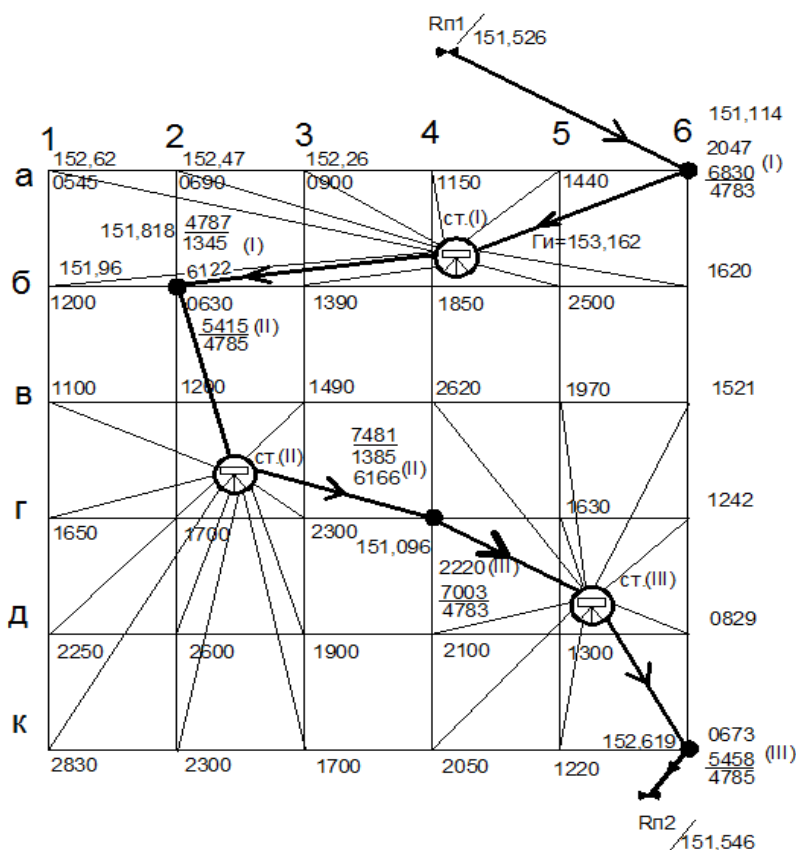


Рис. 5. Схема нивелирования и вычисления отметок связующих точек и вершин квадратов

В табл. 6 приведён обработанный журнал технического нивелирования точек опорного хода.

Абсолютные отметки вершин квадратов вычисляются через горизонт инструмента (ГИ) станции, с которой были занивелированы эти вершины, по формуле  $H_i = \text{ГИ} - \text{отсчёт}$ .

Для вычисления  $\text{ГИ}_i$  используются абсолютные отметки связующих точек. Так, например  $\text{ГИ}_{\text{ст1}} = 151,114 + 2,047 = 153,161$  м. Для контроля:  $\text{ГИ}_{\text{ст1}} = 151,818 - 1,345 = 153,163$  м.  $\text{ГИ}^{\text{ср}}_{\text{ст1}} = 153,162$  м используется для вычисления отметок. Например,  $H_{a/1} = 153,162 - 0,545 = 152,617$  м.  $\text{ГИ}_{\text{ст2}} = 153,162 - 0,690 = 152,472$  м и т.д.

Вычисленные абсолютные отметки выписывают с округлением до 0.01 м около соответствующей вершины на «Схеме нивелирования...» (см. рис. 5).

Таблица 6

Журнал технического нивелирования

Номер станции	Номер реечных точек	Отсчёты по рейке, мм			Превышения, мм $h = 3 - \Pi$		Высота $H$ , м	Номер реечных точек
		задний	передний	промежуточный	$h_{\text{ч}}$ $h_{\text{кр}}$	$h_{\text{ср}}$		
1	Рп1	0425	0840		-0415	+2	151,526	Рп1
		5210	5623			-0414		
2	а/6	4785	4783		-0413	-0412	151,114	а/6
	а/6	0923	0219		+0704	+2	151,114	а/6
		5705	5005			+0702		
3	б/2	4782	4786		+0700	+0704	151,818	б/2
	б/2	1305	2058		-0753	+2	151,818	б/2
		6091	6840			-0751		
4	г/4	4786	4782		-0749	-0749	151,069	г/4
	г/4	2666	1119		+1547	+2	151,069	г/4
		7450	5901			+1548		
5	к/6	4784	4782		+1549	+1550	152,619	к/6
	к/6	0716	1790		-1074	+2	152,619	к/6
		5499	6575			-1075		
	Рп2	4783	4785		-1076	-1073	151,546	Рп2

$$\frac{\Sigma 3 - \Sigma \Pi}{2} = \frac{\Sigma(+h) - \Sigma(-h)}{2} = \Sigma h_{\text{ср}}$$

## Построение плана нивелирования поверхности по квадратам

На чертежной бумаге (формат А4) в масштабе 1:1000 вычерчивают сетку квадратов. С абриса переносят ситуацию. У вершин квадратов выписывают соответствующие отметки. Способом графической (с помощью палетки) или аналитической интерполяции проводят горизонталы через 0,25 м.

Составленный план оформляют в туши строго по «Условным знакам». Фрагмент плана показан на рис. 6.

При оформлении плана рекомендуется сетку вычерчивать синим цветом; отметки – черным; горизонталы – коричневым.

