

Министерство образования и науки Российской Федерации

Бузулукский гуманитарно-технологический институт  
(филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Строительно-технологический факультет

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

*А. В. Дорошин*

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К УЧЕБНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом БГТИ (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Бузулук  
2018

УДК 624.07  
ББК 38.54  
Д69

Рецензент – Власов А.В., ст. преподаватель, зав. каф. промышленного и гражданского строительства

**Дорошин, А.В.**

Д69 Геодезия: метод. указания к учеб. геодезической практике / А.В. Дорошин; Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал) Оренбургского государственного университета. – Бузулук: БГТИ (филиал) ОГУ, 2018.

Содержание методических указаний принято в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и рабочей программой практики «Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, геодезическая практика» для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

Содержатся сведения о целях и задачах учебной геодезической практики, правилах обращения с геодезическими приборами и выполнения их проверок, оформления полевых документов и производства графических и вычислительных работ.

Приводятся основные положения и методические рекомендации по выполнению теодолитной и тахеометрической съемок, нивелированию трассы и поверхности, по геодезическим изысканиям в ходе строительства зданий и сооружений. Даны необходимые сведения о правилах техники безопасности и мерах по охране окружающей среды при производстве геодезических работ.

ББК 38.54  
УДК 624.07

©Дорошин А. В., 2018  
©БГТИ (филиал) ОГУ, 2018

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Компетенции студента, формируемые в результате прохождения учебной геодезической практики.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Общие положения .....</b>	<b>6</b>
1.1. Цель, задачи и порядок проведения учебной практики .....	6
1.2. Правила техники безопасности и обращения с геодезическими приборами ....	7
1.2.1. Общие требования безопасности.....	7
1.2.2. Требования безопасности перед началом работы .....	8
1.2.3. Требования безопасности во время работы.....	8
1.2.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях.....	9
1.2.5. Требования безопасности по окончании работы .....	9
<b>2. Поверки и юстировки геодезических приборов.....</b>	<b>10</b>
2.1. Поверки и юстировки теодолита .....	10
2.2. Поверки и юстировки нивелира Н-3 .....	14
2.3. Поверки реек.....	17
2.4. Компарирование лент и рулеток.....	17
<b>3. Топографическая съемка.....</b>	<b>18</b>
3.1. Создание плановой съемочной сети.....	18
3.1.1. Полевые работы.....	18
3.1.2. Камеральные работы.....	1
3.2. Создание высотной съемочной сети .....	1
3.2.1. Полевые работы.....	1
3.2.2. Камеральные работы.....	1
3.3. Съемка местности.....	1
3.3.1. Горизонтальная съемка.....	1
3.3.2. Тахеометрическая съемка.....	1
<b>4. Трассирование автомобильной дороги.....</b>	<b>1</b>
4.1. Рекогносцировка и закрепление трассы .....	1
4.2. Расчет элементов горизонтальных круговых кривых .....	1
4.3. Составление ведомости прямых и кривых .....	1
4.4. Составление плана трассы.....	1
4.5. Детальная разбивка горизонтальной круговой кривой.....	1
<b>5. Решение мелких геодезических задач .....</b>	<b>1</b>
<b>6. Планировка участка под наклонную плоскость .....</b>	<b>1</b>
6.1. Полевые работы при площадном нивелировании .....	1
6.2. Камеральные работы по обработке результатов площадного нивелирования..	1
6.3. Исходные данные для проектирования участка под наклонную плоскость.....	1
6.4. Определение координат центра тяжести участка .....	1
6.5. Определение проектных уклонов по осям.....	1
6.6. Вычисление проектных отметок.....	1
6.7. Вычисление рабочих отметок .....	1
6.8. Определение планового положения линии нулевых работ .....	1

6.9. Составление картограммы земляных масс .....	1
<b>7. Вынос проекта сооружения на местность .....</b>	<b>1</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>1</b>

## Введение

Учебная геодезическая практика включена в учебный план в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

По учебному плану изучаемых дисциплин после окончания 2 семестра предусмотрена учебная геодезическая практика общей трудоемкостью 3 зачетные единицы. Методические указания предназначены для поддержки студентов при прохождении учебной геодезической практики.

В результате прохождения учебной практики студенты должны приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

**ПК-1** знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.

**Знать:** основы геодезии и топографии в объеме, необходимом для создания съемочного обоснования и производства съемок местности, а также использования топографических карт и планов в целях ведения строительства; основы техники безопасности при производстве топографо-геодезических работ; нормативные документы, регламентирующие последовательность и объем геодезических измерений и геологических изысканий.

**Уметь:** отображать участки местности в геометрическом отношении, использовать топокарты для обзорного изучения местности; работать с учебной и нормативно-технической документацией; пользоваться специальной литературой, нормативной документацией.

**Владеть:** техникой обработки геодезических измерений; приемами решения геодезических задач; методами проведения инженерных изысканий.

**ПК-2** владением методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования.

**Знать:** общие принципы, методы и средства геодезических измерений, технологию выполнения инженерно-геодезических работ; современные геодезические оптико-механические, электронные приборы, используемые для геодезических измерений, и средства автоматизированной обработки информации; источники ошибок геодезических измерений и способы их устранения.

**Уметь:** работать с различными геодезическими приборами, используемыми в процессе линейно-угловых измерений и при нивелировании; выполнять полевые и камеральные работы при построении съемочных сетей и в процессе съемки местности; пользоваться планами, картами и цифровыми моделями местности при решении прикладных задач.

**Владеть:** навыками измерений, съемки местности и работы с картографическими материалами; методикой проведения полевых геодезических

измерений и способами обработки их результатов с точностью, отвечающей требованиям строительных норм и технических условий; навыками выполнения угловых, линейных, высотных измерений для выполнения разбивочных работ, исполнительных съемок строительно-монтажных работ, а также, уметь использовать топографические материалы для решения инженерных задач.

**ПК-15** способность составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок.

**Знать:** нормативные документы по организации, составу и проведению инженерно-геодезических изысканий; основные положения инженерно-геодезических изысканий.

**Уметь:** анализировать инженерно-геодезические условия площадки проектируемого строительства; строить и анализировать геодезические планы; выделять инженерно-геодезические элементы (ИГЭ) в пределах площадки строительства.

**Владеть:** навыками выполнения основных полевых работ при инженерно-геодезических изысканиях; ведения полевой документации при ИГ изысканиях; разработки отчета по результатам ИГ изысканий для строительства; организовывать геодезические работы при строительстве и эксплуатации сооружений.

Практика включает шесть разделов полевых работ:

- поверки и юстировки геодезических инструментов;
- топографическая съемка участка местности;
- трассирование линейных сооружений;
- решение инженерных геодезических задач;
- планировка участка под наклонную плоскость;
- вынос проекта сооружения на местность и камеральную обработку.

Состав работ практики определяется преподавателем. Учебная геодезическая практика проводится в полевых условиях, поэтому в методических указаниях предусмотрены такие разделы, как «Режим работы и основные правила по технике безопасности при выполнении геодезических работ в полевых условиях».

## 1 Общие положения

Современное строительное производство требует от инженера-строителя глубоких геодезических знаний, применяемых на всех этапах строительномонтажных работ. Поэтому студенты строительных специальностей должны хорошо знать современные геодезические приборы, применяемые в строительном производстве;

уметь выполнять отдельные виды геодезических измерений, таких как производство топографической съемки на небольших территориях местности, трассирование и нивелирование линейных сооружений, составлять планы, профиль и свободно владеть и пользоваться геодезическими чертежами;

умело решать типовые инженерно-геодезические задачи в процессе изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Все затронутые вопросы инженерной геодезии изучаются студентами на лекциях, лабораторных занятиях, при подготовке к экзаменам. Учебная геодезическая практика ставит задачи закрепления, углубления теоретических знаний и приобретения устойчивых практических навыков при работе с геодезическими инструментами по технологии выполнения геодезических работ.

Так как точность геодезических измерений, выполняемых в процессе изысканий, строительства, зависит в большей степени от технического состояния используемых приборов, то во время геодезической практики студенты должны твердо соблюдать правила обращения с геодезическими приборами. В указаниях большое внимание уделяется способам и методике выполнения полевых работ, даются рекомендации по предупреждению и обнаружению грубых промахов в измерениях, которые наиболее часто допускаются студентами при работе с геодезическими приборами и инструментами.

В основном учебная геодезическая практика включает в себя выполнение следующих видов работ:

- создание планово-высотного обоснования;
- топографическая съемка участка местности;
- геометрическое нивелирование;
- решение ряда инженерно-геодезических задач, выполняемых в процессе проектирования и строительства.

В период учебной практики наиболее успевающие студенты могут выполнять дополнительно учебно-исследовательские работы.

Настоящие указания по геодезической практике написаны в соответствии с Типовыми программами практик для строительных специальностей, Программой курса «Инженерная геодезия», утвержденной Учебно-методическим объединением по инженерно-строительным специальностям в 1990 г.

Содержание каждого вида работ и распределение времени на их выполнение в зависимости от специализации групп дневной формы обучения

по направлению «Строительство» приводится в программе учебной практики по инженерной геодезии, прилагаемой к данному пособию.

Общее учебно-методическое руководство практикой осуществляет руководитель цикла геодезии, а для непосредственного решения всех вопросов, возникающих на практике, приказом дирекции назначается руководитель практики из числа преподавателей кафедры.

Камеральная обработка полевых материалов в основном должна выполняться параллельно с полевыми работами.

Общий зачет принимается после выполнения всех видов работ, оформления документации, сдачи приборов, оборудования и литературы.

Перед зачетом все полевые журналы, подписанные бригадиром и преподавателем, все схемы, абрисы, дневник бригады, тетрадь с расчетами, полевые зарисовки должны быть сложены в отдельную папку. По камеральной обработке полевых материалов должен быть составлен отчет, содержащий краткую пояснительную записку по всем видам работ с приложением итогового графического материала и чертежей.

### **1.1 Требования к прохождению практики**

Для прохождения геодезической практики учебная группа делится на бригады по 5-6 человек. Каждая бригада выполняет полный комплекс геодезических работ, предусмотренных программой практики. *Все члены бригады* являются ответственными за сохранность выданного им геодезического оборудования. Для выполнения программы учебной геодезической практики каждая бригада должна получить в геокамере следующие геодезические приборы и принадлежности к ним:

- теодолит (ТЗО; 2ТЗО; 2ТЗОП; 2Т5; 2Т5К; 3Т5КП) – 1 шт.;
- нивелир (Н-3, Н-3К, Н-10К, 2Н-10КЛ) – 1 шт.;
- штативы (теодолитный и нивелирный) – 2 шт.;
- мерную ленту и 6 шт. шпилек – 1 комплект;
- 2 нивелирные рейки;
- три вешки;
- нитяной отвес;
- юстировочную шпильку;
- топор или молоток;
- деревянные колышки;
- геодезические журналы;
- аптечку.

Все полученные инструменты, приборы и принадлежности должны быть осмотрены в день их получения в присутствии преподавателя. В случае

обнаруженных неисправностей или некомплектности, прибор должен быть возвращен в геокамеру для его ремонта или замены.

*При прохождении геодезической практики студенты должны придерживаться следующего распорядка:*

- рабочий день на практике начинается к 9 часов утра. К 9 часам все студенты и преподаватели должны быть на полигоне;

- продолжительность рабочего дня не менее 6 часов;

- каждая бригада имеет бригадира из числа наиболее успевающих и обладающих организаторскими способностями студентов. Бригадам присваивается порядковый номер, и состав бригады не меняется в течение всего периода практики;

- бригада обязана строго придерживаться графика выполнения отдельных видов полевых геодезических работ, камеральной их обработке и вычерчивания чертежей с соблюдением всех нормативных требований;

- бригада не имеет права уйти с полевой практики при выполнении отдельных видов геодезических работ, не проведя их полевой контроль, т.е. не убедившись, что полевые работы выполнены с требуемой точностью;

- в бригаде должна строго соблюдаться дисциплина – никаких самовольных отлучек с полигона практики не допускается, а указания и требования бригадира строго выполняются членами бригады;

- в первый день практики студенты должны изучить и сдать правила техники безопасности по проведению практики с распиской в журнале преподавателя и дневнике бригады. ***Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются;***

- материальную ответственность за порчу и утерю геодезического оборудования и приборов несет вся бригада в целом или конкретный студент, если его халатность, недобросовестность четко установлена;

- каждый студент должен выполнить все виды работ, предусмотренные программой практики;

- перед выполнением очередного вида работ студентам необходимо ознакомиться с содержанием работы в целом, изучить методику ее выполнения, выслушать пояснения преподавателя. Перед началом работы в бригаде распределяются обязанности и порядок их чередования, при этом в каждом виде работ студент последовательно выполняет обязанности исполнителя, записывающего и рабочего (речника); записи в журналах измерений производят четко, простым карандашом, не допуская неясных, трудночитаемых, малоразборчивых цифр и букв;

- исправление и подчистка полевых записей, отсчетов категорически запрещена. Неправильные записи перечеркиваются и ниже записываются новые;

- полевые журналы подлежат строгому учету и хранению. Страницы журналов должны быть пронумерованы и число их заверено бригадиром и преподавателем;

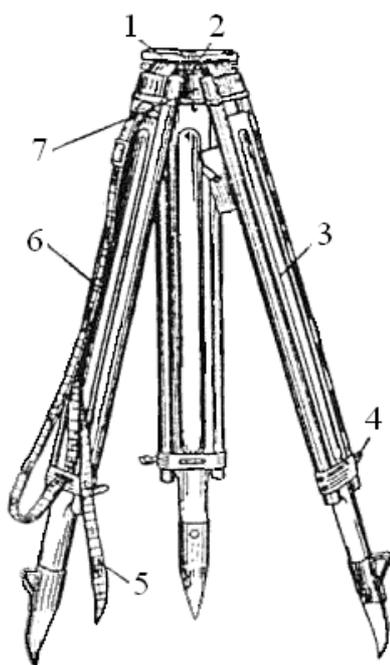
- в каждый журнал обязательно записывают все данные, указанные в заглавном листе, заполняют сведения и описание приборов, формул, по которым производились вычисления, оглавление, вычерчивают схему ходов;

- после окончания полевого дня бригадир и помощник бригадира должны принять и проверить всё оборудование, которое использовалось в этот день;

- все инструменты и оборудование должны быть подготовлены к сдаче их в геокамеру.

## 1.2 Проверка технического состояния геодезических приборов при получении их из геокамеры и правила обращения с ними

**Штатив** предназначен для установки инструментов и создания последним надежной и устойчивой опоры (см. рисунок 1).



- 1 – головка;
- 2 – болт;
- 3 – ножка;
- 4 – винт;
- 5, 6 – ремни;
- 7 – становой винт

Рисунок 1 - Штатив

Ножки раздвижного штатива шарнирно соединены с головкой штатива специальными винтами, поэтому эти болты должны быть хорошо закреплены и не шататься. Регулировку болтов выполняют гаечным ключом. При выдвигении ножек не стоит делать больших усилий во избежание срыва стопорных приспособлений, сам же штатив в это время нужно держать

вертикально, чтобы не нанести ножками себе травму. Если ножки не выдвигаются, нужно ослабить сцепление, слегка покачивая их вправо и влево, держа за наконечники.

После выдвигения ножек до нужной высоты необходимо закрепить их стопорными винтами и проверить надежность закрепления. Теодолит прикрепляют к головке штатива при помощи станкового винта, внутри которого должен находиться крючок для подвешивания нитяного отвеса. На одной из ножек штатива располагается пенал с крышкой для нитяного отвеса. Для переноса штатива на нём должны быть закреплены специальные ремни, а также ремни для стягивания ножек.