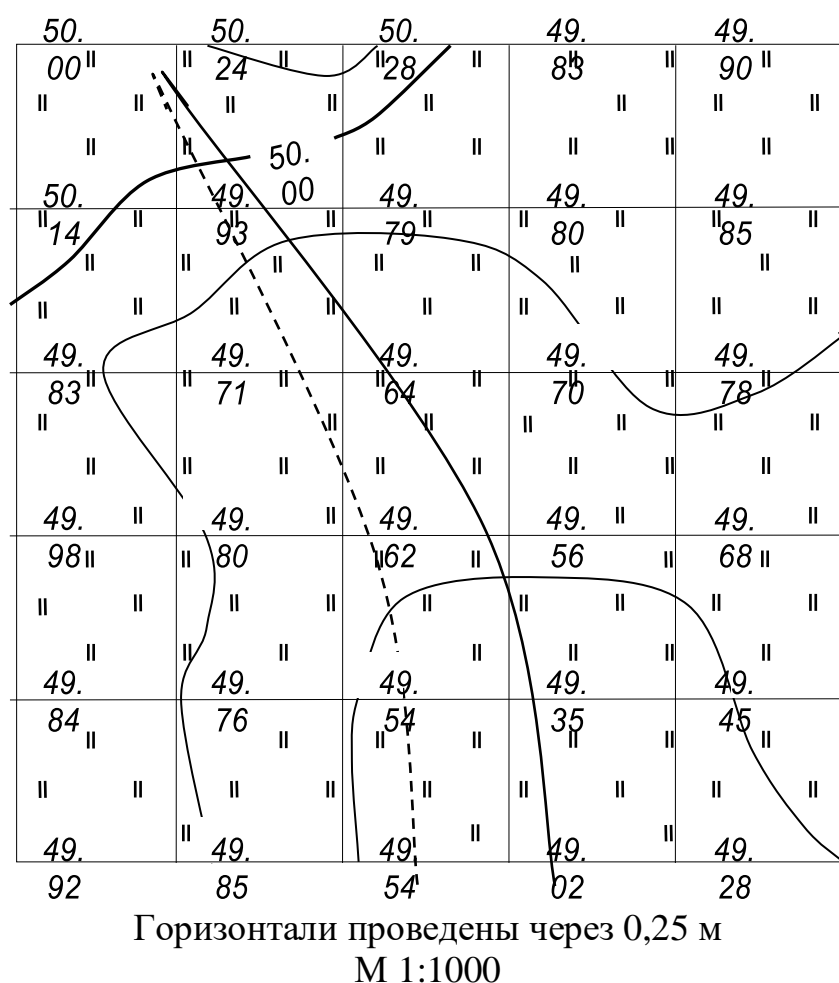


Рис. 6. План нивелирования поверхности по квадратам

## Составление проекта вертикальной планировки

В состав проекта вертикальной планировки включают два рабочих чертежа: план организации рельефа и план земляных работ. При разработке

плана организации рельефа естественную поверхность называют фактической, а преобразованную – проектной. Проектные и фактические отметки наносят на план в виде дроби с проектной отметкой в знаменателе и фактической – в числителе. Разность между проектной и фактической отметками называют рабочей отметкой. Положительные рабочие отметки определяют высоту насыпи, отрицательные – глубину выемки (срезки). Точка, для которой рабочая отметка равна нулю, называется точкой нулевых работ. Геометрическое место этих точек образует линию нулевых работ [6].

#### 4.5. 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. 7, а);
2. По дирекционным углам направлений с исходных пунктов на определяемый (рис. 7, б).

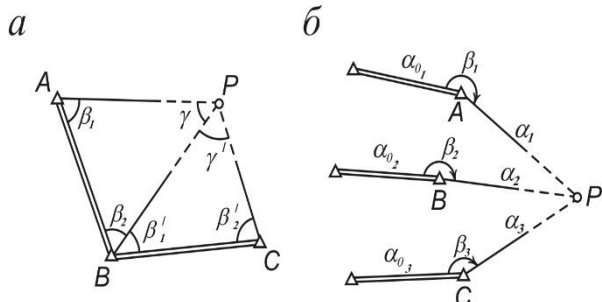


Рис.7. Схемы решения прямой геодезической засечки: а – по измеренным углам; б – по дирекционным углам

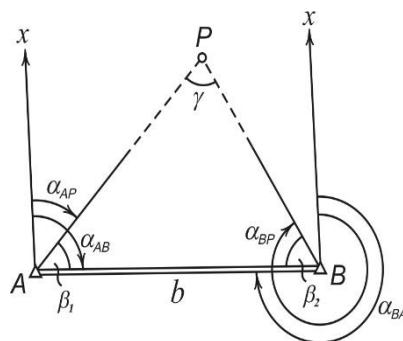


Рис.8. Прямая геодезическая засечка по измеренным углам с двух точек

Рассмотрим способы решения задачи по каждой схеме.

##### Решение прямой геодезической засечки по измеренным углам (рис.8)

При допустимом расхождении за окончательные значения координат точки  $P$  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 P, то исходный пункт, находящийся по левую руку, будет первым, а по правую – вторым* (рис. 9).

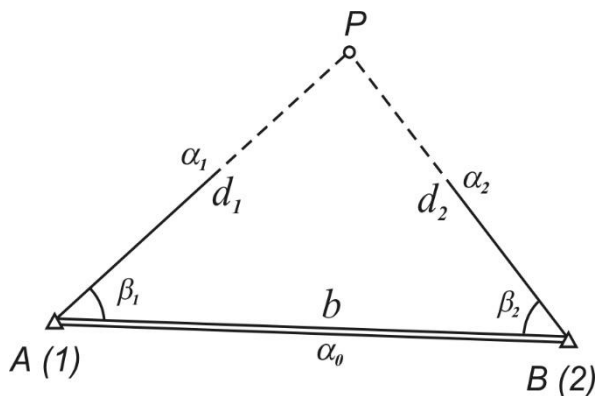


Рис.9. Схема к выводу формулы Юнга

**Формулы Юнга (формулы котангенсов измеренных углов).**

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

**Решение прямой геодезической засечки по дирекционным углам направлений. Формулы Гаусса (рис.10).**

Тогда

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

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  $\beta_1, \beta_2$

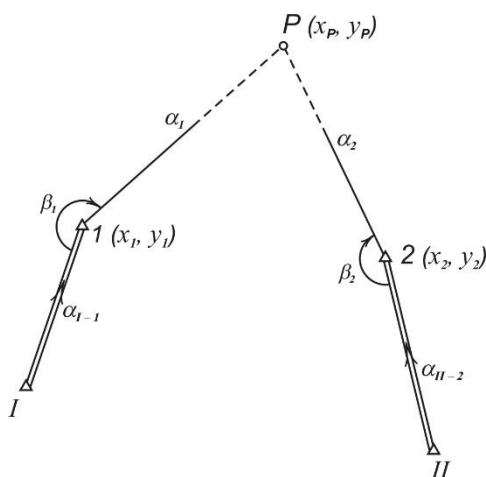


Рис.10. Схема к выводу формул Гаусса

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. 11, 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. 11, б). В этом случае решение обратной засечки выполняют независимо по двум комбинациям исходных пунктов (напр., пункты 1, 2, 3 и 2, 3, 4).

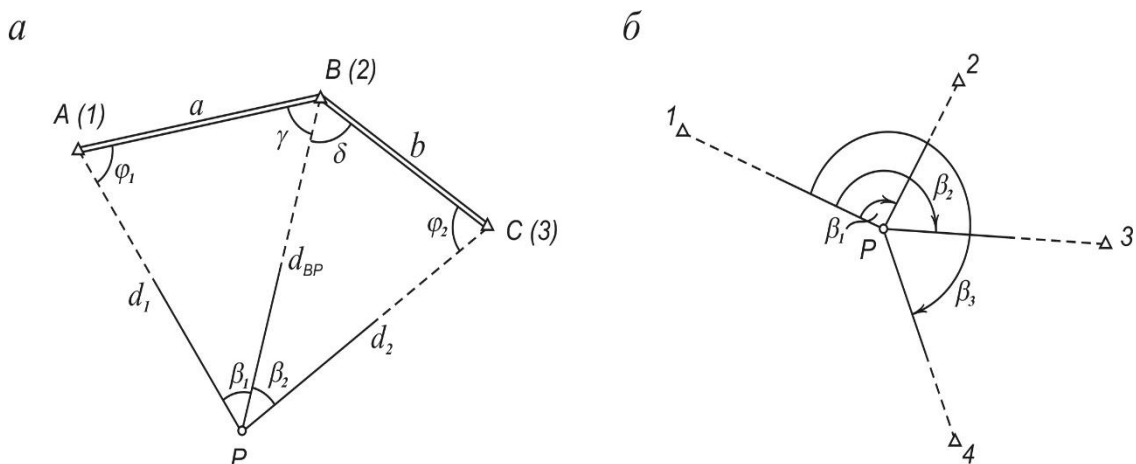


Рис. 11. Обратная геодезическая засечка: а – по трем пунктам; б – по четырем пунктам

### Комбинированная геодезическая засечка

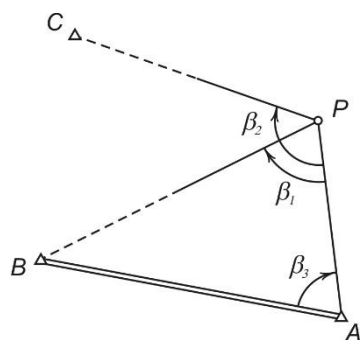


Рис. 12. Комбинированная геодезическая засечка

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. 12); 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  $\beta_1, \beta_2$  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  $\beta_3$ . 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  $\beta_1, \beta_2$  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  $\alpha_{AB}$ .

3. По дирекционному углу  $\alpha_{AB}$  и измеренным углам  $\beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$  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.

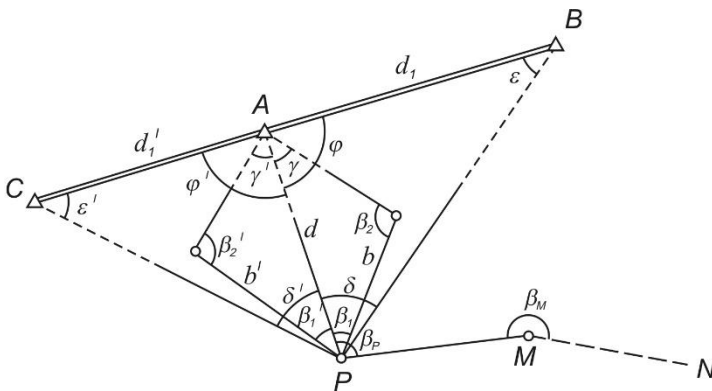


Рис.13. Схема снесения координат с вершины знака на точку хода

### 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 следу-

ющей последовательности.

*Рабочие формулы*

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.6 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 км<sup>2</sup> 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. 7.

Таблица 7. **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. 8.

Таблица 8. 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	40	200 – 250	100
	2,0	50	250	
1:5 000	0,5 – 1,0	60 – 80	250 – 300	150
	2,0 – 5,0	100 – 120	350	

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

Для изображения рельефа устанавливают рейку на всех точках перегибов местности по характерным линиям рельефа с таким расчетом, чтобы скат между соседними реечными 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*), реечник 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 мм<sup>2</sup> 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. Открепив 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.9 ).

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 9. Журнал тахеометрической съемки

Станция т.Ш

18 июля 2002 года

$H = 435,57$  м

$i = 1.42$  м

$V = i$

МО =  $0^{\circ}01'$

Теодолит 2Т30 №05784

Лимб ориентирован по т.П при КЛ

№ точк и ви- зиро- ва- ния	Отчеты по кругу		Дально- мерные расстоя- ния $L=Kp$ , м	Угол накл она $\nu$	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	$0^{\circ}00'$							
28	$12^{\circ}32'$	$+2^{\circ}03'$	37,2	$+2^{\circ}02'$	37,2	+1,32	436,89	ло- щина
29	$47^{\circ}16'$	$+5^{\circ}27'$	54,3	$+5^{\circ}26'$	53,8	+5,13	440,70	дорога
...	...	...	...	...	...	...	...	...
52	$342^{\circ}12'$	$-2^{\circ}04'$	78,3	$-2^{\circ}05'$	78,2	-2,84	431,15	гра- ница леса ( $V=3,0$ 0м)
т.П	$0^{\circ}01'$							

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  $0^{\circ}$  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 ( $\beta$ ,  $d$ ) 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.

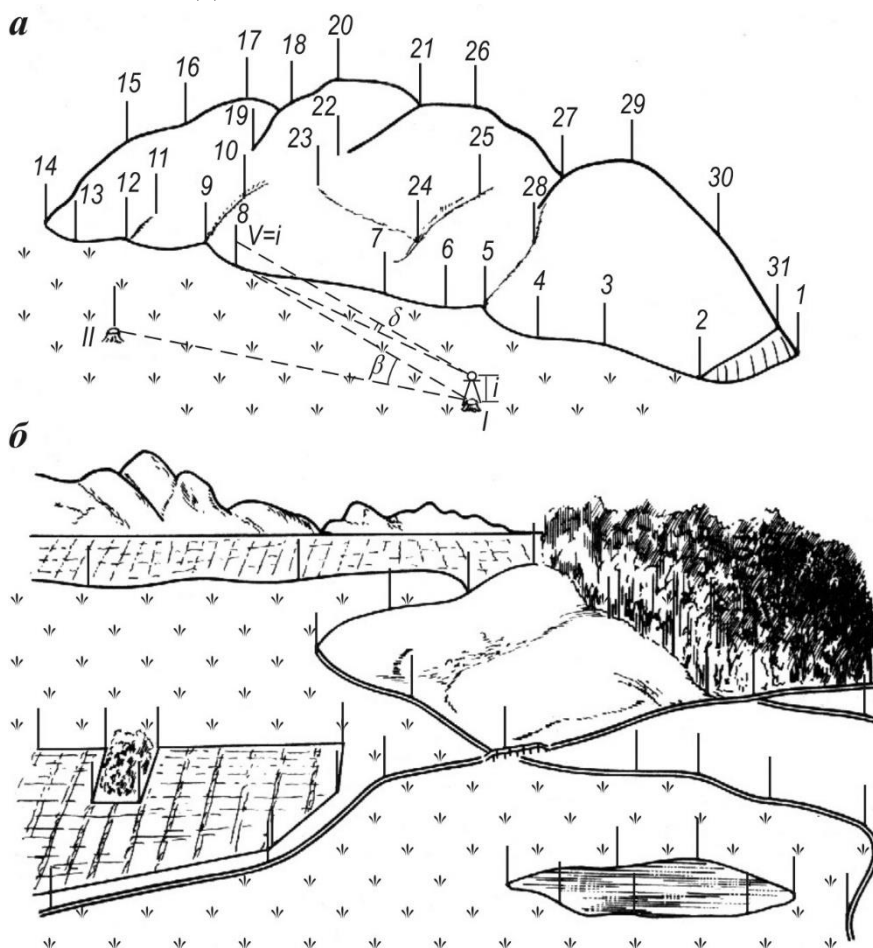


Рис. 14. Речные точки:  
а – высотные; б - контурные

Абрис удобно составлять на круговой номограмме (рис. 14), представляющей собой ряд concentрических окружностей через 1 см и радиальных кривых, проведенных через  $10^\circ$ . Станция, с которой ведется съемка, принимается в центре номограммы; вертикальный диаметр номограммы принимается за начальное направление, от верхнего конца которого ведется отсчет горизонтальных углов. Реечные 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.