**Проверку теодолитов (2Т30, 2Т30П, 2Т, Т5, 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП)** необходимо выполнить следующим образом:

- установить теодолит вместе с футляром на штатив и закрепить его станковым винтом. Снять футляр, открыв замки, для чего отжать пружины-фиксаторы и повернуть рукоятки по направлению стрелок;

- открепить закрепительные винты алидады и зрительной трубы и поворотом проверить плавность вращения алидады и зрительной трубы. Затем закрепить винты алидады и зрительной трубы, а открепить винт лимба, повернуть, проверив плавность вращения и закрепить винт, чтобы проверить надежность закрепления лимба;

- после закрепления лимба, алидады и зрительной трубы осторожно проверить надежность закрепления лимба, алидады и трубы;

- проверить работу наводящих винтов лимба, алидады и трубы при закреплённых закрепительных винтах. Вращая наводящие винты, необходимо следить, чтобы труба плавно перемещалась в горизонтальной и вертикальной плоскостях, как по ходу, так и против хода часовой стрелки;

- проверить работу фокусирующих устройств трубы: вращением диоптрийного кольца отфокусировать сетку нитей, т.е. чтобы четко была видна сетка нитей, потом, вращая кремальеру, добиться резкого (четкого) изображения как удаленных, так и близко лежащих предметов. Если кремальера вращается вхолостую, и добиться четкого изображения не удастся, *необходимо повернуть опорный винт, расположенный в отверстии на кремальере;*

- изображение отсчетных шкал в микрометре должно быть четким по всему полю, для чего, вращая круглое зеркальце, добиваются полного освещения шкал; а вращением диоптрийного кольца микроскопа - четкого изображения шкал;

- подъемные винты должны иметь плавный, свободный ход. Если они имеют тугой ход, то или очень туго закреплен становой винт и его надо ослабить; если это не помогло, то пригласить учебного мастера для регулировки. *Качание подъёмных винтов не допускается;*

- проверить исправительные винты уровня, чтобы они были в исправном состоянии. Длина уровня должна быть нормальной, т.е. должна составлять 0,3-0,4 длины ампулы при температуре 20 °С.

При осмотре теодолита и работе с ним должны соблюдаться следующие правила:

- все закрепительные винты и становой винт надо закреплять без излишних усилий;

- при поворотах верхней части теодолита следует брать руками за алидадную часть у места расположения закрепительного винта;

- запрещается поворачивать верхнюю часть теодолита, взявшись руками за трубу;

- *нельзя* допускать прикосновения пальцев рук к оптическим деталям зрительной трубы и отсчетного микроскопа;

- вращая верхнюю часть теодолита при открепленной алидаде, необходимо проследить за взаимным расположением краев лимба и шкал микроскопа – они должны прилегать друг к другу;

- при работе с исправительными винтами категорически запрещается прилагать большие усилия, так как это может привести к поломке головки винта. Перед ввинчиванием одного исправительного винта, второй, противоположный, должен быть слегка вывернут;

- при переходе на короткое расстояние (с точки на точку) теодолит разрешается переносить закреплённым на штативе, но труба теодолита должна быть повернута объективом вниз. Ножки штатива сдвигаются вместе и держатся в вертикальном положении или слегка наклонном. Строго запрещается переносить теодолит в горизонтальном положении. Все закрепительные винты должны быть закреплены;

- при перерыве в работе нельзя оставлять теодолит без присмотра;

- в случае кратковременного дождя на теодолит надеть футляр или закрыть зонтом. В случае продолжительного дождя работу надо прекратить, а, вернувшись на базу, инструмент протереть сухой тряпочкой;

- при укладке теодолита в футляр необходимо 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.

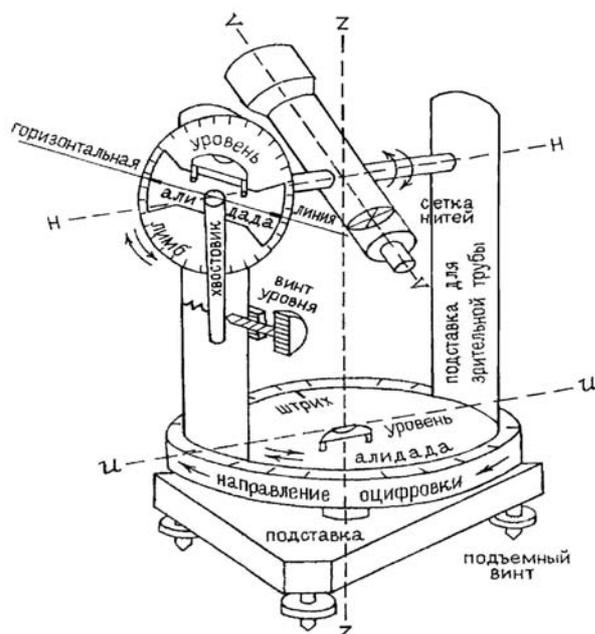


Рисунок 2 - Принципиальная схема теодолита

### Проверку нивелиров (НЗ, Н-10КЛ, НВ-1) осуществить так:

- открыть упаковочный ящик и проверить комплектность принадлежностей нивелира согласно техническому паспорту;
- вынуть нивелир из ящика и установить на штативе, закрепив станковым винтом, не выпуская его из рук. Затем, открепив закрепительный винт трубы, проверить плавность вращения трубы вокруг вертикальной оси;
- закрепить винт зрительной трубы и проверить работу наводящего винта нивелира;
- вращая окулярное кольцо установить резкость сетки нитей и с помощью кремальеры отфокусировать трубу на дальние и близкие точки;
- отгоризонтировать нивелир с помощью подъемных винтов, проверить их плавность вращения и вывести пузырек круглого уровня в центр;
- проверить работу эливазионного винта, совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня, видимых в поле зрения окуляра;
- все правила обращения с теодолитом, приведенные ранее, в основном также относятся и к нивелиру.

В комплект нивелира входят и нивелирные деревянные рейки РН-3 длиной 3 м. Рейки шашечные должны иметь деления шириной 1 см. На одной стороне окраска деления черно-белая (основная шкала), на другой – красно-белая (дополнительная шкала). Дециметровые деления подписаны от 00 до 29 на 3-х метровой рейке. Начало каждого дециметра обозначено наиболее длинной чертой. Основная шкала начинается с нуля, а дополнительная обычно с 4684 или 4784.

Разность отсчетов по дополнительной и основной шкалам – всегда число постоянное, равное началу отсчета по дополнительной шкале, называемое «пяткой», причем если отсчеты по обеим шкалам не содержат грубых ошибок, то их разность может отличаться от «пятки» не более чем, на 5 мм.

При работе с рейками в поле необходимо выполнять следующие требования:

- работая со складными 3-х метровыми рейками, вначале необходимо проверить надежность крепления реек фиксатором;
- нельзя сидеть на нивелирных рейках, во избежание прогибов рейки и стирания делений шкалы рейки о грунт и траву.

### Проверка мерных лент

Мерные ленты изготавливают номинальной длиной  $l_0$  равной 20 (ЛЗ-20), 24(ЛЗ-24), 50(ЛЗ-50) – штриховые ленты. Такую же номинальную длину имеют стальные шкаловые ленты – ЛЗШ-20, ЛЗШ-24, ЛЗШ-50. Стальные мерные рулетки имеют номинальную длину 20, 30, 50 и 100 м. Длиной штриховой ленты ЛЗ считают расстояние между штрихами, нанесенными на начальном и конечном дециметровых делениях. Штрихи при измерениях фиксируют на земле железными шпильками (см. рисунок 3). Перед измерением расстояний между точками необходимо сделать внешний осмотр ленты, записать и поставить в известность заведующего геокамерой о существующих заклепках на ленте и выполнить ее компарирование. В практике изысканий и строительства инженерных сооружений находят широкое применение и рулетки различных конструкций: металлические рулетки в закрытом корпусе типа РЗ длиной 50, 75 и 100 м; на вилке типа РЗ длиной 20, 30 и 50 м; с грузом-лотом типа РЛ длиной 10, 20, 30, 50 м; тесьмяные рулетки длиной 10, 20, 30 м.

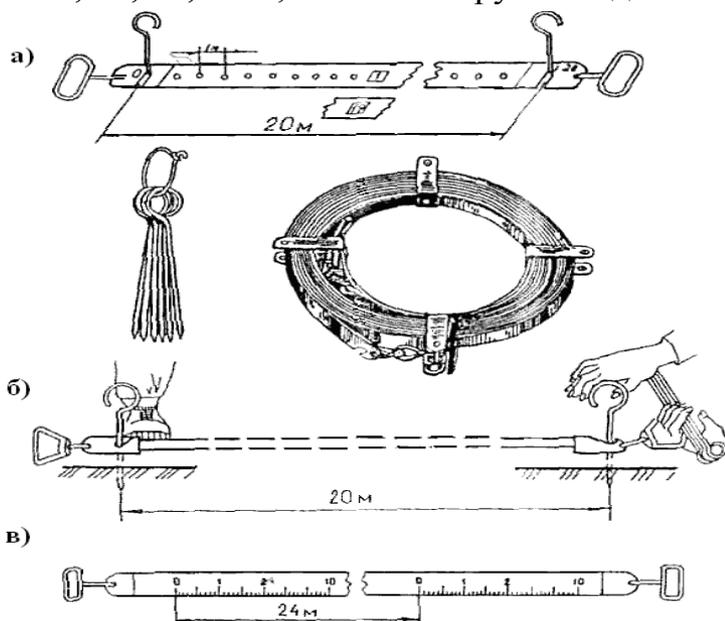


Рисунок 3а, б, в – Мерные ленты

При компарировании стальной ленты или рулетки может использоваться так называемая нормальная лента ( $l_n$ ) или полевой компаратор известной (эталонной) длины ( $L_0$ ). Если используют нормальную ленту, то поправку за компарирование ( $\Delta l_k$ ) вычисляют по формуле

$$\Delta l_k = l_n - l, \quad (1)$$

где  $l$  – длина рабочей ленты при температуре ( $t^\circ\text{C}$ ) в момент измерения;  
 $l_n$  – действительная длина нормальной (эталонной) ленты.

При компарировании на полевом компараторе поправку за компарирование при средней температуре ленты ( $t^0\text{C}$ ) за время измерения вычисляют по формуле

$$\Delta l_k = \frac{(L_0 - L)}{n}, \quad (2)$$

где  $L_0$  – действительная длина полевого компаратора;  
 $L$  – длина компаратора, измеренная уложением рабочей ленты несколько раз, имеющей длину  $l$ ;  
 $n$  – число уложений ленты.

Длину линии ( $D$ ), измеренную штриховыми лентами или рулетками, вычисляют по формуле

$$D = nl_0 + n\Delta l_x + Z, \quad (3)$$

где  $Z$  – остаток;  
 $n$  – число полных уложений рабочей ленты;  
 $l_0$  – номинальная длина ленты, равная 20 м, 24 м, 50 м при заводском изготовлении (см. рисунок 3 – а, б, в).

*При работе в поле следует соблюдать следующие правила:*

- лента всегда должна быть свернута и намотана на барабан (кольцо). В развернутом виде она должна находиться только при измерении линий местности. После окончания работ по измерению, ее сразу же протирают и накручивают на кольцо (барабан), при этом не перехлестывая и не делая петель;
- при переносе ленты, намотанной на кольцо, следует держать ее за кольцо, а не за ручку ленты;
- при размотке ленты и при измерении линий местности **категорически не допускается образование петель**, что влечет за собой поломку ленты;

- шпильки при измерении лентой расстояний надо фиксировать в земле отвесно и на достаточную глубину, чтобы при натяжении ленты они не наклонялись и не смещались со своего положения;

- при измерении линий геодезического обоснования используют вешки, которые нельзя кидать, т.к. можно поранить рядом находящихся людей, и вешка может при ударе о землю переломиться.

При разбивке точек геодезического обоснования и при решении ряда инженерных задач необходимо иметь деревянные колышки определённой длины, с заточенными концами, поэтому для их заготовки требуется топор.

**Топор** должен быть плотно насажен на топорище и расклинен металлическими клиньями. Топорище должно быть гладко отстругано, а лезвие топора заточено.

**При сдаче мерной ленты** на склад очистить ленту, шпильки, топор, кувалду от ржавчины песком или наждачной бумагой, протереть тряпкой, смоченной в масле.

**При полном расчете студенческой бригады** с геокамерой заведующий геодезической лабораторией выдаёт бригадиру справку. При отсутствии справки зачет по геодезической практике студентам не выставляется.

### 1.3 Инструкция по технике безопасности

Для предупреждения несчастных случаев и травм студенты обязаны выполнять следующие правила по технике безопасности.

1. Во избежание солнечных ожогов и теплового удара необходимо проявлять осторожность при загорании и не ходить без головных уборов. После 11 часов утра нельзя работать без рубашек.

2. Нельзя носить штатив на спине при выдвинутых ножках, чтобы не поранить себе ноги. При переходах с точки на точку штатив должен переноситься со сложенными ножками за ремень и в вертикальном положении.

3. При измерении линий осторожно носить и пользоваться шпильками. Запрещается их перекидывать друг другу. При промере линий шпильки держать в руке острыми концами от себя.

4. Запрещается перебрасывать вешки, топоры, молотки друг другу. Работая топором, нужно быть внимательным, чтобы не нанести травму себе или кому-либо из товарищей.

5. Нельзя пользоваться транспортом, не предназначенным для перевозки людей.

6. Соблюдать правила дорожного движения, быть внимательным при переходе дорог и улиц. Не толкаться и не создавать аварийных ситуаций при переходе большой группой студентов. Улицы переходить только по подземным переходам и в местах, указанных для перехода людей.

7. Запрещается пить воду из неизвестного источника. В жаркую погоду нельзя пить много воды в полевых условиях, а лучше смачивать губы, лицо и прополаскивать рот.

8. Купание в реке во время работы на геодезическом полигоне строго запрещено.

9. Во время работы и отдыха не рекомендуется заходить в места, заросшие лесом или кустарником во избежание укуса клещом.

10. На территории работы соблюдать чистоту. После принятия пищи отходы и мусор складывать в отведенное место.

11. Запрещается в аудиториях подключать электроприборы к электросети.

12. После обследования колодцев подземных инженерных коммуникаций обязательно крышку люка поставить на место.

13. Запрещается курение в аудиториях. Курить можно только в специально отведенных для этого местах.

## 2 Подготовительные работы

В течение 1-2 дней бригады выполняют подготовительные работы, заключающиеся в следующем:

- подготовке инструментов и оборудования к работе в полевых условиях;
- инструктаже студентов по технике безопасности в полевых условиях и при нахождении их в помещениях;
- сдаче техники безопасности каждым студентом преподавателю с росписью их в журнале по технике безопасности;
- проведение проверок инструментов;
- производят компарирование своей рабочей ленты согласно параграфа 1.2, пункт 4;
- тренировочно измеряют расстояние между двумя точками в прямом и обратном направлениях при помощи ленты;
- производят проверки теодолита и записывают в рабочую тетрадь;
- каждый член бригады тренировочно измеряет горизонтальный угол полным приемом. Измерение углов записывается в «угломерный журнал»;
- производят проверки нивелира с записью в рабочей тетради;
- тренировочно нивелируют между двумя точками способом из середины, вводя «X» точки при нивелировании, записывая все в журнал нивелирования;
- производят камеральную обработку нивелирного журнала;
- сравнивают результат геометрического нивелирования с определением превышения между этими же точками тригонометрическим нивелированием.

### 2.1 Проверки инструментов

Чтобы при работе с теодолитом осуществлялся принцип измерения горизонтальных углов, необходимо проверить выполнение у теодолита ряда геометрических условий и, если они не выполнены, то исправить, т.е. произвести юстировку теодолита при помощи исправительных винтов.

В теодолите должны быть соблюдены следующие геометрические условия:

- основная ось  $ZZ$ , (см. рисунок 2) теодолита должна проходить через центр круга делений лимба, т.е. должен отсутствовать эксцентриситет алидады;
- ось цилиндрического уровня  $UU_1$  алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси теодолита ( $UU \perp ZZ$ );
- плоскость делений лимба должна быть перпендикулярной к основной оси теодолита;

- визирная ось  $VV$  (прямая проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей) должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы  $NN$ ;

- ось вращения зрительной трубы  $NN$  должна быть перпендикулярна к основной оси теодолита  $ZZ$ ;

- вертикальная нить сетки нитей должна находиться в коллимационной плоскости трубы.

Дополнительные геометрические условия вытекают из теории вертикальных углов.

Процесс определения инструментальных погрешностей называется *поверкой теодолита*, а его регулировка – *юстировкой*. *Геометрические оси* теодолита – это линии, относительно которых располагаются отдельные части теодолита (см. рисунок 2).

### 2.1.1 Поверки теодолита 2Т30 (2Т30П)

Поверка уровня алидады горизонтального круга.

**1** *Ось цилиндрического уровня  $UU$ , алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита  $ZZ$  (вертикальной оси) ( $UU \perp ZZ$ ) (поверка уровня).*

Если это условие в теодолите выполнено, то после приведения плоскости, на которой находится уровень в горизонтальное положение при помощи подъемных винтов и самого уровня, пузырек уровня должен оставаться на середине ампулы при любом повороте этой плоскости вокруг оси вращения. Поверка производится в следующей последовательности:

- устанавливают уровень параллельно двум подъемным винтам, и, вращая винты в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину ампулы. Производят отсчет по лимбу горизонтального круга (записывают в рабочую тетрадь или в акте поверок теодолита);

- поворачивают алидаду на  $180^\circ$ , если пузырек уровня остался на середине или отклонился не более чем на одно деление уровня, то условие выполнено, если более чем на одно деление - не выполнено.

Так как не выполнение этого условия происходит из-за неправильного завинчивания исправительных винтов, прикрепляющих уровень к плоскости, то для исправления надо либо опустить правый конец уровня, либо поднять левый конец, поэтому исправления производят следующим образом:

- исправительными винтами уровня пузырек уровня смещают к середине на половину дуги отклонения;

- окончательно приводят пузырек уровня на середину вращением подъемных винтов, относительно которых установлен уровень. После исправления поверку повторяют. Если ось уровня составляет с горизонтальной плоскостью большой угол, т.е. после поворота алидады на  $180^\circ$  пузырек уйдет в самый конец уровня, то, для ускорения работы, полезно дугу уровня отклонения измерить «шагом подъемных винтов» таким образом: вращают

подъемные винты в разные стороны и, считая число поворотов кистей рук, приводят пузырек уровня на середину. Затем вращают подъемные винты в обратную сторону на половину числа поворотов кистей рук, то есть пузырек уровня будет перемещен на половину дуги отклонения. При помощи исправительных винтов уровня приводят пузырек уровня на середину ампулы. Проворачивают горизонтальный круг вокруг оси вращения инструмента – если пузырек не сходит с середины, значит условие выполнено; если отклоняется от середины, то юстировку уровня повторяют до тех пор, пока при развороте на  $180^\circ$  пузырек уровня не будет сходиться с середины ампулы.

*Перед выполнением следующих проверок теодолита необходимо теодолит вначале отгоризонтировать, т. е. привести его в рабочее положение.*

**2 Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы ( $VV \perp HH$ ) (определение коллимационной ошибки «С»).**

**Угол отклонения визирной оси от нормали к оси вращения трубы называют коллимационной ошибкой.**

При измерении горизонтальных углов плоскости, образующие горизонтальный угол, должны быть отвесны. У теодолита роль этих плоскостей выполняет коллимационная плоскость, получающаяся от вращения визирной оси вокруг горизонтальной оси теодолита. Если условие выполнено, т.е.  $C=0$ , то отсчет по лимбу горизонтального круга будет правильным, а если не выполнено, то коллимационная погрешность влияет на отсчет по лимбу, так как при переводе зрительной трубы через зенит визирная ось описывает коническую поверхность. Для выполнения этой проверки надо выбрать две точки, расположенные в одном створе с теодолитом, но по разные от него стороны.

Коллимационную погрешность определяют следующим образом:

- выбирают точку местности на расстоянии не ближе 50 м, при наблюдении на которую зрительную трубу устанавливают приблизительно горизонтально (отклонение не более  $2^\circ$ );

- приводят теодолит в рабочее положение, т.е. устанавливают вертикальную ось прибора в отвесное положение;

- визируют на выбранную точку  $A_1$  и берут отсчет при «круге лево»  $L_1$  (т.е. отсчет при «круге лево») с горизонтального круга ( $280^\circ 24'$ );

- переводят трубу через зенит и уже при «круге право» снимают отсчет на эту же точку  $P_1$  ( $100^\circ 20'$ );

- открепляют закрепительный винт горизонтального круга (закрепительный винт алидады) и, повернув теодолит на  $180^\circ$ , снова закрепляют винт;

- наводят зрительную трубу на ту же точку и вновь при двух положениях вертикального круга снимают отсчеты  $L_2$  и  $P_2$  ( $100^\circ 25'$  и  $280^\circ 20'$ );

- вычисляют коллимационную погрешность «С» по формуле

$$C = \frac{[(L_1 - P_1 \pm 180^\circ) + (L_2 - P_2 \pm 180^\circ)]}{4} \quad (4)$$

Повторить наблюдение на вторую точку и вычислить вновь «С». Из двух рассчитанных погрешностей выводят «С<sub>0</sub>». Если С<sub>0</sub> не превышает 2', а колебание С из двух наблюдений не превышает 1', то условие выполнено, если С<sub>0</sub> превышает 2', то производят исправление таким образом:

- наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают отсчет на лимбе, равный

$$L_{испр.} = L - C_0 \quad \text{или} \quad P_{испр.} = P + C_0; \quad (5)$$

- после этого перекрестие сетки нитей сместится относительно наблюдаемой точки;

- осторожно снять защитный колпачок с исправительных винтов сетки нитей и боковыми винтами сетки нитей (предварительно ослабив вертикальные исправительные винты) передвинуть сетку до совмещения перекрестия с изображением точки. Закрепляют сетку нитей и надевают защитный колпачок. Все наблюдения свести в таблицу 1. После исправления поверку повторяют.

Таблица 1

Номер точки	Отсчет по горизонтальному кругу		Разности $L - P \pm 180^\circ = 2C$
	П	Л	
1	2	3	4
До исправления			
A <sub>1</sub>	100°20'	280°24'	2C=280°24'-100°20'-180°00' = +0°04'
A <sub>1</sub>	280°20'	100°25'	C = +0°02' 2C = 100°25' - 280°20' + 180°00' = +0°05' C = +0°02'30'' $C_0 = \frac{+0^\circ04' + 0^\circ05'}{4} = +0^\circ02'15''$
После исправления			
A <sub>1</sub>	280°21'	100°22'	2C = 100°22' - 280°21' + 180°00' = +0°01' C = +0°00'30''
A <sub>1</sub>	100°20'	280°22'	280°22' - 100°20' - 180°00' = +0°02' C = +0°01' $C_0 = \frac{0^\circ01' + 0^\circ02'}{4} = 0^\circ00'45''$

### 3 Горизонтальная ось должна быть перпендикулярна к вертикальной оси инструмента( $HH \perp ZZ$ ).

Поверку произвести таким образом:

- установить теодолит на штативе на расстоянии 2-5 м от стены;
- выбрать и отметить на стене точку под углом 25-35° к горизонту;
- привести теодолит в рабочее положение и навести на выбранную точку перекрестие сетки нитей (см. точку М на рисунке № 4);

- наклонить зрительную трубу вертикально вниз до горизонтального положения (с погрешностью  $\pm 1'$ ) и отметить на стене проекцию сетки нитей (сердину биссектора сетки нитей), получить на стене точку  $m_1$ , отметив ее карандашом;

- повернуть алидаду на 180° и при другом положении вертикального круга вновь навести на точку М. Спроецировать ее на нижнюю часть стены (см.  $m_2$ );

- если точки  $m_1$  и  $m_2$  совпадут, то условие выполнено;

- если не совпадут, то смещение отмеченной точки относительно вертикального штриха сетки нитей определяют в долях ширины биссектора;

- затем поверку повторяют так же, как описано выше и определяют вновь смещение в долях ширины биссектора. Из двух определений выводят среднее значение смещения нижней точки. Разность между значениями смещений при первом и втором определении наклона горизонтальной оси не должна превышать  $\frac{1}{4}$  ширины биссектора. При среднем значении смещения точки более, чем на ширину двух биссекторов, что соответствует наклону оси более 1', необходимо устранить недостаток в мастерских. Угол наклона оси можно вычислить и по формуле

$$i = \frac{m_1 m_2 \rho'}{2Mt}, \quad (6)$$

где  $m_1 m_2$  – отрезок, измеряемый миллиметровой линейкой;

$\rho' = 3438'$ ;

$Mt$  – расстояние, измеряемое приблизительно при помощи рейки или рулетки.

Для технических теодолитов этот угол не следует допускать более 0,5'.

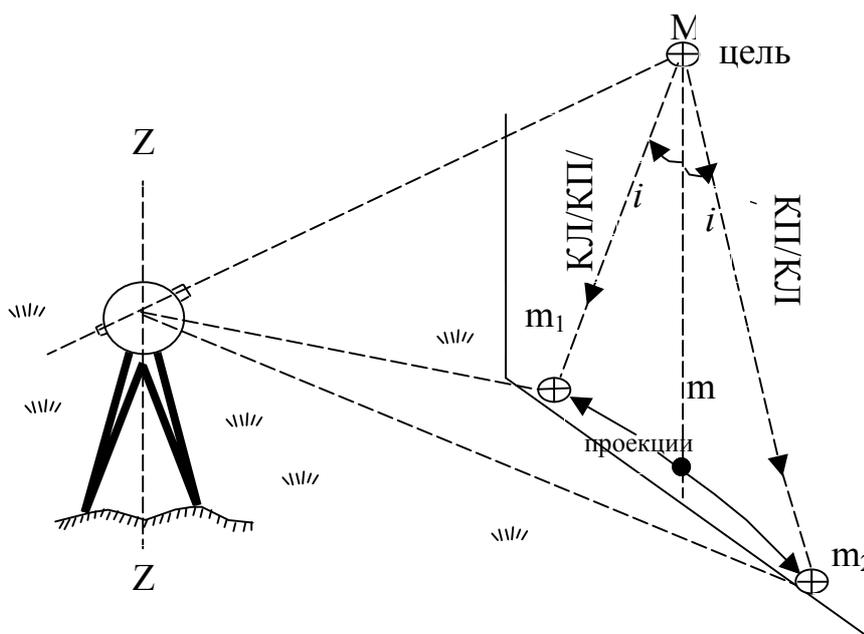


Рисунок 4 - Проверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения прибора

Пример: Расстояние  $Mm = 3,8$  м,  $m_1 - m_2 = 0,8$  мм.

Определить угол  $i$  в градусной мере.

$$\text{Решение: } i' = \frac{m_1 m_2 p'}{2Mm} = \frac{0,8 \text{ мм} \times 3438'}{2 \times 3800} = 0,36'$$

Так как  $i' = 0,36' \leq 0,5'$ , то, следовательно, условие выполнено. Для точных теодолитов  $i$  не должно превышать более  $20''$ .

**4 Вертикальная нить (штрих) сетки должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита.**

Приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение и визируют на хорошо видимую цель местности. Затем, вращая трубу наводящим винтом, наблюдают за точкой: если наблюдаемая точка не сходит с основного вертикального штриха, то условие выполнено. Если сходит с вертикала, то, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным и после этого проверку вновь повторяют.

**5 Место нуля вертикального круга должно быть известно или приведено к нулю.**

Для определения значения «МО» вертикального круга выбирают две удаленные точки и при двух положениях вертикального круга берут отсчет на эти точки. Перед отсчитыванием необходимо убедиться, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится на середине. Если он сошел с середины, то подъемными винтами его приводят на середину ампулы. Наблюдаемые точки точно вводят в перекрестие сетки нитей.

Место нуля вычисляют по формуле

$$MO = \frac{KL + KP}{2}. \quad (7)$$

Так как место нуля вычисляют на две-три удаленные точки, то колебание значений МО при наблюдении не должно быть более 1' - это говорит о правильности наблюдений. Если среднее арифметическое значение места нуля более 2', то его исправляют так:

- наводят зрительную трубу на удаленную точку и производят отсчеты при КЛ или КП по вертикальному кругу;

- вычисляют исправленные показания для вертикального круга по формуле

$$KP_{испр} = MO - KP$$

или  $KL_{испр} = KL - MO.$  (8)

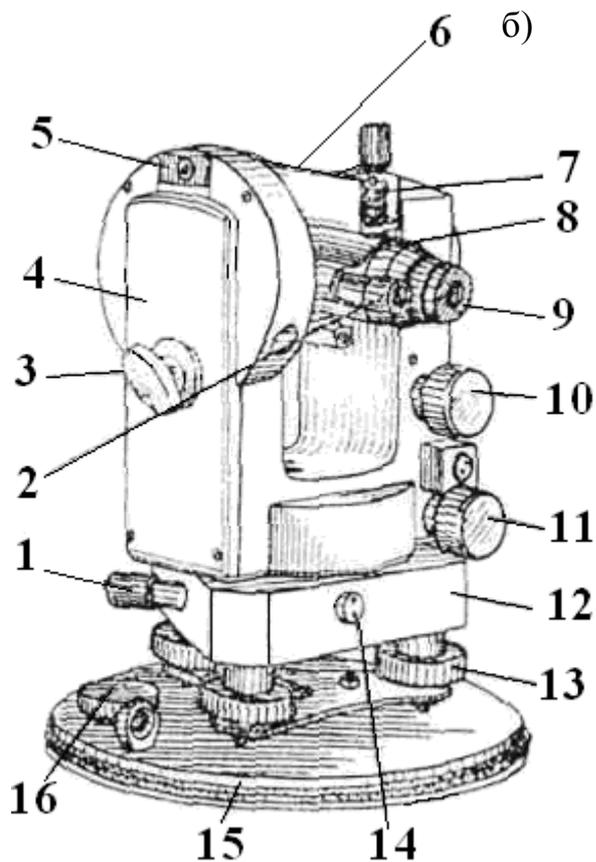
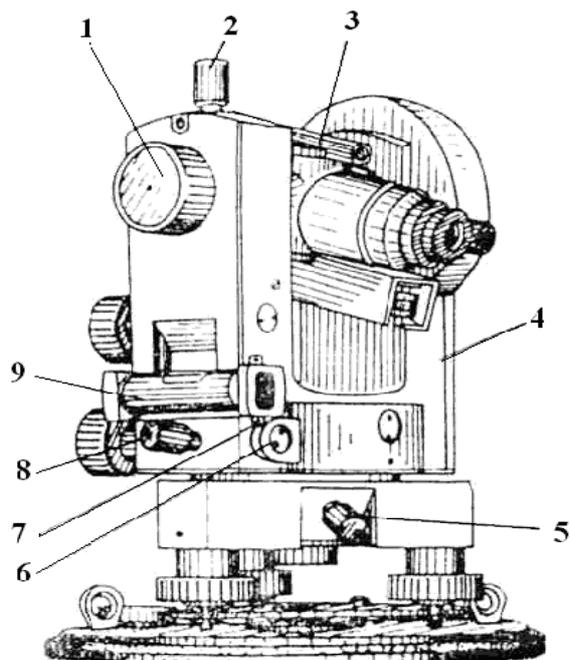
- устанавливают исправленный отсчет на вертикальном круге при соответствующем положении вертикального круга (КП или КЛ);

- после установки исправленного отсчета на вертикальном круге наблюдаемая точка сойдет с центра сетки нитей, поэтому с помощью юстировочных винтов сетки нитей необходимо переместить перекрестие сетки до совмещения с изображением наблюдаемой точки;

- при юстировке нужно следить за положением пузырька уровня, чтобы он не сходил с середины и, в случае смещения, вывести его в среднее положение подъемными винтами подставки. После исправления значение МО определить вновь.

Устройство и общий вид теодолита 2Т30 (2Т30П) изображен на рисунке 5(а,б).