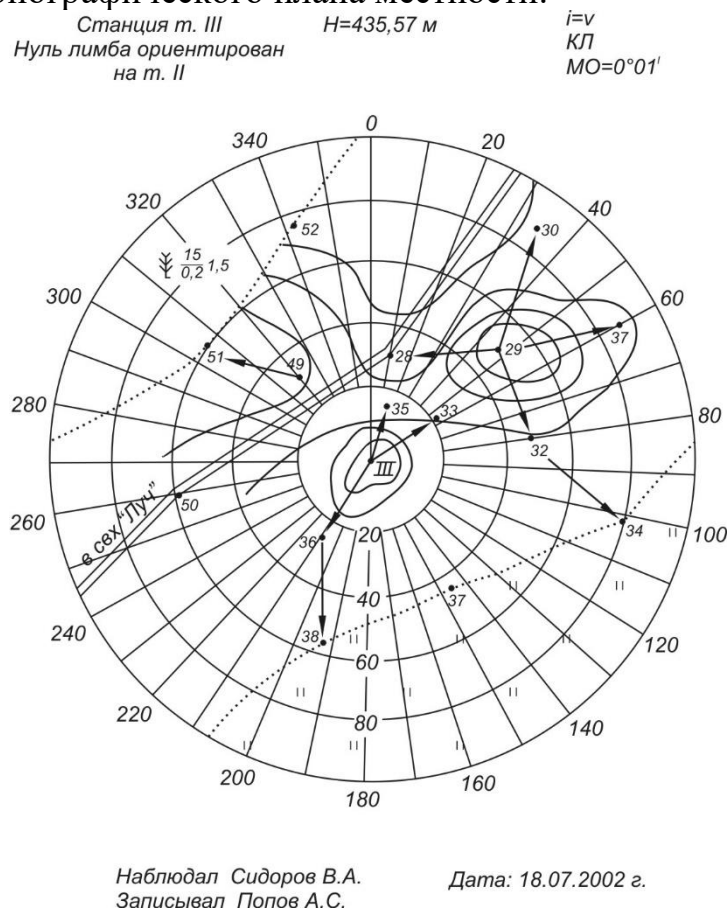


Рис. 15. Абрис тахеометрической съемки



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

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = 1' \sqrt{n};$$

при измерении углов оптическими теодолитами

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = 0,5' \sqrt{n},$$

где  $n$  – число углов в ходе.

Допустимая абсолютная линейная невязка в тахеометрическом ходе определяется по формуле

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

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

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

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

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

Если фактическая высотная невязка хода допустима, т. е. выполняется условие  $f_h \leq f_{\text{дон}}$ , 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

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{ниспр}},$$

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.

$$H_{\text{пик}_i} = H_{\text{ст}} + h_i.$$

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  $10 \times 10$  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. 16) 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.

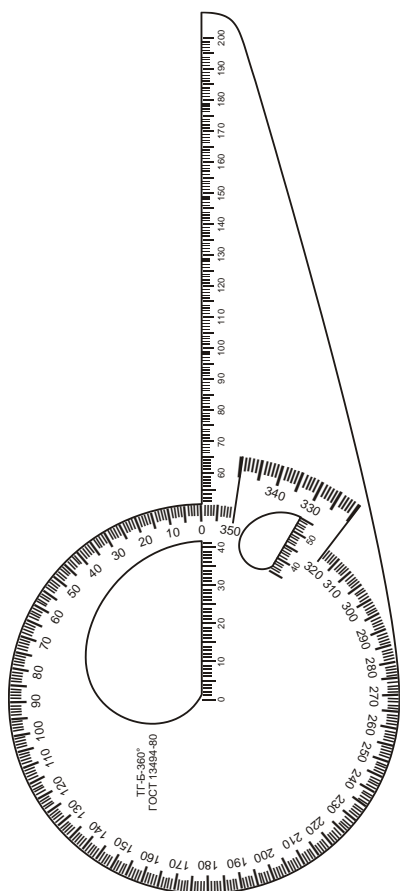


Рис. 16. Тахеограф

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 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 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 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

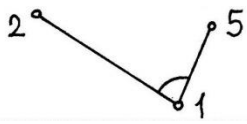
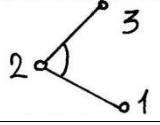
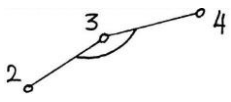
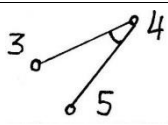
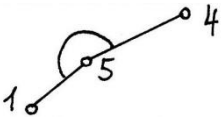
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ.....	2
1.1 Цели и задачи практики .....	2
1.2 Организация практики .....	3
1.3 Основные требования техники безопасности и охраны окружающей среды .....	4
2. ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ.....	6
2.1 Порядок проверки технического состояния геодезических приборов при получении их со склада.....	6
2.2 Порядок подготовки приборов для сдачи их на склад .....	8
3. ПОДГОТОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ К РАБОТЕ .....	8
4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ .....	11
4.1 Создание плано-высотной геодезической сети (геодезического обоснования) строительной площадки .....	11
4.2 Вычисление координат и высот пунктов плано-высотной геодезической сети.....	13
4.3 Геодезическая подготовка проекта к выносу и вынос проекта в натуру ...	16
4.4. Продольно-поперечное нивелирование и проектирование трассы линейного сооружения.....	17
4.4. Нивелирование поверхности с элементами вертикальной планировки ....	25
4.5. Определение положения дополнительных опорных пунктов .....	29
4.6 Тахеометрическая съемка .....	33
5. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ.....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	43

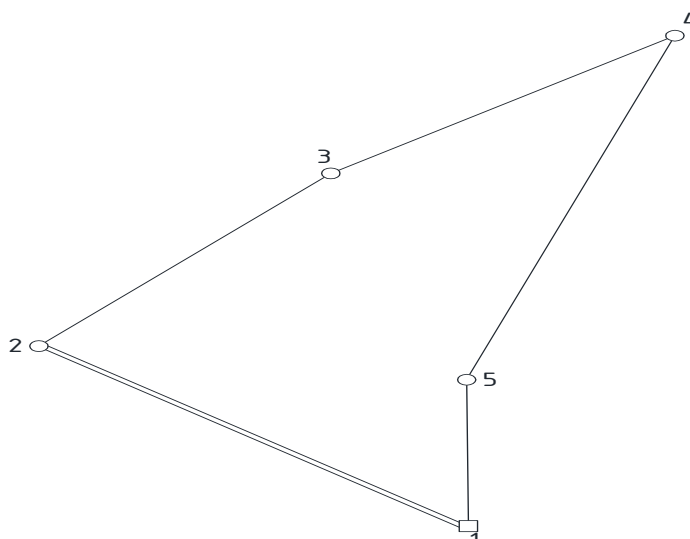
# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

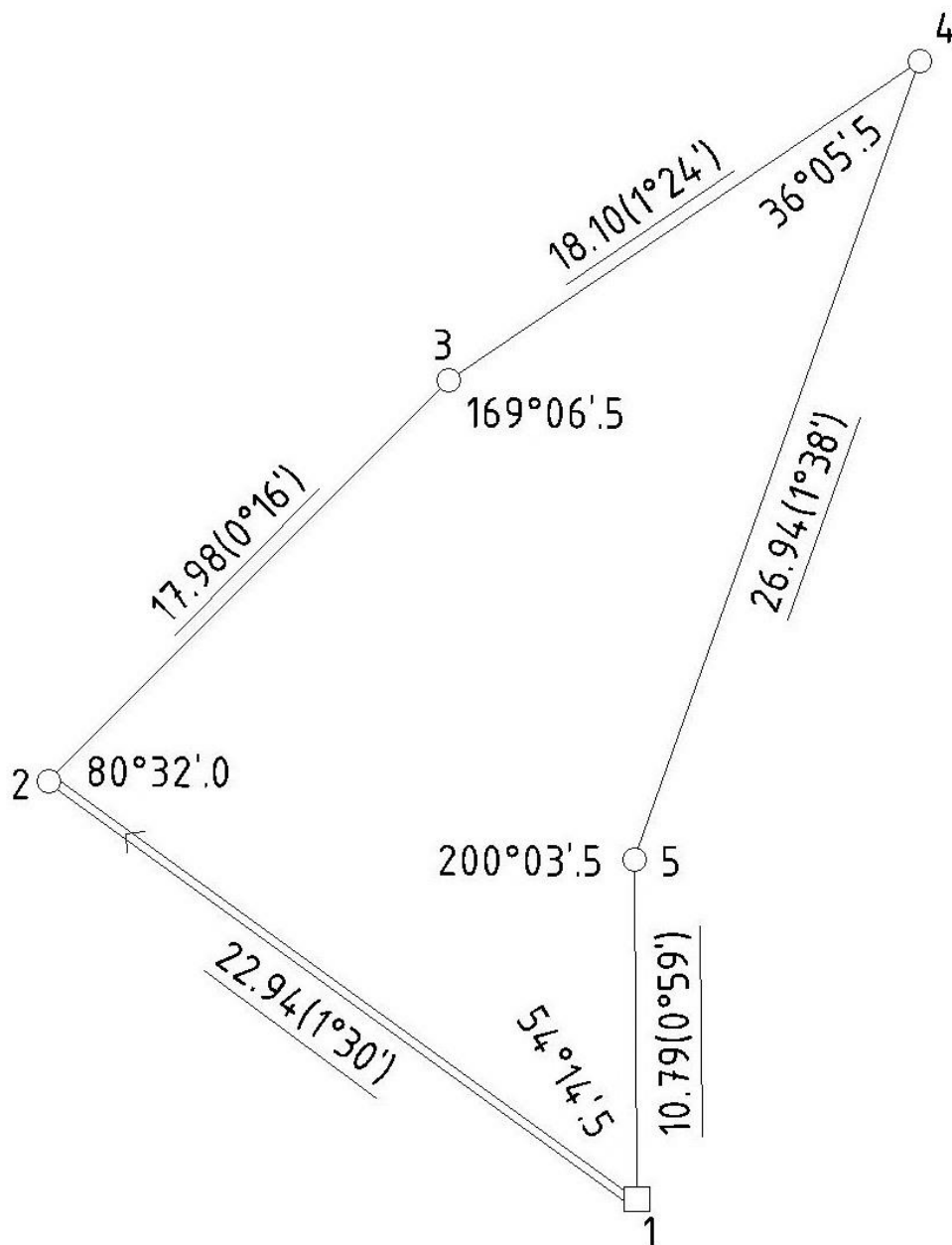
### Таблица П.1.1

*Пример оформления журнала измерения углов и линий теодолитного хода*

№№ станций	полуприём	№№ точек визирования	Отсчёты по горизонтальному кругу	Угол в полу-приёме	Средняя величина угла	Длина линии	Отсчёт по вертикальному кругу	Угол наклона линии	Схема
1	КЛ	5	241°50.0'	54°14.0'	54°14.5'	10,80	-0°58'	-0°59'	
		2	187°36.0'			22,96	-1°29'	-1°30'	
	КП	5	61°48.0'	54°15.0'					
		2	7°33.0'						
2	КЛ	1	207°26.0'	80°32.0'	80°32.0'	22,92	+1°31'	+1°30'	
		3	126°54.0'			17,97	+0°17'	+0°16'	
	КП	1	27°26.0'	80°32.0'					
		3	306°54.0'						
3	КЛ	2	67°33.0'	169°07.0'	169°06.5'	17,99	-0°15'	-0°16'	
		4	258°26.0'			18,11	-1°24'	-1°25'	
	КП	2	247°32.0'	169°06.0'					
		4	78°26.0'						
4	КЛ	3	79°52.0'	36°05.0'	36°05.5'	18,09	+1°24'	+1°23'	
		5	43°47.0'			26,96	+1°38,5'	+1°37,5'	
	КП	3	259°53.0'	36°06.0'					
		5	223°47.0'						
5	КЛ	4	71°27.0'	200°04.0'	200°03.5'	26,92	-1°37,5'	-1°38,5'	
		1	231°23.0'			10,78	+1°00'	+0°59'	
	КП	4	251°26.0'	200°03.0'					
		1	51°23.0'						



**Рис. П.1.1** Схема теодолитного хода



Исходные данные

$$\alpha_{1-2} = 305^{\circ}25'.0$$

$$X_1 = 765.25 \text{ м}$$

$$Y_1 = 477.16 \text{ м}$$

Выполнили студенты 1 курса гр.113 2 бригада
--

**Рис. П.2.1** Пример оформления схемы теодолитного хода

Таблица П.3.1

Пример оформления ведомости координат (замкнутый теодолитный ход)