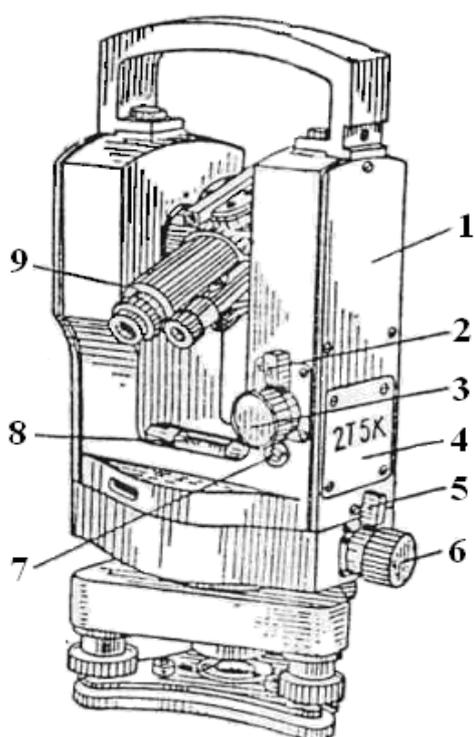
- а) 1 - кремальера;  
 2- закрепительный винт трубы;  
 3- визир;  
 4- колонка;  
 5-закрепительный винт  
 горизонтального круга;  
 6 - гильза;  
 7- юстировочный винт;  
 8- закрепительный винт алидады;  
 9- уровень при алидаде



- 1 - наводящий винт  
 горизонтального круга;  
 2 - окуляр микроскопа;  
 3 - зеркало подсветки;  
 4 - боковая крышка;  
 5 - посадочный паз для буссоли;  
 6 - уровень при трубе;  
 7 - юстировочная гайка;  
 8 - колпачок;  
 9 - диоптрийное кольцо окуляра;  
 10- наводящий винт трубы;  
 11- наводящий винт алидады;  
 12- подставка;  
 13- подъемные винты;  
 14- втулка;  
 15- основание;  
 16 - винт

Рисунок 5 - Общий вид теодолита

## 2.1.2 Поверки и юстировки теодолитов 2Т5, 2Т5К и 3Т5КП



- а) 1 - боковая крышка;  
 2,5 - закрепительные курки;  
 3,6 - наводящие винты;  
 4 - крышка;  
 7 - юстировочный винт уровня при алидаде горизонтального круга;  
 8 - уровень при алидаде горизонтального круга;  
 9 - колпачок

- б) 1 - колонка; 2 - ручка;  
 3 - клиновое кольцо;  
 4 - зрительная труба; 5 - винт;  
 6 - коллиматорный визир;  
 7 - зеркало; 8 - кремальера;  
 9 - окуляр микроскопа;  
 10 - окуляр зрительной трубы;  
 11 - боковая крышка;  
 12 - рукоятка; 13 - корпус низка;  
 14 - закрепительный винт подставки;  
 15 - втулка;  
 16 - пружина трегера;  
 17 - подъемный винт;  
 18 - подставка;  
 19 - окуляр оптического центрирования;  
 20 - иллюминатор круга-искателя;  
 21 - крышка; 22 - винт;  
 23 - микроскоп;  
 24 - ось

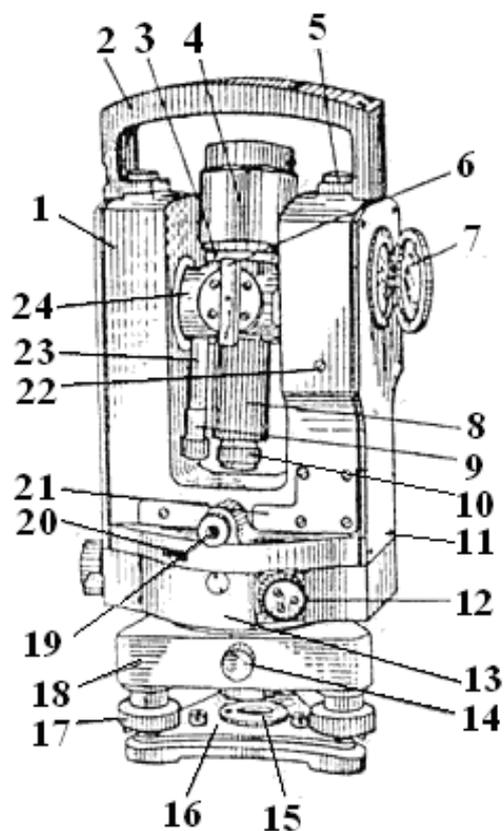


Рисунок 6 - Общий вид теодолита 2Т5К

Точные оптические теодолиты 2Т5 (2Т5К) и 3Т5КП предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов. Поверки этих теодолитов имеют некоторые особенности.

**1 Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси.**

Выполнение этой поверки для 2Т5К производится так же, как и у теодолита 2Т30 (2Т30П).

**2 Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ( $VV \perp HH$ ).**

Поверка выполняется в такой же последовательности, что и у теодолита 2Т30 (2Т30П). Юстировка теодолита имеет особенность:

- после первого вычисления коллимационной ошибки по формуле

$$C = \frac{[(L_1 - P_1 \pm 180^\circ) + (L_2 - P_2 \pm 180^\circ)]}{4}, \quad (9)$$

повторяют ее определение и вычисляют вторично значение  $C$ . Разность между значениями коллимационной ошибки не должна превышать 15";

- если среднее арифметическое коллимационной ошибки более 15", ее устраняют вращением клинового кольца, расположенного между корпусом трубы и осью с помощью юстировочного ключа. С помощью клинового кольца изменяется направление визирной оси относительно горизонтальной оси;

- у теодолита 3Т5КП коллимационную погрешность можно устранить попеременным вращением горизонтально расположенных юстировочных винтов у окуляра зрительной трубы, закрытых колпачком.

**3 Горизонтальная ось должна быть перпендикулярна к вертикальной оси ( $HH_1 \perp ZZ$ ).**

Поверку производят так же, как у теодолита 2Т30:

- установить теодолит на штативе по уровню на расстоянии 2-3 м от стены;

- укрепить на стене марку под углом  $\alpha = 25-35^\circ$  к горизонту и навести на перекрестие марки зрительную трубу при положении вертикального круга теодолита слева. Снять отсчет при «круге лево» (КЛ) с горизонтального лимба  $L_v$ ;

- наклонить зрительную трубу на угол  $\alpha \pm 1^\circ$  и укрепить на стене вторую марку так, чтобы изображение ее перекрестия расположилось вблизи перекрестия сетки нитей или точно совпало с ним;

- навести зрительную трубу на перекрестие нижней марки и снять отсчет  $L_n$ ;

- повернуть алидаду на  $180^\circ$ , снова навести зрительную трубу на верхнюю марку при положении вертикального круга справа (КП) и снять отсчет с горизонтального круга  $Лв$ ;

- наклонить трубу вниз, навести на перекрестие нижней марки и снять показания  $Пн$  с горизонтального круга;

- вычислить наклон  $i$  горизонтальной оси до целого числа секунд по формуле

$$i = 0,25[(Л_n - Л_в) - (П_n - П_в)] \cdot ctg \alpha \quad (10)$$

- повторить поверку и определить среднее арифметическое значение наклона из двух определений. Разность между значениями  $i$  не должна превышать  $15''$ .

***При среднем значении  $i$  более  $15''$  рекомендуется исправить его в мастерской. Если измерения выполняются полным приемом, то наклон оси не оказывает влияния на результаты измерений и в теодолитах, находящихся в эксплуатации, угол  $i$  можно допускать до  $40''$ .***

**4 Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси.**

Поверку производят так же, как у теодолита 2ТЗ0.

Юстировку выполняют поворотом корпуса окуляра, предварительно открепив четыре крепежных винта, скрепляющих его со зрительной трубой таким образом:

- вывинтить окуляр зрительной трубы вместе с колпачком;

- снова завинтить окуляр (без колпачка), установить его по глазу;

- слегка отпустить четыре винта крепления корпуса окуляра к зрительной трубе и поворотом корпуса устранить наклон сетки нитей;

- **закрепить корпус окуляра и повторить поверку.**

По окончании юстировки вывинтить окуляр, поставить колпачок на прежнее место. Завинтить окуляр и закрепить колпачок, причем выступ на колпачке (ограничитель хода окуляра) установить и закрепить в таком положении, чтобы обеспечивался ход окуляра в обе стороны.

**5 Определение место нуля вертикального круга.**

Место нуля вертикального круга определяется также как у теодолита 2ТЗ0 и вычисляются по формулам  $МО = 0,5(Л + П)$ ,

где  $Л$  и  $П$  – отсчеты по вертикальному кругу, снятому с лимба при двух положениях вертикального круга.

Определяют значение МО надо на 2-3 точки и вычисляют среднее арифметическое значение. Разность между значениями место нуля не должно быть более  $15''$ , кроме того, если среднее арифметическое место нуля  $МО_{ср}$  более  $15''$ , то рекомендуется исправить и повторить поверку.

Следить за тем, чтобы у теодолита 2Т5 концы пузырька уровня при алидаде вертикального круга были совмещены.

Исправление место нуля (МО) производят в следующей последовательности:

- наводят на точку и снимают отсчет по вертикальному кругу при КЛ или КП и рассчитывают исправленный отсчет по формулам:

$$L_{испр.} = L - MO;$$

$$P_{испр.} = P - MO.$$

- устанавливают показания  $L_{испр}$  или  $P_{испр}$  при помощи установочного винта уровня для теодолита 2Т5 и юстировочным винтом у теодолита 2Т5К и 2Т5КП;

- юстировочными винтами уровня при алидаде вертикального круга совмещают изображение концов его пузырька.

После юстировки поверку вновь повторяют.

**6 Визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью.**

Под теодолитом, установленным на штативе, закрепляют горизонтальный планшет с листом бумаги.

Приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение (горизонтируют теодолит) и отмечают на планшете карандашом проекцию сетки нитей оптического центрира.

Затем поворачивают алидаду горизонтального круга ровно на  $180^\circ$  и намечают на планшете вторую точку проекции сетки нитей.

Если точки совпали, то условие считают выполненным, если нет - намечают среднюю точку, с которой совмещают крест сетки нитей оптического центрира юстировочными винтами диафрагмы.

Смещение, равное 0,5 радиуса малой окружности сетки нитей, соответствует погрешности центрирования, равной  $0,8S$  мм, где  $S$  - высота штатива в метрах (при  $S$ , равным 1,2 м, погрешность равна 1 мм). При смещении более 0,5 радиуса рекомендуется отъюстировать центрир и сделать вновь поверку.

Юстировку провести так:

- снимите крышки, находящиеся по обе стороны от окуляра центрира;  
- в глубине овальных люков видны головки четырех юстировочных винтов с отверстиями под шпильку, с помощью которых наклоняется оправа с призмой и изменяется положение визирной оси центрира;

- слегка вывинтите средние или крайние винты, в зависимости от нужного направления смещения оси;

- наблюдая в окуляр центрира, завинчивайте средние или крайние винты, перемещая изображение точки на половину дуги его отклонения, полученного при проверке центрира. После юстировки поверку повторить вновь.

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

Для проверки этого условия выбирают на местности хорошо видимую визирную цель.

Теодолит устанавливают таким образом, чтобы один из подъемных винтов был расположен в направлении этой цели.

Приводят теодолит в рабочее положение, визируют на эту цель при круге право и берут отсчет по вертикальному кругу  $\Pi$ .

Наводящим винтом зрительной трубы увеличивают отсчет  $\Pi$  на  $3'$ , после чего подъемным винтом подставки, расположенным в направлении цели, наводят центр сетки на визирную цель и делают отсчет по вертикальному кругу  $\Pi_1$ .

Затем наводящим винтом зрительной трубы уменьшают отсчет  $\Pi$  на  $6'$  и тем же подъемным винтом подставки опять наводят центр сетки на ту же визирную цель.

Делают отсчет по вертикальному кругу  $\Pi_2$  и вычисляют разность отсчетов  $\Pi_1 - \Pi_2 = d_1$  и  $\Pi - \Pi_1 = d_2$ , которые не должны различаться более, чем на  $0,1'$ .

Если условие не выполнено, инструмент направляют в мастерскую.

## **2.2 Измерение горизонтальных углов**

Перед измерением горизонтальных углов теодолит центрируют над пунктами съёмочного обоснования с помощью нитяного или оптического отвеса. Установку теодолита над точкой с помощью нитяного отвеса выполняют в такой последовательности:

- выдвигают ножки штатива, подвешивают за крючок станкового винта отвес и устанавливают теодолит визуально так, чтобы острие отвеса находилось над пунктом с точностью около  $5$  см, и вдавливают ножки штатива в землю;

- изменяя длину ножек штатива, устанавливают острие отвеса строго над центром пункта;

- в горизонтальное положение теодолит приводят по уровню алидады горизонтального круга при помощи трех подъемных винтов подставки теодолита, то есть приводят теодолит в рабочее положение.

Выверенный уровень ставят по направлению двух подъемных винтов, например I и II, и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину ампулы, то есть концы пузырька уровня располагают симметрично относительно нуля – пункта (см. рисунок 7,а);

- затем, повернув алидаду на  $90^\circ$ , уровень располагают по направлению третьего подъемного винта (см. рисунок 7,б).

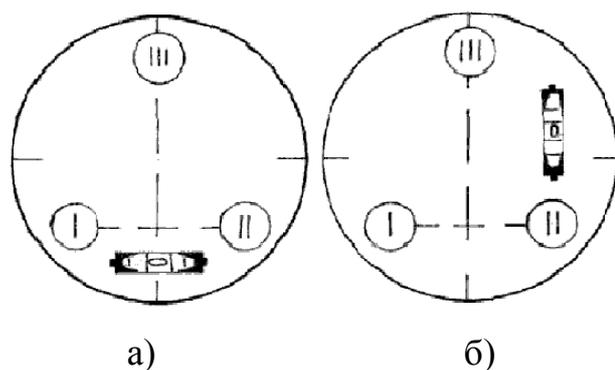


Рисунок 7 – Приведение вертикальной оси теодолита в отвесное положение

- вращая только винт III, приводят пузырек уровня на середину ампулы. После этого при любом положении алидады пузырек уровня не должен отклоняться от середины более, чем на одно деление. При необходимости небольшие перемещения отвеса можно выполнить, изменяя положение на верхней площадке штатива, предварительно открепив теодолит с подставкой. Над другими пунктами устанавливают таким же образом штативы с подставками для визирных целей – марок, а в случае измерений невысокой точности (например, углы в теодолитном ходе) – вехи. Вехи – прямые, ровные, округлые, деревянные палки или металлические стержни с заостренными концами. Чтобы хорошо было видно веху, ее красят разными красками. Установка вех выполняется вертикально сзади или спереди пунктов так, чтобы теодолит, центр знака и ось вехи находились на одной прямой, а если возможно - устанавливают вехи в центре пунктов (см. рисунок 8). Крест нитей зрительной трубы всегда наводится как можно ближе к основанию вехи для уменьшения ошибки наведения за ее наклон.

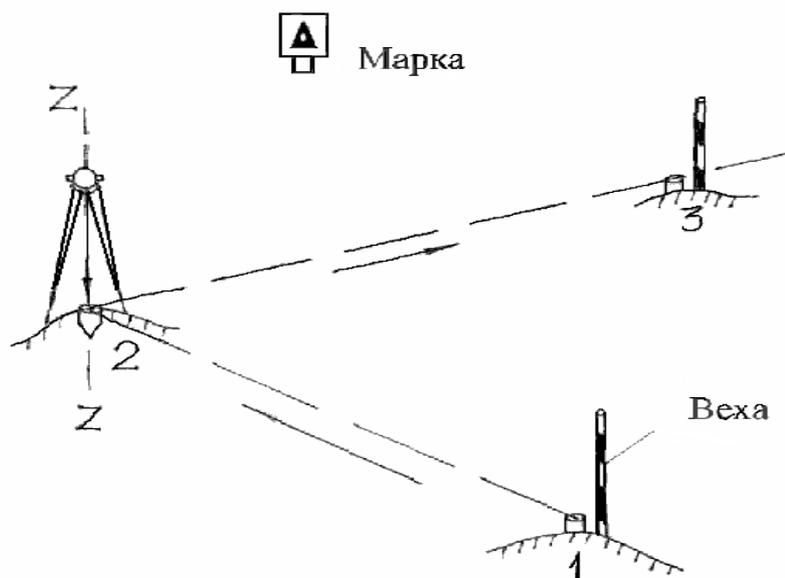


Рисунок 8 – Установка теодолита и визирных целей над пунктами

## 2.2.1 Измерение горизонтального угла способом приемов

В зависимости от требуемой точности результатов измерений и конструкций теодолита, применяются различные способы измерения горизонтальных углов: способ приемов, способ круговых приемов, способ повторений. Способ приемов применяется для измерения углов с точностью порядка 1' – это в теодолитных ходах, при выносе проектов в натуру, трассировании линейных сооружений и т.д. Способ приемов состоит из двух полуприемов. *Измерение горизонтального угла при двух положениях вертикального круга называется **полным приемом**, а при одном положении вертикального круга - **полуприемом**.*

Измерение угла способом приемов выполняется в таком порядке:

### **Первый полуприем:**

- наводят зрительную трубу на правую точку (1) и закрепляют трубу и алидаду горизонтального круга (см. рисунок 8);
- наводящим винтом трубы и алидады точно вводят точку или низ вешки в перекрестие сетки нитей (см. рисунок 9).