№№ пунктов	Горизонтальные углы (правые)			Дирекционные углы $\alpha$	Наклонные расстояния, м (углы накл.) $D, (\nu)$	Горизонтальные продолжения, м	Приращения, м						Координаты, м		№№ пунктов	
	Измерен $\beta_{изм}$	Попр $V_{\beta}$ $\pm$	Исправл $\beta_{испр}$				Вычисленные $\pm$			Исправленные $\pm$			x	y		
							$\Delta x_{выч} = d \cos \alpha$	Попр $V_{\Delta x}$	$\Delta y_{выч} = d \sin \alpha$	Попр $V_{\Delta y}$	$\Delta x$	$\Delta y$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	54°14.5'	-0.4'	54°14.1'											765.25	477.16	1
				305°25.0'	22.94 (1°30')	22.93	+13.29	-0.02	-18.69	0.00	+13.27	-18.69				
2	80°32.0'	-0.4'	80°31.6'											778.52	458.47	2
				44°53.4'	17.98 (0°16')	17.98	+12.74	-0.01	+12.69	+0.01	+12.73	+12.70				
3	169°06.5'	-0.4'	169°06.1'											791.25	471.17	3
				55°47.3'	18.10 (1°24')	18.09	+10.17	-0.02	+14.96	+0.01	+10.15	+14.97				
4	36°05.5'	-0.4'	36°05.1'											801.40	486.14	4
				199°42.2'	26.94 (1°38')	26.93	-25.35	-0.01	-9.08	+0.02	-25.36	-9.06				
5	200°03.5'	-0.4'	200°03.1'											776.04	477.08	5
				179°39.1'	10.79 (0°59')	10.79	-10.79	0.00	+0.07	+0.01	-10.79	+0.08				
1	54°14.5'	-0.4'	54°14.1'											765.25	477.16	1
$\Sigma$	540°02.0'	-2.0'	540°00.0'			96.72	+0.06	-0.06	-0.05	+0.05	0.00	0.00				
$\Sigma_r$	540°00.0'						0.00		0.00		$\Sigma \Delta x_i = 0$	$\Sigma \Delta y_i = 0$				
$f_{\beta}$	+2.0'					$f_x =$	+0.06		$f_y =$	-0.05						
$f_{\beta^{дон}}$	$\pm 2.4'$															

$\Sigma \beta_i = 180^\circ(n+2) = 180^\circ \times (5-2) = 540^\circ 00.0'$   
 Невязка угловая ( $f_{\beta}$ ) =  $540^\circ 02.0' - 540^\circ 00.0' = \pm 2.0'$   
 $f_{\beta^{дон}} = \pm 1' \cdot \sqrt{n} = \pm 1' \cdot \sqrt{5} = \pm 2.4'$

$$f_{abc} = \pm 1' \cdot \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2} = \sqrt{0,06^2 + 0,05^2} = \pm 0,08$$

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{\Sigma D} = \frac{1}{\Sigma D : f_{abc}} = \frac{1}{96,72/0,08} = \frac{1}{1200}$$



Пример оформления журнала технического нивелирования

№№ станций	№№ реечных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм (±) h=З-П		Высоты, Н, м	№№ реечных точек
		Задний З	Передний П	Промежуточный Пр	hч hk	hср		
1	1	1057	1662		-0605	-0605	160,440	1
	2	5841	6446		-0605	+2	159,837	2
		4784	4784			-0603		
2	2	1457	1354		0103	0103	159,837	2
	3	6240	6138		0102	+1	159,941	3
		4783	4784			0104		
3	3	909	1303		-0394	-0395	159,941	3
	4	5692	6087		-0395	+2	159,548	4
		4783	4784			-0393		
4	4	1958	1219		0739	0740	159,548	4
	5	6741	6000		0741	+1	160,289	5
		4783	4781			0741		
5	5	1583	1435		0148	0149	160,289	5
	1	6369	6219		0150	+2	160,440	1
		4786	4784			0151		
	Σ	37847	37863		$\Sigma h_{ср} = f_h =$		-8 мм	

$$\Sigma h_{испр} = 0 \text{ мм}$$

$$\text{Контроль: } \frac{\Sigma З - \Sigma П}{2} = \frac{37847 - 37863}{2} = \frac{-16}{2} = -8 \text{ мм}$$

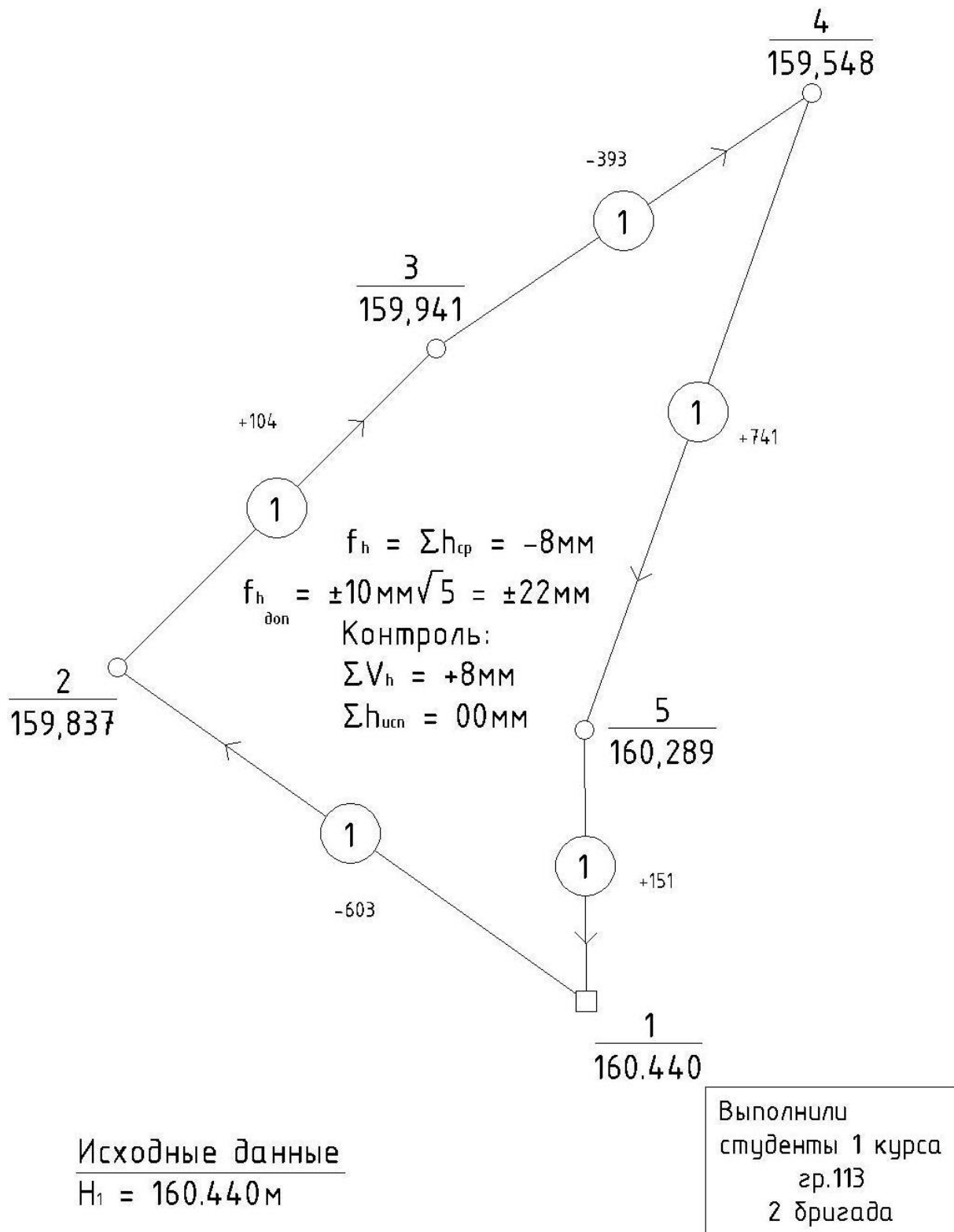
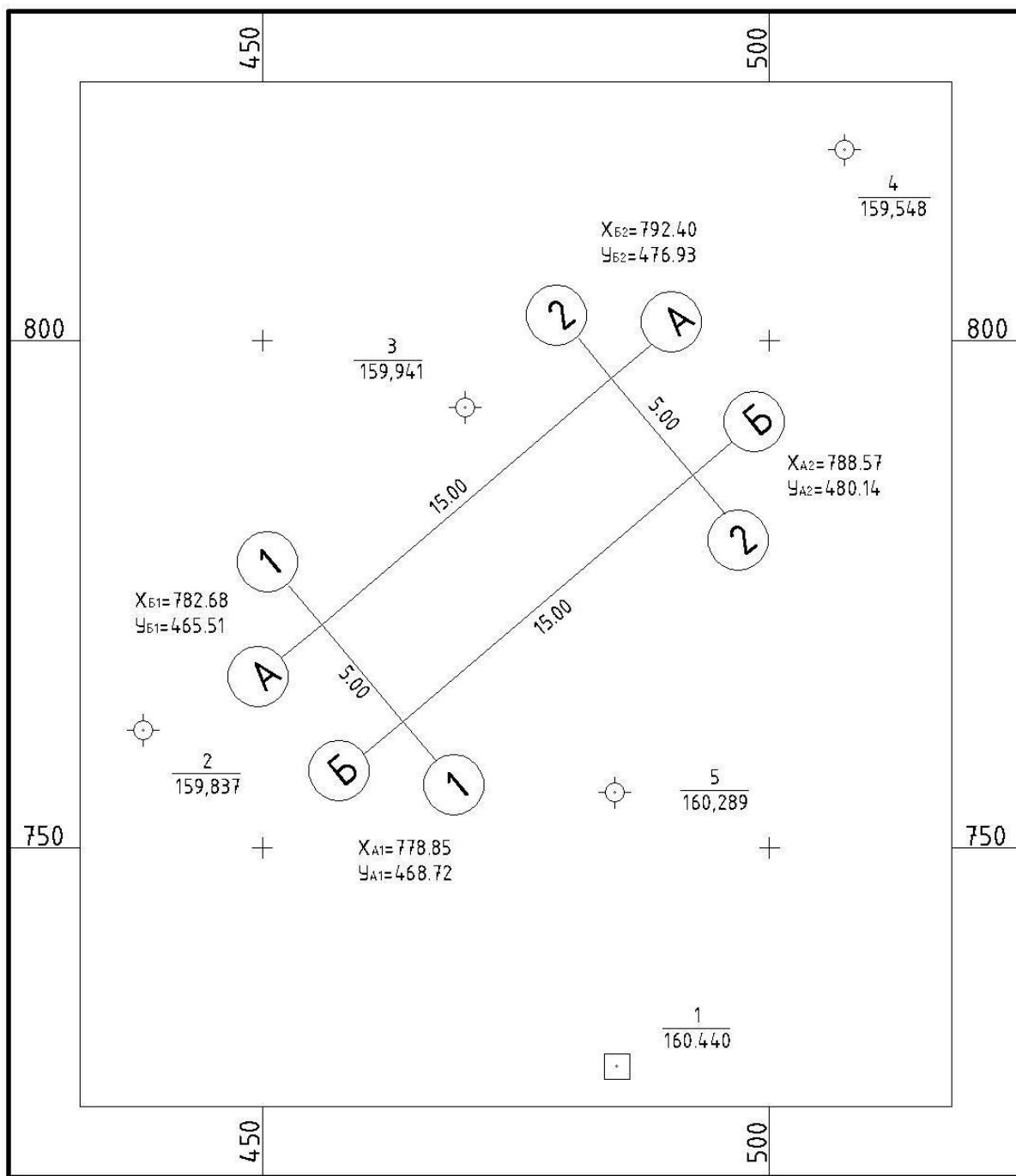


Рис. П.5.1 Пример оформления схемы нивелирного хода

Система координат местная

г. Воронеж

### План геодезического обоснования



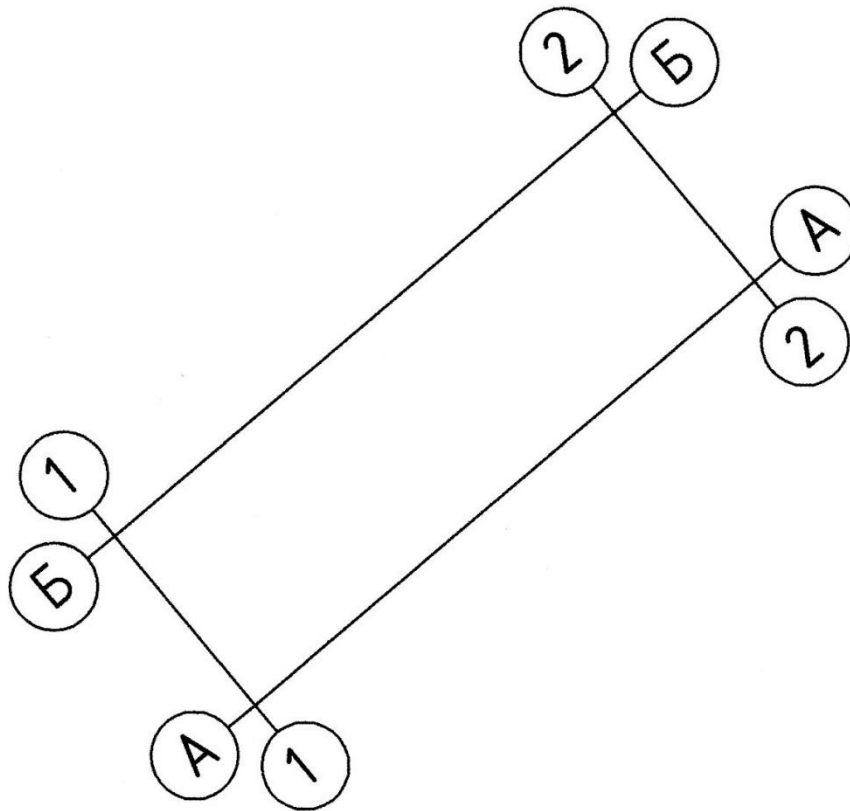
ВГАСУ  
ПГС гр.113  
2 бригада

1:500  
В 1 см 5 м

2012 г.