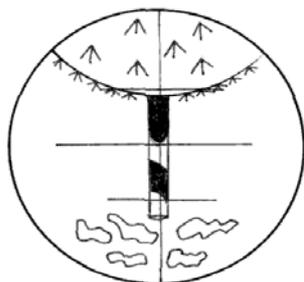


Рисунок 9 – Наведение перекрестия сетки нитей на съёмочную точку

Точное наведение пересечения нитей на точку наблюдаемого предмета достигается ввинчиванием наводящих устройств (винтов) алидады и зрительной трубы во избежание отдачи их пружин, поэтому все винты должны находиться в среднем положении;

- берут отсчет градусов, минут и секунд на правую точку и записывают в угломерный журнал в графы 4,5,6 (см. таблицу 2);

Таблица 2

№ точек		Расположение вертикального круга (КЛ, КП)	Отсчеты по лимбу			Значение углов из полуприемов	Средний угол из полуприемов	Прямые и обратные магнитные азимуты	Двойное измерение линий, м	Углы наклона
Стояния	Наблюдения		°	'	"					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1 3	КЛ	241° 188°	20' 40'	30" 00"	52°41'30"	52°41'30"	85°20' СВ: 85°20'	1-2 <u>186,20</u> 186,25	<u>40 м</u> 5°30'
2	1 3	КП	20° 328°	48' 07'	00" 00"	52°41'00"				

Открыв алидаду, визируют трубу на точку 3 по левой стороне угла (вперед). Действуя так же, как описано выше, берут отсчет по лимбу на леволжащую точку и записывают в те же графы против точки 3;

- вычисляют значение угла при точке 1 по формуле

$$\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_3, \quad (11)$$

где  $\alpha_1$ ,  $\alpha_3$  - отсчеты на точку 1 и точку 3.

Полученное значение записываем в графу 7 таблицы 2.

### **Второй полуприем:**

Перед вторым полуприемом горизонтальный круг с лимбом поворачивают на несколько градусов, чтобы не допустить грубых погрешностей при отсчетах по лимбу и исключить влияние эксцентриситета. Переводят трубу через зенит и закрепляют лимб, а открепляют алидаду. Измеряют этот же угол в той же последовательности как описано выше, но уже при другом положении вертикального круга. Все измерения записывают также в журнал.

При вычислении значения угла при точке, по формуле  $\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_3$  необходимо помнить, если отсчет по лимбу на правую точку меньше чем отсчет на левую, то к отсчету на правую точку надо прибавить  $360^\circ$ , а затем использовать формулу.

Например:  $\alpha_1 = 20^\circ 48'$ ;  $20^\circ 48' + 360^\circ 00' = 380^\circ 48'$

$\alpha_3 = 328^\circ 07'$

$\beta_2 = 380^\circ 48' - 328^\circ 07' = 52^\circ 41'$

Расхождение значения угла из двух полуприемов не должно превышать 1,5t -2t точности измерения угла данным теодолитом.

Для 2Т30 (2Т30П) точность измерения характеризуется погрешностью порядка 0,5', т.е. расхождение не должно быть более 1'.

Если расхождение допустимое, то выводят среднее значение угла при точке из двух полуприемов и записывают в графу 8.

*Измерением угла полным приемом исключается влияние остаточных погрешностей из-за неперпендикулярности горизонтальной оси к вертикальной оси теодолита и влияние эксцентриситета, но остается не исключенной погрешность из-за не отвесного положения вертикальной оси теодолита. Поэтому на поверку уровня и приведение вертикальной оси в отвесное положение обращают особое внимание.*

Для ориентирования линии полигона (хода) попутно с измерением углов полигона измеряют с помощью ориентир - буссоли азимут исходной линии или при помощи буссоли измеряют азимуты (или румбы) всех линий полигона (хода) и записывают в графу 9.

### **2.2.2 Источники ошибок при угловых измерениях и методы ослабления их влияния**

Измерение горизонтальных углов сопровождается рядом погрешностей, включающих в себя: инструментальные  $m_{и}$ , центрирования над пунктом  $m_{ц}$ , установку визирных целей (редукции)  $m_{р}$ , внешних условий  $m_{в.у.}$ , визирования на цели  $m_{виз.}$ , отсчетов по горизонтальному кругу  $m_{отсч.}$ , следовательно средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла будет равна:

$$m_{\beta}^2 = m_{и}^2 + m_{ц}^2 + m_{р}^2 + m_{в.у.}^2 + m_{виз.}^2 + m_{отсч.}^2 \quad (12)$$

Первые четыре погрешности определяются техническим состоянием теодолита, состоянием атмосферы и квалификации наблюдателя, поэтому их называют технологическими. Ошибки  $m_{виз.}$  и  $m_{отсч.}$  зависят от технических показателей теодолита (увеличение зрительной трубы, типом отсчетного устройства) и называется конструктивными. Рассмотрим основные ошибки, влияющие на измерения:

- на отсчет по лимбу влияют ошибки делений диаметров лимба, которые даже у современных высокоточных теодолитов могут достигать 0,7", поэтому для наиболее полной компенсации этих ошибок при измерении углов и направлений необходимо горизонтальный круг теодолита между приемами переставлять на угол:

$$\delta = \frac{180^{\circ}}{m} + i, \quad (13)$$

где  $m$  – число приемов,  
 $i$  – цена наименьшего деления лимба.

В современных теодолитах при  $m = 12$  остаточное влияние ошибок диаметров лимба обычно не превышает  $0,10 - 0,15''$ .

Так как коллимационная ошибка  $C$  может исказить значение горизонтального угла, то добиваются, чтобы величина  $C$  не превышала  $1'$  для технических теодолитов, а для точных требуют чтобы  $C < 10''$ .

- влияние люфта подъемных винтов уменьшают регулированием их, добиваясь, чтобы вращение подъемных винтов было достаточно тугим. Для уменьшения влияния возможных азимутальных сдвигов подставки теодолита вместе с прибором из-за люфта подъемных винтов и трения оси алидады во втулке при измерении отдельного угла, алидаду вращают в обоих полуприемах в одном направлении. Перед началом каждого приема делают один - два оборота алидады в том направлении, в котором она будет вращаться в полуприемах. При наведении трубы на цель движение алидады в обратную сторону не допускается;

- погрешность установки визирных целей над пунктами устраняют таким образом:

1) веху устанавливают вертикально с помощью отвеса или в центре пункта, или, если это невозможно, строго в створе измеряемого направления сзади пункта;

2) визирование на вехи выполняется как можно ближе к их основанию;

3) при точных угловых измерениях применяют визирные цели (марки), которые устанавливаются над пунктом так же, как и теодолит;

4) для увеличения точности измерения угла при применении марок используют трехштативную систему, сущность которой заключается в том, что при переходе на другую точку теодолит устанавливают в гнездо марки, а марку на место теодолита.

- влияние центрирования теодолита над пунктом устраняют тем, что строго контролируют установку теодолита с помощью нитяного отвеса над центром пункта, не допуская расхождение более 3 мм, или для оптического отвеса с точностью 1 мм. Кроме того, следят, чтобы длина стороны между точками теодолитного хода не была меньше 15-20 м, в полигонометрии 2 разряда менее 80 м, а 1 разряда менее 120 м;

- влияние внешней среды (атмосферная дымка, конвекционные токи, ветер, туман) может быть снижена правильным временем выбора для измерения горизонтальных углов. Спокойное изображение обычно бывает два раза в сутки: утром после восхода солнца в течение небольшого периода времени и вечером – более продолжительный период. Периоды спокойных изображений по 3-4 часа и более бывают в пасмурную и прохладную погоду. Опытным установлено, что наблюдения на слабо колеблющиеся изображения имеют наименьшую ошибку визирования;

- точность измерения угла способом приемов определяется по формуле

$$m_{\beta} = \frac{t}{2}, \quad (14)$$

где  $t$  – точность взятия отсчета.

Из теории погрешностей измерения следует, что одна и та же величина, измеренная  $n$  раз, будет в  $\sqrt{n}$  раз точнее одного измерения. Поэтому средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла способом приемов будет равна

$$m_{\beta} = \frac{t}{2\sqrt{n}}. \quad (15)$$

Из последней формулы следует, что увеличение числа повторений приводит к получению более точного результата измерений горизонтального угла.

### 2.3 Измерение углов наклона

При измерении вертикальных углов исходным направлением является горизонтальное направление, от которого отсчитывается угол наклона  $v$ . Если вертикальные углы отсчитываются от отвесной линии, то они называются зенитными расстояниями  $Z$ . Лимб вертикального круга теодолита жестко скреплен с осью вращения зрительной трубы и поворачивается вместе с ней. Алидада, расположенная также на оси вращения трубы, не соединена с ней и при вращении трубы остается неподвижной. У теодолита 2Т30 (2Т30П) начальный отсчетный индекс приводится в горизонтальное положение цилиндрическим уровнем при алидаде горизонтального круга. В теодолите 2Т5К в стойке колонки со стороны вертикального круга установлен маятниковый компенсатор, обеспечивающий автоматическое приведение к горизонту отсчетного индекса вертикального лимба, при отклонении вертикальной оси теодолита от отвесного положения. Горизонтальная плоскость, проходящая через отсчетный индекс алидады вертикального круга и перпендикулярная коллимационной плоскости, может составлять некоторый угол с плоскостью, проходящей через нулевые штрихи лимба вертикального круга, то есть измеряемый вертикальный угол не является действительным углом наклона, а отличается от него на какой-то малый угол, называемый местом нуля (МО).

*Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу, который соответствует горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы, когда пузырек уровня алидады вертикального круга (для теодолита 2Т30 горизонтального круга) находится в нульпункте.* Если применяются теодолиты с компенсаторами, то при горизонтальном положении отсчетного индекса углы наклона  $v$  измеряют при одном положении вертикального круга и вычисляют по формулам, применяемым к теодолитам типа 2Т30 (секторная оцифровка

вертикального круга). В этих приборах, имеющих основное положение вертикального круга теодолита (КЛ) все расчеты углов наклона ( $\nu$ ) и значения МО ведут по формулам (16).

$$\left. \begin{aligned} \nu &= КЛ - МО, \\ \nu &= МО - КП, \\ МО &= \frac{КП + КЛ}{2} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

При круговой оцифровке вертикального круга против хода часовой стрелки вычисление углов наклона выполняют по формулам (17):

$$\left. \begin{aligned} \nu &= МО - КП - 180^\circ, \\ \nu &= КЛ - МО, \\ МО &= \frac{(КП + КЛ + 180^\circ)}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

При вычислении по этим формулам надо к значениям КЛ, КП, МО, меньшим  $90^\circ$ , прибавлять  $360^\circ$ .

В современных номограммных, электронных тахеометрах (Та5, Та3, Та3м) и кипрегелях нулевой штрих отсчетного устройства близок к  $90^\circ$ . При работе с этими приборами для определения места зенита МZ и углов наклона  $\nu$  используют следующие формулы:

$$\left. \begin{aligned} МZ &= \frac{КП + КЛ}{2}, \\ Z &= \frac{КЛ - КП}{2}, \\ Z &= КЛ - МZ, \\ Z &= МZ - КП \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Критерием качества измерения вертикальных углов служит постоянство МО или МZ. Колебание их величин не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита.

### 3 Съемочные работы

Съемочные работы выполняются с целью получения топографической основы при архитектурно-строительном проектировании, подготовки геодезических данных для вынесения проектов на местность, получения топографического плана местности и т.д.

Топографическая съемка участка местности включает в себя следующие виды работ:

- рекогносцировку участка, разбивку и закрепление точек съемочного обоснования на местности;
- измерение длин линий в прямом и обратном направлениях между точками съемочного обоснования;
- измерение горизонтальных углов при точках съемочного обоснования и углов наклона линий в ходах;
- привязку точек съемочного обоснования к пунктам геодезической сети более высокого класса (государственной или городской);
- нивелирование точек съемочного обоснования;
- съемку ситуации и рельефа;
- камеральную обработку результатов измерений;
- составление и вычерчивание плана.

Каждая бригада производит съемку участка площадью 2-3 га на основе теодолитно-высотного хода. В бригаде для выполнения полевых работ должны быть следующие приборы и принадлежности:

- 1) теодолит со штативом;
- 2) вешки – 3 штуки;
- 3) стальная 20-метровая мерная лента со шпильками;
- 4) деревянные колышки, уголковое железо или отрезки арматуры с заостренным концом для закрепления вершин хода (на асфальте или бетоне вершины закрепляют масляной краской);
- 5) нивелирные рейки – 2 шт;
- 6) топор;
- 7) журнал измерения углов и линий, карандаши, ручки;
- 8) тахеометрический журнал;
- 9) тетрадь для ведения абриса;
- 10) бланки, ведомости вычислений координат и высот пунктов сети съемочного обоснования;
- 11) калькуляторы;
- 12) тахеометрические таблицы.

Для составления и вычерчивания плана в камеральных условиях нужно иметь: чертежную бумагу, тушь разных цветов, карандаши, транспортир или тахеограф, линейку Дробышева и масштабную линейку.

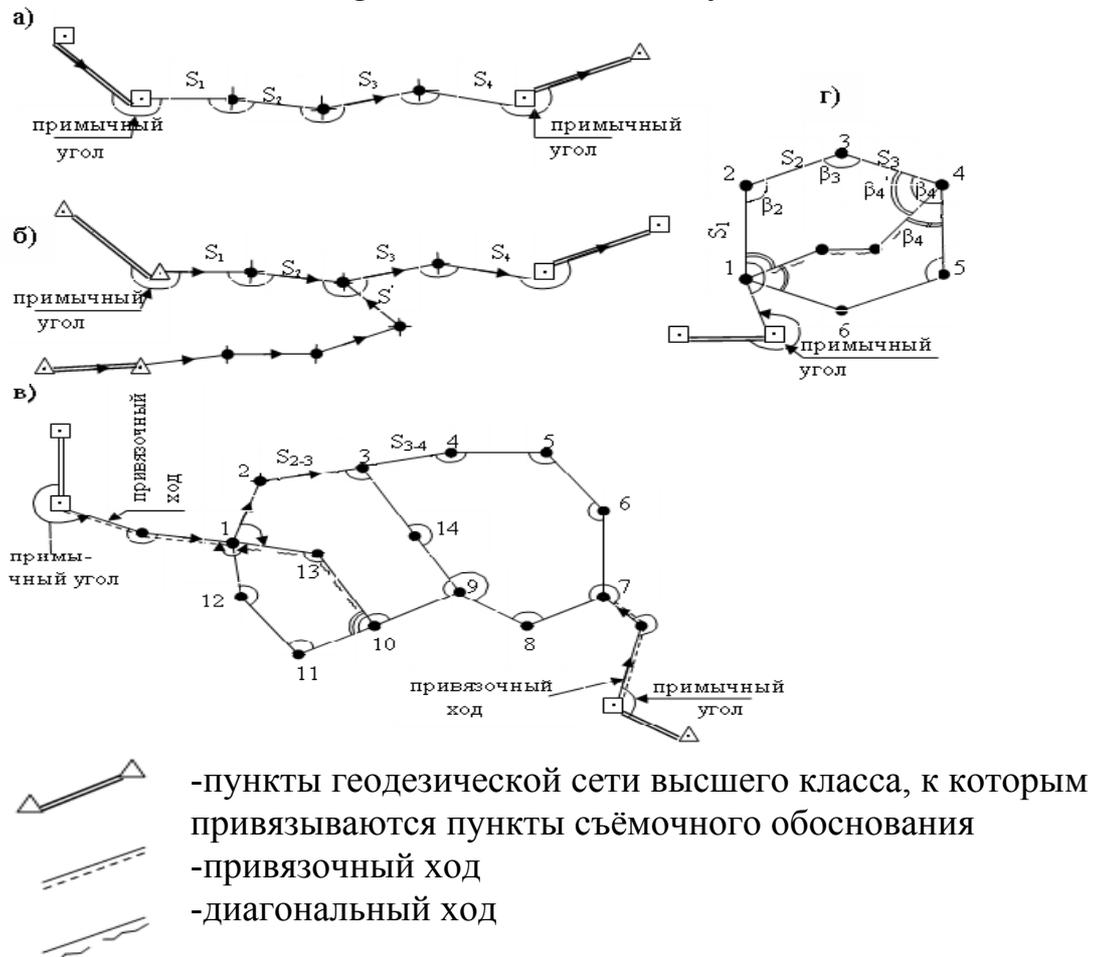
## 3.1 Полевые работы

### 3.1.1 Съемочное обоснование

Съемочную сеть создают для выполнения топографической съемки в виде теодолитных ходов или заменяющей их микротриангуляции. В застроенной части населенных пунктов применяют теодолитные ходы, а на незастроенных территориях можно применять микротриангуляцию или сочетание их.