**Рис. П.6.1** Пример оформления плана геодезического обоснования

Вычисление проектных координат вершин инженерного сооружения



Ведомость вычисления проектных координат вершин сооружения

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

Расчет разбивочных элементов

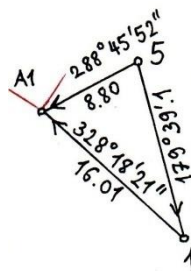
1. Вершина Б2

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
$X_{Б2}$	792.40	$X_{Б2}$	792.40	<p> <math>\beta_{Б2}=146^{\circ}57'06''</math>  <math>\beta_3=22^{\circ}55'15''</math>  <math>\beta_4=10^{\circ}07'39''</math>  <math>\Sigma=180^{\circ}00'00''</math> </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	

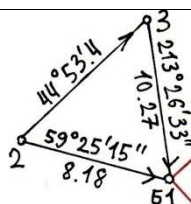
2. Вершина А2

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
$X_{А2}$	788.59	$X_{А2}$	788.59	<p> <math>\beta_{А2}=168^{\circ}50'40''</math>  <math>\beta_4=5^{\circ}17'03''</math>  <math>\beta_5=5^{\circ}52'17''</math>  <math>\Sigma=180^{\circ}00'00''</math> </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	

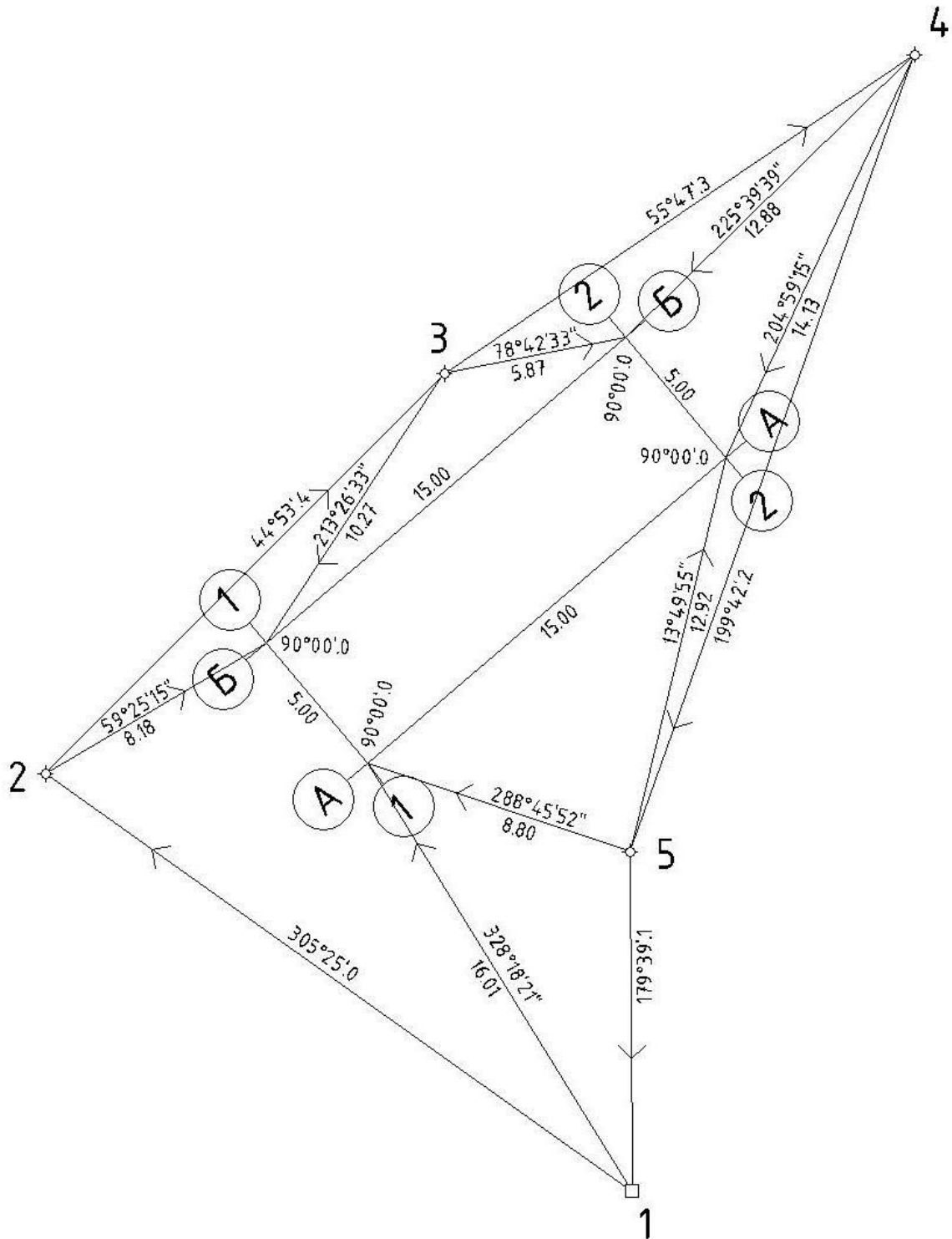
3. Вершина А1

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
$X_{A1}$	778.87	$X_{A1}$	778.87	 <p> <math>\beta_{A1}=39^{\circ}32'29''</math>  <math>\beta_5=109^{\circ}06'46''</math>  <math>\beta_1=31^{\circ}20'45''</math>  <math>\Sigma=180^{\circ}00'00''</math> </p>
$Y_{A1}$	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	
$r\ C3=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$71^{\circ}14'08''$	$r\ C3=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$31^{\circ}41'39''$	
$\alpha_{5-A1}$	$288^{\circ}45'52''$	$\alpha_{1-A1}$	$328^{\circ}18'21''$	
$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	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	

4. Вершина Б1

Пункт		Пункт		Схема
Действия	Результат	Действия	Результат	
$X_{B1}$	782.68	$X_{B1}$	782.68	 <p> <math>\beta_{B1}=154^{\circ}01'18''</math>  <math>\beta_2=14^{\circ}31'33''</math>  <math>\beta_3=11^{\circ}27'09''</math>  <math>\Sigma=180^{\circ}00'00''</math> </p>
$Y_{B1}$	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	
$r\ CB=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$59^{\circ}25'15''$	$r\ IO3=\arctg\frac{\Delta Y}{\Delta X}$	$33^{\circ}26'33''$	
$\alpha_{2-B1}$	$59^{\circ}25'15''$	$\alpha_{3-B1}$	$213^{\circ}26'33''$	
$d=\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	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	

Пример оформления разбивочного чертежа



# **ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА**

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

Составитель:  
Васильчикова Екатерина Владимировна