Высотную съемочную сеть создают прокладыванием по съемочной сети нивелирных ходов при помощи геометрического или тригонометрического нивелирования. Теодолитные хода могут быть одиночными и прокладываться между исходными пунктами, образовывать систему ходов или систему теодолитных полигонов (см. рисунок 10а, б, в, г).

Характеристика теодолитных ходов зависит от масштаба съемки, технические показатели которых сведены в таблицу 3.



- а) одиночный теодолитный ход;
- б) система ходов с одной узловой точкой;
- б) система полигонов;
- г) одиночный полигон.

Рисунок 10 – Схемы построения геодезического съемочного обоснования с привязкой к государственным пунктам

Таблица 3 - Техническая характеристика теодолитных ходов

Наименование	Масштабы съемок		
	1:2000	1:1000	1:500
1 Максимальная длина теодолитных ходов между пунктами триангуляции, полигонометрии или между узловыми пунктами теодолитных ходов, служащих самостоятельной опорой: а) на застроенной территории, км б) на незастроенной территории, км	2,0 3,0	1,2 1,8	0,8 1,2
2 Максимальное число съемочных пунктов на 1 км: а) на застроенной территории, б) на незастроенной территории.	12	16	-
3 Максимальная длина висячих ходов: в числителе – км, в знаменателе количество точек поворота: а) на застроенной территории, б) на незастроенной территории.	$\frac{0,2}{3}$ $\frac{0,3}{2}$	$\frac{0,15}{3}$ $\frac{0,15}{1}$	$\frac{0,15}{3}$ $\frac{0,15}{1}$

Относительная невязка теодолитного хода не должна превышать 1/2000. Абсолютную невязку  $f_s$  теодолитного хода не следует допускать более  $f_s = 0,4 \cdot M \cdot 10^{-3}$  - на застроенной территории и  $f_s = 0,6 \cdot M \cdot 10^{-3}$  - на незастроенной территории (M - знаменатель численного масштаба съемки). В теодолитных ходах длиной до 250 м при съемках в масштабах 1:5000–1:2000, и до 150 м при съемках в масштабах 1:1000–1:500 критерием точности служит не относительная ошибка, а абсолютная невязка теодолитного хода, которая не

должна превышать: 0,25 м при съемках в масштабах 1:5000 и 1:2000, 0,15 м, и 0,10 м соответственно при съемках в масштабах 1:1000 и 1:500.

При проложении теодолитных ходов на застроенной территории для съемок в масштабах 1:500-1:5000 следует одновременно определять координаты углов капитальных зданий, которые могут быть использованы как пункты постоянной съемочной сети при выносе в натуру проектов и привязке строящихся сооружений.

При составлении проекта съемочной сети, рекогносцировке местности и закреплении пунктов необходимо руководствоваться следующим:

- между пунктами съемочной сети должна быть обеспечена взаимная видимость и благоприятные условия для измерения линий;

- в застроенной части ходы должны прокладываться так, чтобы обеспечить благоприятные условия для съемки зданий и сооружений;

- местоположение пунктов съемочной сети должно обеспечивать удобную установку геодезических приборов при построении съемочного обоснования и съемочных работ;

- пункты съемочного обоснования нужно намечать с таким расчетом, чтобы обеспечить их долговременную сохранность и их местоположение, в случае утраты, можно было восстановить по линейным размерам от постоянных контуров местности, *поэтому необходимо на каждый пункт делать абрис со всеми размерами;*

- в проект съемочной сети рекомендуется включать ориентирные местные предметы: трубы, колокольни, центры крышек колодцев подземных сетей, цоколя капитальных зданий и сооружений;

- длина линий теодолитного хода не должна быть менее 20 м на застроенной территории и 40 м – на незастроенной.

### 3.1.2 Техника геодезических измерений в теодолитных ходах

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измеряют оптическим теодолитом 2Т30 (2Т30П), 2Т5К, 2Т5КП одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на небольшую величину в пределах 1-2°. Расхождение между двумя значениями угла, полученными из двух полуприемов не должно превышать 1-2'. При измерении горизонтальных углов обратить внимание на вертикальность установки вех и если, где это возможно, лучше наблюдать на шпильки, которые отвесно втыкают в торцы кольев, закрепляющих пункты съемочного обоснования. Центрировать теодолит над точкой следует с погрешностью, не превышающей 3 мм. Горизонтальные углы могут быть правыми ( $\beta$ ) и левыми ( $\lambda$ ) по направлению теодолитного хода. Правый угол вычисляют как разность отсчетов по горизонтальному кругу на точки, по формуле

$$\beta = a_n - a_n. \quad (19)$$

Для левых углов используется формула

$$\lambda = a_l - a_n, \quad (20)$$

где  $a_l$  – отсчет на левую точку;

$a_n$  – отсчет на правую точку по горизонтальному кругу.

Длину линий в теодолитных ходах измеряют стальными прокомпарированными лентами или 50-метровыми рулетками в прямом и обратном направлениях (или двумя лентами в прямом направлении), либо светодальномером (СТ5). Относительное расхождение двойных измерений линий лентой или рулеткой не должно превышать 1/2000 в благоприятных условиях и 1/1000 – 1/1500 в менее благоприятных условиях. При измерении лентой коротких сторон расхождение двойных измерений не следует допускать более 0,03м. Поправку за компарирование ленты вводят в том случае, если она превышает 2мм, поправку за наклон линии к горизонту  $\Delta S_v$  учитывают, когда угол наклона  $v$  более  $1,5^\circ$  и вычисляют ее по формуле

$$\Delta S_v = -2D \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (21)$$

где  $D$  - измеренное лентой, рулеткой расстояние,

$v$  – угол наклона местности.

Результаты измерений линий записывают в угломерный журнал. При углах наклона линий более  $1,5^\circ$  вычисляют их горизонтальные проложения. Недоступные для измерения расстояния определяют косвенным путем - из решения двух треугольников, в каждом из которых базис измеряют мерной лентой - в прямом и обратном направлениях (см. рисунок 11).

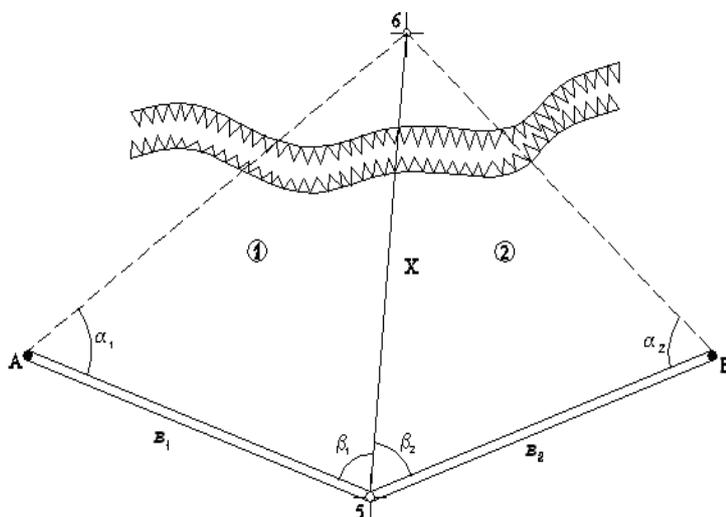


Рисунок 11 - Определение недоступного расстояния

По теореме синусов из треугольника А65 определяем расстояние  $x_1$  по формуле

$$x_1 = \frac{b_1 \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}. \quad (22)$$

Для контроля из треугольника 56В вновь определяют это же расстояние

$$x_2 = \frac{b_2 \sin \alpha_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}, \quad (23)$$

где  $x$  - линия теодолитного хода.

Контроль: 
$$\frac{|x_1 - x_2|}{x} < \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1500}.$$

Базисы измеряют дважды в прямом и обратном направлениях. Относительная ошибка измерений не должна превышать 1:5000 его длины.

Во время рекогносцировки составляется схема расположения вершин теодолитных ходов и схема их привязки к опорным государственным пунктам. При привязке к пунктам государственной сети на пункте измеряются примычные углы.

Как правило, бригады создают плановое съемочное обоснование в виде основного замкнутого полигона на всю территорию съемки, прокладываемого по периметру съемки, а для съемки ситуации и рельефа внутри полигона может быть проложен диагональный ход (см. рисунок 10г).

### **3.1.3 Привязка пунктов съемочной сети к пунктам опорной геодезической сети**

При съемке в городских условиях необходимо локальную съемочную сеть на площадке привязать к исходным геодезическим пунктам. В качестве исходных данных можно использовать стенные знаки, которые закладываются, как правило, одинарными либо парными в стенах зданий и сооружений.

Привязка к стенным знакам может быть выполнена различными способами. Рассмотрим схему привязки к парным стенным знакам.

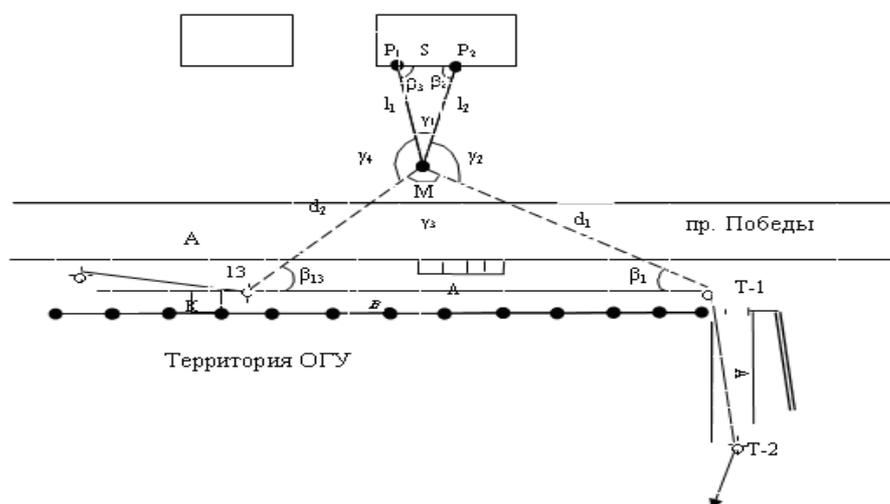


Рисунок 12 – Схема привязки к парным знакам

Передачу координат с пунктов  $P_1$  и  $P_2$  на точки теодолитного хода 1 и 13 осуществляют в следующей последовательности.

1. Выбирают около пунктов  $P_1$  и  $P_2$  дополнительный пункт  $M$  таким образом, чтобы образовался равносторонний треугольник  $MP_1P_2$ . При помощи отвесов проецируют пункты  $P_1$  и  $P_2$  на землю, получая точки  $P'_1$  и  $P'_2$ .

2. Измеряют расстояние  $MP'_1$  ( $l_1$ ) и  $MP'_2$  ( $l_2$ ), а также для контроля расстояние  $P_1P_2$  с погрешностью, не превышающей 2 мм.

3. Устанавливают теодолит в т.  $M$  (в этом случае используется теодолит  $T_2$ ,  $T_5$  и им равноценные) и измеряют углы  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$ ,  $\gamma_4$  способом круговых приемов.

Требования к измерениям приведены в таблице 4.

Таблица 4

Показатели	T2 и ему равноточные	T5 и ему равноточные
1	2	3
Число приемов: в полигонометрии		
1 разряда -	2	3
2 разряда -	1	2
Расхождение между результатами наблюдений на начальный предмет в начале и конце полуприема, угол, $c$ , не более	8	12
Колебания направлений, приведенных к общему нулю в отдельных приемах, угол, $c$ , не более	8	12

4. Из схемы привязки видно, что искомые координаты пункта М можно рассчитать по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x_M &= x_{P_2} + l_2 \cos \alpha_{P_2-M}; \\ y_M &= y_{P_2} + l_2 \sin \alpha_{P_2-M} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

В этих формулах неизвестно  $\alpha_{P_2-M}$ .

Дирекционный угол рассчитывают по формуле

$$\alpha_{P_2-M} = \alpha_{P_1-P_2} + 180^\circ - \beta_2. \quad (25)$$

Решая обратную геодезическую задачу, определяют

$$\alpha_{P_1-P_2} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x};$$

$$S_{P_1-P_2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Из  $\Delta MP_1P_2$  по теореме синусов находят горизонтальные углы  $\beta_2, \beta_3$ :

$$\left. \begin{aligned} \sin \beta_2 &= \frac{l_2 \sin \gamma_1}{S}; \\ \sin \beta_1 &= \frac{l_1 \sin \gamma_1}{S}, \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Также для контроля находим угловую невязку, которая не должна превышать допустимую, определяемую по формуле  $f_{\beta_{дон}} = \pm 1\sqrt{n}$ , где  $n$  – число углов в треугольнике, и увязываем углы.

Для контроля получаем координаты точки  $P_1$ . Расхождение не должно быть более 0,15 мм в масштабе плана между существующими и рассчитанными координатами пункта  $P_1$ .

5. Рассчитываем координаты точки 1 по формулам

$$x_1 = x_M + d_1 \cos \alpha_{M-1};$$

$$y_1 = y_M + d_1 \sin \alpha_{M-1};$$

$$\alpha_{M-1} = \alpha_{P_2-M} - 180^\circ + \gamma_2 - (\text{для левых углов}).$$

Расстояние  $d_1$  и  $d_2$  находим из  $\Delta M-1-13$  по теореме синусов:

$$d_1 = \frac{b \sin \beta_{13}}{\sin \gamma_3};$$

$$d_2 = \frac{b \sin \beta_1}{\sin \gamma_3},$$

где  $b$  – расстояние между точкой 1 и 13, измеренное дважды с относительной ошибкой 1/2000.

5.  $\beta_1$  и  $\beta_{13}$  – горизонтальные углы, измеренные при точках теодолитного хода 1 и 13. Углы в треугольнике 1-13-М предварительно увязывают.

6. Координаты пункта 13 вычисляют по формулам

$$x_{13} = x_1 + b \cos \alpha_{1-13};$$

$$y_{13} = y_1 + b \sin \alpha_{1-13}.$$

Проконтролировать измерения и вычисления можно, вычислив вновь координаты пункта М из  $\Delta 1-13-M$ .

Привязку точек теодолитного хода к исходным пунктам чаще всего выполняют непосредственным примыканием (см. рисунок 13).

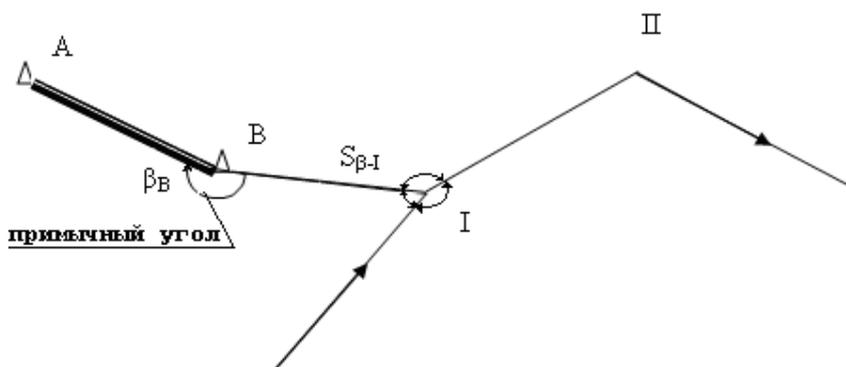


Рисунок 13 – Схема непосредственного примыкания

В этом случае теодолит ставят на точке В и измеряют угол  $\beta_B$  и расстояние  $S_{B-1}$ . Затем теодолит переносят на точку 1 съемочного обоснования и измеряют все углы при точке 1 способом круговых приемов с замыканием горизонта.

Координаты  $x_1$  и  $y_1$  вычисляют по формулам

$$x_1 = x_B + S_{B-1} \cos \alpha_{B-1};$$

$$y_1 = y_B + S_{B-1} \sin \alpha_{B-1};$$

$$\alpha_{B-1} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_B.$$

### 3.1.4 Высотное съёмочное обоснование

Для создания высотной основы топографической съёмки участка применяют способ геометрического нивелирования технической точности (или точности IV класса) вершин углов основного полигона, а при нивелировании точек диагонального хода можно применить метод тригонометрического нивелирования.

При геометрическом нивелировании прибор устанавливается между вершинами углов полигона и превышение рассчитывается по формуле

$$h = Z - П, \quad (27)$$

где  $Z$  – взгляд (отсчет) на заднюю рейку по ходу,  
 $П$  – отсчет по рейке на переднюю точку по ходу.

Если высоты точек топографического плана получают в государственной или городской системе высот, то нивелирование начинают от ближайшего высотного геодезического пункта. Передачу отметок с государственного пункта на одну или несколько точек съёмочного обоснования выполняют при помощи проложения привязочного нивелирного хода через «иксовые» точки. Привязочный ход должен быть пронивелирован в прямом и обратном направлении с допустимой невязкой, рассчитанной по формулам

$$\left. \begin{aligned} f_{h_{дон.}} &= \pm 50\sqrt{L}, \\ f_{h_{дон.}} &= \pm 20\sqrt{L}, \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

где  $L$  – длина хода, км.

Отметки вершин углов полигона вычисляются по формуле

$$H_{n+1} = H_n + h_{увяз.} \quad (29)$$

При тригонометрическом нивелировании с каждой точки хода измеряются дальномерные расстояния и углы наклона на переднюю и заднюю точки хода. Углы наклона измеряются при двух положениях вертикального круга. *Контролем правильности измерения углов наклона является постоянство места нуля в пределах двойной точности отсчета.* Превышение между точками находится по формуле

$$h = \frac{1}{2} kn \sin 2\nu, \quad (30)$$

где  $k$  – коэффициент дальномера;

$n$  – отсчет, соответствующий числу делений дальномерной рейки, видимых в трубу между дальномерными нитями;  
 $\nu$  – угол наклона линии местности.

Значение « $k$ » можно определить по формуле

$$k = \frac{d}{n}, \quad (31)$$

где  $d$  – расстояние на местности от станции до снимаемой точки, м.

Обычно  $k=100$ .

Если известно расстояние  $d$  между точками хода (горизонтальное проложение), превышение вычисляется по формуле

$$h' = d \operatorname{tg} \nu. \quad (32)$$

Превышения вычисляются на микрокалькуляторе или по специальным таблицам. При съемке, когда невозможно сделать наведение на метку по рейке, расположенную на высоте прибора, наводят горизонтальную нить (перекрестие) трубы на верх рейки. Тогда, чтобы вычислить превышение между точками, надо измерить высоту ( $i$ ) прибора с точностью до 0,01 м и превышение рассчитать по формуле

$$h = h' + i - l, \quad (33)$$

где  $l$  – высота наведения визирного луча на рейку, м;  
 $i$  – высота прибора.

Прямое и обратное превышение не должно отличаться по абсолютной величине более чем на 0,04Д (см), где  $D$  – длина линии в сотнях метров, измеренная на местности. Все измерения заносятся в журнал нивелирования и тахеометрический журнал.

### 3.1.5 Съемка ситуации

Съемка ситуации местности на строительном участке производится способами перпендикуляров, полярной, угловой и линейной засечек. Результаты измерений заносят в абрис, составляемой для каждой стороны теодолитного хода.

**Способ перпендикуляров (прямоугольных координат)** заключается в определении длины перпендикуляров от определяемой точки ситуации (дерево, угол дома, столб) до линии теодолитного хода, а также расстояния от пункта теодолитного хода до основания соответствующего перпендикуляра, лежащего на линии хода. Ближайшая к контуру сторона теодолитного хода (1-2) (рисунок

14) принимается за ось абсцисс, начало линии (т.1) за начало координат. Перпендикуляры опускаются на глаз или с помощью эккера, а их длины не должны быть больше приведенных в таблице 5.

Таблица 5

Масштаб съемки	Длина перпендикуляра, м	
	на глаз	эккером
1 : 2000	8	60
1 : 1000	6	40
1 : 500	4	20

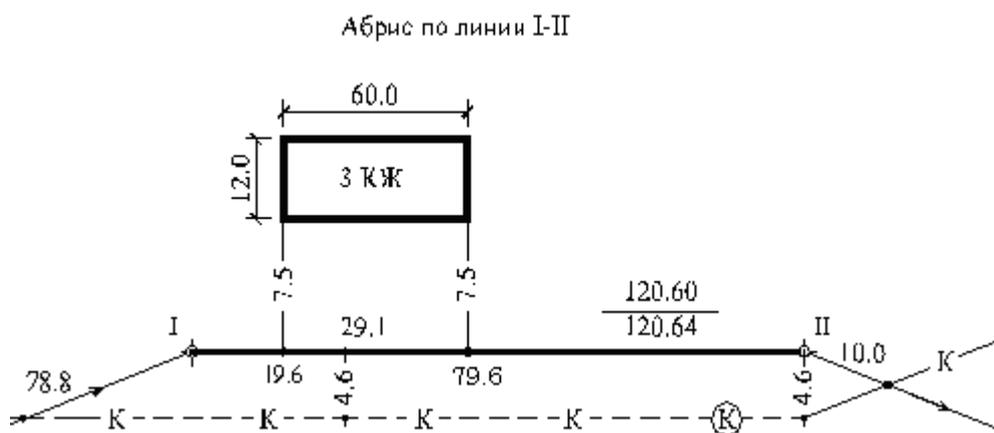


Рисунок 14 – Способ прямоугольных координат

**Способ полярной засечки** заключается в том, что на пункте теодолитного хода устанавливают теодолит, приводят в рабочее положение и лимб горизонтального круга ориентируют нулевым делением на точку теодолитного хода, находящуюся впереди или сзади данной точки по ходу (выбирают начальное направление).

Ближайшая к контуру линия хода принимается за полярную ось, начало линии – за полюс. Положение точек контура определяется полярным углом  $\beta$  и соответствующим расстоянием  $S$ . Расстояния измеряют лентой или дальномером от полюса до каждой точки ситуации. Углы измеряются теодолитом полуприемом. Закончив измерения на точке, вновь визируют на начальную точку с записью в журнале контрольного отсчета, который не должен отличаться от первоначального более чем на  $2'$ . На каждую линию должен быть составлен абрис съемки (см. рисунок 15). Расстояния  $S$  могут быть достаточно длинными до 100 м. Углы  $\beta$  измеряются по часовой стрелке между направлениями на каждую точку и нулевым направлением.

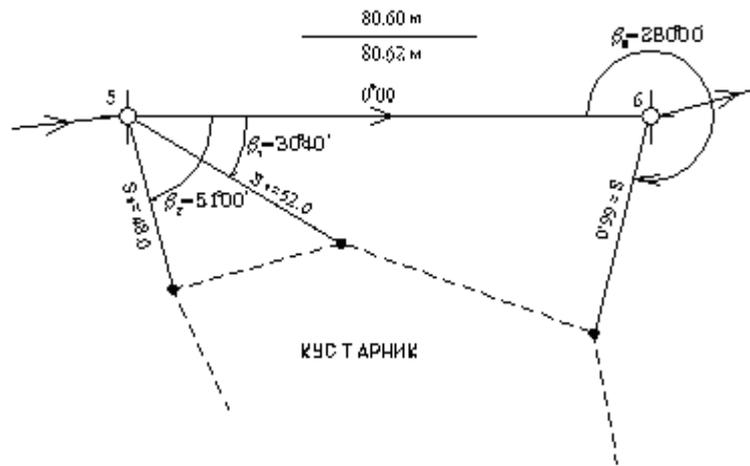


Рисунок 15 – Способ полярной засечки

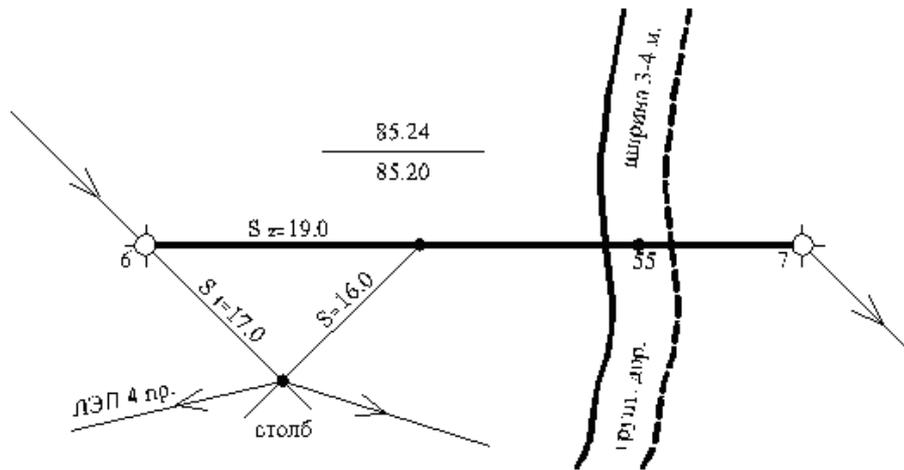


Рисунок 16 – Способ линейной засечки

**Способ линейной засечки** заключается в определении положения точки путем измерения расстояний до нее от концов удобного отрезка, лежащего на линии теодолитного хода, т.е. положение точки контура, получается в вершине треугольника, стороны которого известны. Стороны измеряются лентой, поэтому длина стороны треугольника не должна быть более длины мерного прибора (20, 50). Форма треугольника должна быть по возможности близка к равносторонней.

**Способ угловых засечек** применяется на открытых участках, где невозможно производить непосредственное измерение расстояний. Положение контурной точки определяется горизонтальными углами, измеренными между стороной теодолитного хода и направлением на определяемую точку. Углы измеряются теодолитом одним полуприемом. Угол засечки  $\gamma$  должен быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

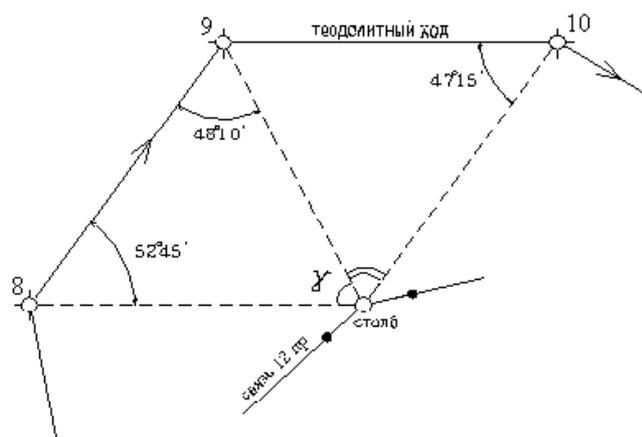


Рисунок 17 - Способ угловой засечки

### 3.1.6 Съёмка рельефа

Если целью съёмки местности является получение топографического плана, то в этом случае выполняют тахеометрическую съёмку на основании заложенных на местности точек теодолитного хода. В пределах заданной местности должны быть сняты все объекты ситуации, выражающиеся в заданном масштабе плана. При выборе контурных точек учитывают изгибы снимаемых объектов и, если в масштабе плана они меньше 0,5 мм, то они спрямляются, участки сельскохозяйственных угодий и контуры растительного покрова площадью до 10 мм<sup>2</sup> на плане не снимаются. При съёмке рельефа высотные пикеты должны располагаться на характерных точках и линиях рельефа местности: вершине горы, на дне котловины, седловине, водоразделе, тальвеге, перегибе скатов, подошве возвышенности, уресе водоемов и других точках, характеризующих рельеф.

Густота пикетов зависит от характера местности, масштаба съёмки, ее назначения и принятой высоты сечения. Наибольшие расстояния, рекомендуемые инструкцией, от прибора до пикетов при съёмке между пикетами приведены в таблице 6.

Таблица 6

Масштаб съёмки	Высота сечения рельефа, м	Наибольшее расстояние между пикетами, м	Наибольшее расстояние от прибора до пикета при съёмке, м	
			рельефа	контуров
1	2	3	4	5
1 : 500	0,5; 1,0	15	100; 150	60
1 : 1000	0,5; 1,0	20; 30	150; 200	80
1 : 2000	0,5; 1,0; 2,0	40; 50	200; 250	100
1 : 5000	0,5; 1,0; 2,0; 5,0	60; 80; 100; 120	250; 300; 350	150

При рекогносцировке местности и выборе пикетов ведут *схематичный чертеж – кроки (абрис)*. От качества абриса зависит правильность изображения на плане ситуации и рельефа местности. На кроки (абрисе) показываются опорные геодезические пункты, объекты ситуации, характерные точки и линии рельефа местности, направление скатов местности и, в необходимых случаях, схематичные горизонталы.

Последовательность выполнения работ на съёмочной точке может быть принята следующей:

- 1) устанавливают прибор на съёмочной точке и приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструмента  $i$  до 0,01 м;
- 2) определяют с контролем место нуля (МО);
- 3) совмещают нули лимба и алидады и поворотом горизонтального круга визируют на вежу, установленную на одной из съёмочных точек хода;
- 4) наводят вертикальную нить сетки на ось рейки, установленной на пикете и производят дальномерный отсчет, при этом удобно нижнюю дальномерную нить навести на целое число делений рейки, определяют дальномерное расстояние от точки стояния инструмента до пикета;
- 5) наводят среднюю нить сетки нитей трубы на соответствующую высоту прибора на рейке;
- 6) дают сигнал речнику о переходе на следующий пикет;
- 7) приводят пузырек уровня алидады вертикального круга в нуль-пункт (а для 2Т30 пузырек уровня горизонтального круга) и производят отсчет по вертикальному кругу с округлением до 1';
- 8) берут отсчет по горизонтальному кругу с округлением до 5'.

Все данные записывают в тахеометрический журнал съёмки. Причем сверяется номер наблюдаемого пункта на абрисе и в журнале. Определение планового положения характерных точек ситуации и местности ведется полярным способом. При съёмке контролируют неподвижность прибора: отсчет по лимбу при визировании на исходный пункт не должен отличаться от 0° более чем на утроенную погрешность отсчитывания по лимбу. При углах наклона более 3° вводят поправку в длину линии, измеренную нитяным дальномером. Превышение в этом случае вычисляют по формуле

$$h = 0,5(100l + \Delta)\sin 2\nu ; \quad (34)$$

$$S = (100l + \Delta)\cos^2 \nu , \quad (35)$$

где  $(100l + \Delta)$  – расстояние, измеренное по нитяному дальномеру;  
 $\nu$  – угол наклона, вычисленный по формуле

$$\nu = \text{КЛ} - \text{МО} . \quad (36)$$

Отметку пикета определяют по формуле

$$H_{ПК} = H_{см} + h.$$

Если при съемке пикетов измеряют угол наклона, наводя среднюю нить сетки на точку, расположенную на высоте  $v$ , не равной высоте прибора ( $i$ ), то превышение вычисляется по формуле

$$h = 0,5(100l + \Delta)\sin 2\nu + i - v.$$

Съемку ведут при положении вертикального круга слева (КЛ).

### 3.1.7 Обработка результатов полевых измерений и составление топографического плана местности

Во всех полевых журналах (угломерном журнале, тахеометрическом, измерений линий) вновь проверяются все записи и их правильность. Проверяется и вычисляется среднее значение линий из результатов прямого и обратного измерений. В полученные значения  $D$  вводятся поправки за компарирование ленты и за наклон линии к горизонту, и тогда горизонтальное проложение  $d$  вычисляется по формуле

$$d = D + \Delta l_k - \Delta l_v,$$

где  $\Delta l_v = -2D \sin^2 \frac{\nu}{2}$ ;

и  $\Delta l_k = l_n - l$ .

Вновь проверяется правильность вычисления горизонтальных углов при точках теодолитного хода. По полученным данным производят вычисление координат точек теодолитного хода.

### 3.1.8 Вычисление координат точек теодолитного хода

Вычисление ведут в координатной ведомости (таблица 7). В ведомость из угломерного журнала выписывают средние углы в графу 2 и расстояния – в графу 6. Так как теодолитный ход представляет собой замкнутый полигон, то обработку ведомости ведут в следующей последовательности:

1. Определяют угловую невязку  $f_\beta$  по формуле

$$f_{\beta_{изм.}} = \sum \beta_{изм.} - \sum \beta_{теор.}, \quad (37)$$

где  $\sum \beta_{теор.} = 180^\circ (n - 2)$ ;

$n$  – число углов хода.

Если полученная невязка меньше или равна допустимой, рассчитанной по формуле

$$f_{\beta_{дон.}} = \pm 1' \sqrt{n},$$

то невязку  $f_{визм}$  распределяют с обратным знаком между измеренными углами.

2. По привязке начальной точки полигона к пунктам геодезической сети определяют дирекционный угол линии 1-2 полигона. Если координаты съёмочных точек определяются условно, то на точке 1 съёмочного полигона устанавливают теодолит и измеряют азимут линии 1-2, который и принимают за исходный дирекционный угол. Дирекционные углы остальных линий вычисляют по формуле

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{испр.} . \quad (38)$$

Эта формула для правых углов. Угол  $\beta_{испр.}$  – это угол, заключенный между стороной, дирекционный угол которой уже известен, и линией, дирекционный угол которой определяют. *Контролем правильности вычислений будет являться получение в конце вычислений дирекционного угла исходной линии.*

3. По дирекционным углам вычисляются румбы ( $r$ ) линий, опираясь на формулы взаимосвязи дирекционных углов и румбов по четвертям. Все данные вычислений записывают в ведомость координат в графы 4 и 5.

4. Вычисляют приращения координат (см. графы 7,8 таблицы 7) по формулам

$$\begin{aligned} \Delta x &= d \cos r ; \\ \Delta y &= d \sin r . \end{aligned} \quad (39)$$

Знаки приращений координат определяются в зависимости от направления румба. Расчет ведут с точностью до 0,01 м.

5. Линейные невязки в приращениях координат для замкнутого хода определяется по формулам

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x ; \\ f_y &= \sum \Delta y . \end{aligned}$$

Для определения допустимости невязок подсчитывают абсолютную линейную невязку ( $f_p$ ) в периметре по формуле

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} . \quad (40)$$

Точность линейных измерений определяется относительной невязкой  $\frac{f_p}{p}$ , которая должна быть меньше 1/2000.

Если невязки допустимы, то они распределяются на приращения пропорционально длинам сторон съемочного обоснования с противоположным знаком и округлением до 0,01 м. Поправки в приращения координат вычисляются по формулам

$$\left. \begin{aligned} +\delta_{ix} &= -\frac{f_x}{p} d_i \\ +\delta_{iy} &= -\frac{f_y}{p} d_i \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком, а сумма исправленных приращений должна равняться нулю.

6. По координатам исходной точки и увязанным приращениям рассчитывают координаты всех точек полигона по формулам

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + \Delta x_{испр.} \\ y_{i+1} &= y_i + \Delta y_{испр.} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

*Контролем правильности вычисления координат является получение координат исходной точки.*

Вычисление координат разомкнутого (диагонального) хода производят в той же последовательности, что и для замкнутого хода, кроме расчета  $f_\beta$ ,  $f_x$  и  $f_y$ . Угловая невязка определяется в этом случае по формуле

$$f_{\beta_{изм.}} = \sum \beta_{изм.} - [(\alpha_n - \alpha_k) + 180^\circ n], \quad (43)$$

где  $\alpha_n$  и  $\alpha_k$  – дирекционные углы сторон, к которым примыкает диагональный ход.

Невязки в приращениях координат для разомкнутого хода находят по формулам

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x - (x_k - x_n) \\ f_y &= \sum \Delta y - (y_k - y_n) \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

Все расчеты записываются в «ведомость координат вершин полигона», которая прилагается к отчету (см. таблицу 7).

# ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВЕРШИН ХОДА

Таблица 7 - Ведомости

№ верш ин полиг она	Внутренние углы				Дирекци онные углы сторон	Румбы сторон	Горизонтальные протяжения сторон	Приращение координат												Координаты	Примечание		
	измерен.		исправл.					вычисленные				исправленные				Координаты							
	°	'	°	'				°	'	наз.	°	'	м	±	Δx	±	Δy	±	Δx			±	Δy
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ΔВосток		-5			348°	04'25"																	
ПП 78	185°	28'28"	189°	28'23"										+3					+	922,64	+	777,18	ПП78
1	177°	-5 42'29"	177°	42'24"	353°	32'48"	СЗ:	6°	21'12"	79,40	+	74,92	-	8,47 +2	+	74,92	-	8,44	+	997,56	+	768,74	Т-1
2	97°	-5 10'51"	97°	10'46"	351°	15'12"	СЗ:	8°	44'48"	57,05	+	56,39	-	8,67 +3	-	56,39	-	8,65	+	1053,95	+	760,09	Т-2
3	84°	-5 52'48"	84°	52'43"	268°	25'58"	ЮЗ:	88°	25'58"	71,33	-	1,95	-	71,30	-	1,95	-	71,27	-	1052,00	+	688,82	Т-3
4	197°	-5 40'33"	197°	40'28"	173°	18'41"	ЮВ:	6°	41'19"	76,62	-	76,10	+	8,92	-	76,10	+	8,95	+	975,90	+	697,77	Т-4
5	248°	-5 32'52"	248°	32'47"	190°	59'09"	ЮЗ:	10°	59'09"	42,34	-	41,56	-	8,07	-	41,56	-	8,06	+	934,34	+	689,71	Т-5
ПП 60	87°	-5 03'07"	87°	03'02"	259°	31'59"	ЮЗ:	79°	31'59"	69,17	-	12,56	-	68,06	-	12,56	-	68,05	+	921,78	+	621,66	
ΔВосток					166°	34'58"																	
Σβ <sub>изм.</sub>	1078°	31'03"	1078°	31'33"						P=391,91		ΣΔx=-0,86		ΣΔy=-155,65	ΣΔx	-0,86	ΣΔy=-155,52						
Σβ <sub>г.</sub>	1078°	30'33"	1078°	31'33"								ΣΔx <sub>г.</sub> =-0,86		ΣΔy <sub>г.</sub> =-155,52	ΣΔx <sub>г.</sub>	-0,86	ΣΔy <sub>г.</sub> =-155,52						

$$f_{\text{визм.}} = 0^{\circ}00'30''$$

$$f_{\text{доп.}} = \pm 1' \sqrt{П}$$

$$f_{\Delta x} = 0,00$$

$$f_{\Delta y} = -0,13$$

$$f_{\Delta x} = 0,00$$

$$f_{\Delta y} = 0,00$$

### 3.1.9 Вычисление отметок точек съемочного основания

Так как съемочное обоснование нивелируют методом геометрического нивелирования IV класса точности или техническим нивелированием способом из середины, то все записи осуществляют в нивелировочном журнале, форму которого см. в таблице 8.

Таблица 8

№ станции	№ точек наблюдения	Отсчеты по рейкам			Вычисленные превышения, м				H, Г.И	H, м
		назад <i>a</i>	вперед <i>b</i>	промежуточный <i>v</i>	<i>h</i> , м	- <i>h</i> , м	<i>h</i> <sub>ср.</sub> , м	<i>h</i> <sub>испр.</sub> , м		
1	Pn – 40	1040 <u>5724</u> 4684			0530 0529		0530			
	T - 1		0510 <u>5195</u> 4685							

В полевых условиях на каждой станции необходимо просчитать «пятку» рейки – разность между отсчетом по красной и черной сторонам рейки на одну и ту же точку. Например,  $5724 - 1040 = 4684$  и  $5195 - 0510 = 4685$ . Разница между пятками на станции допускается не более 5 мм. Кроме того, нужно дважды высчитать превышения на станции по формуле

$$\left. \begin{aligned} h_{\text{черн.}} &= a_{\text{ч.}} - b_{\text{ч.}} \\ h_{\text{кр.}} &= a_{\text{кр.}} - b_{\text{кр.}} \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Расхождение также не должно быть более 5 мм.

В камеральных условиях расчет журнала ведется в следующей последовательности:

1. На каждой странице подсчитывают  $\Sigma a$ ,  $\Sigma b$ ,  $\Sigma h_{\text{ср}}$  и производят постраничный контроль по формуле

$$\frac{(\Sigma a - \Sigma b)}{2} = \Sigma h_{\text{ср.}} \quad (46)$$

2. Рассчитывают невязку в превышениях по всему ходу:

$$f_{\text{нвзм.}} = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{\text{кон.точки}} - H_{\text{нач.точки}}). \quad (47)$$

Для замкнутого хода  $f_{\text{нвзм}} = \sum h_{\text{ср.}}$ .

Рассчитанную невязку сравнивают с допустимой, которую определяют по формуле

$$f_{h_{\text{доп.}}} = \pm 50\sqrt{L}, \text{ для технического нивелирования}$$

$$f_{h_{\text{доп.}}} = \pm 20\sqrt{L}, \text{ для IV класса}$$

где  $L$  – длина хода в километрах.

Если  $f_{\text{нвзм}} \leq f_{h_{\text{доп.}}}$ , то ее распределяют на все средние превышения с обратным знаком и увязывают средние превышения.

3. Рассчитывают отметки всех вершин полигона по основной формуле нивелирования

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{увяз.}}, \quad (48)$$

При расчете отметок учитывается знак у превышения.

*Контролем правильности вычисления отметок является получение отметки исходной точки.*

**Обработка диагонального хода ведется в таком порядке:**

- невязку разомкнутого хода вычисляют по формуле (47)

$$f_{\text{нвзм.}} = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}),$$

где  $H_{\text{к}}$  и  $H_{\text{н}}$  – отметки точек, между которыми проложен диагональный ход;

- предельная невязка в превышениях подсчитывается по формуле

$$f_{h_{\text{пред.}}} = \frac{0,04P}{\sqrt{n}}, \quad (49)$$

где  $P$  – длина хода, м;

$n$  – число станций.

Если невязка допустима, то она распределяется на средние превышения с противоположным знаком пропорционально расстояниям между точками хода. Сумма исправленных превышений хода должна быть равна теоретической сумме. Отметки точек хода так же подсчитывают по основной формуле нивелирования.

Если между точками теодолитного хода прокладывался тахеометрический ход, то запись полевого материала и камеральной обработки ведется в специальной ведомости (см. таблицу 9).

Таблица 9 – Журнал тахеометрического хода.

№ точек	Расстояние	Превышения				Отметки точек Н, м
		h <sub>пр.</sub>	h <sub>обр.</sub>	h <sub>ср.</sub>	h <sub>испр.</sub>	
5	134,02	+2,28	-2,32	-2 +2,30	+2,28	127,59
7	94,30	+1,54	-1,55	-1 +1,54	+1,53	129,87
8	216,54	+4,74	-4,80	-3 +4,77	+4,74	131,40
2						136,14
Σd = 444,86			Σh <sub>ср.</sub> = +8,61		+8,55	
$f_h = 8,61 - (136,14 - 127,59) = +0,06 \text{ м}$ $f_{h_{дон.}} = \frac{0,04 \times 444,86}{\sqrt{3}} = 10 \text{ см}$						

**Обработка тахеометрического журнала выполняется следующим образом:**

1. Ведомость координат точек тахеометрического хода рассчитывают также как и теодолитного хода, но линейная невязка определяется по формуле

$$f_d = \frac{\sum d}{400\sqrt{n}}, \quad (50)$$

где  $f_d$  – невязка в периметре хода,  
 $\sum d$  – длина хода, м,  
 $n$  – число линий в ходе.

2. Допустимая невязка в сумме превышений хода выражается формулой

$$f_{h_{дон.}} = 0,04 \times \frac{\sum d}{\sqrt{n}}.$$

Невязку в превышениях определяют по формуле

$$f_h = \sum h_{ср.} - \sum h_{теор.},$$

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

Отметки вершин хода последовательно вычисляют по формуле

$$H_{n+1} = H_n + h_{испр}$$

### 3.1.10 Построение плана

Построение топографического плана выполняется в следующей последовательности:

1) производят расчет размещения плана полигона симметрично относительно краев листа. О размерах плана полигона и листа, который нужен для построения плана, а если полигон большой, то и о количестве листов, необходимых для построения плана, можно судить по координатам точек полигона. Размер плана полигона с севера на юг (сверху вниз) определяется как разность наибольшей и наименьшей абсцисс, а размер плана с запада на восток (слева направо) – как разность наибольшей и наименьшей ординат точек. Например, план составляется в М 1:500, тогда согласно таблице 7 размер плана с севера на юг будет

$$X_{\text{плана}} = (x_{\text{max}} - x_{\text{min}}) / m = (1053,95 - 934,34) / m = 23,92 \text{ см} = 24 \text{ см},$$

где  $m$  – число метров на местности, соответствующее 1 см на плане согласно заданного масштаба.

Масштаб построения плана 1:500, значит  $m = 5$ .

Аналогично с запада на восток:

$$Y_{\text{плана}} = (768,72 - 621,66) / m = 29,31 \text{ см}.$$

А так как для всевозможных надписей, таблиц и, учитывая тахеометрическую съемку за пределами полигона до 50 м :5 = 10 см, то размер листа для плана сверху вниз

$$24 + 10 + 10 = 44 \text{ см},$$

а слева направо

$$29,3 + 10 + 10 = 50 \text{ см};$$

2) для правильного размещения осей координат поступают так: лист, на котором будет строиться план, должен быть по расчету 44x50 см. Тогда расстояние от верхнего и нижнего краев листа до самой верхней и самой нижней точек плана будут равны:

$$\frac{X_{\text{листа}} - X_{\text{плана}}}{2} = \frac{42 - 24}{2} = 9,$$

а расстояние от боковых краев листа до самой левой и самой правой точек плана:

$$\frac{Y_{\text{листа}} - Y_{\text{плана}}}{2} = \frac{50 - 29,3}{2} = 15,3 \text{ (в см)}.$$

3) строят координатную сетку со сторонами 10x10 см при помощи линейки Дробышева. От точности построения координатной сетки зависит точность плана. Правильность построения сетки проверяют сравнением длин сторон и диагоналей каждого квадрата при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Отклонение от точного размера стороны не должно быть более 0,2 мм;

4) координаты сетки подписываются в соответствии с вычисленными координатами точек съемочного обоснования и так, чтобы участок съемки поместился в пределах рассчитанного листа;

5) ситуацию на план наносят после нанесения по координатам всех точек съемочного обоснования (точек теодолитного, диагонального и тахеометрического ходов). Ситуация на план переносится с абриса теодолитной съемки, а также из тахеометрического журнала. По измеренным горизонтальным углам и горизонтальным расстояниям с помощью транспортира и масштабной линейки наносят все ситуационные и рельефные точки. У каждой рельефной точки подписывается её номер и отметка. Согласно кроки местности соединяют соответствующие ситуационные точки и получают всю ситуацию;

6) в соответствии с выбранной высотой сечения рельефа и отметками точек производят интерполирование горизонталей.

Топографический план, выполненный в карандаше, тщательно проверяют в поле сличением изображенного плана с местностью, и в случае необходимости применяется инструментальная проверка. *План окончательно оформляется тушью в строгом соответствии с условными знаками, утвержденными для данного масштаба плана.*

## 4 Геометрическое нивелирование

Геометрическое нивелирование выполняется для проектирования сооружений линейного типа, таких как дороги, каналы, всевозможные трубопроводы, для составления проектов вертикальной планировки участков местности, подлежащих застройке, для передачи отметок от государственных пунктов высотной сети на высотную сеть строительной площадки. Геометрическое нивелирование на строительной площадке применяется для контроля установки по высоте элементов и конструкций зданий и сооружений, передачи проектных отметок на дно котлованов и монтажные горизонты и т.д. В этой главе будут рассматриваться нивелиры Н-3, Н-3К и Н-10КЛ.

**Нивелир Н-10КЛ** относится к техническим и предназначен для технического нивелирования со средней квадратической погрешностью не более 10 мм на 1 км двойного хода. Нивелир снабжен лимбом и компенсатором, т.е. визирная ось автоматически устанавливается в горизонтальное положение.

### 4.1 Поверки и юстировки нивелиров Н-3

**1. *Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси нивелира.***

Устанавливают пузырек круглого уровня на середину подъемными винтами. Верхнюю часть прибора поворачивают на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси. Если пузырек уровня остается в нульпункте, то условие выполнено. В противном случае делают исправление таким образом:

- действуя подъемными винтами, перемещают пузырек в направлении нуль-пункта на половину дуги отклонения;
- затем юстировочными винтами (исправительными) уровня приводят пузырек точно в нульпункт.

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

Для выполнения последующих проверок пузырек круглого уровня должен находиться в нульпункте.

**2. *Основной горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к вертикальной оси инструмента.***

Приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение и наводят зрительную трубу на рейку, установленную в 20-30 м от нивелира, так, чтобы изображение рейки находилось у края поля зрения. Делают отсчет по рейке. Затем, вращая трубу, переводят изображение в другой край поля зрения и делают второй отсчет. Если отсчеты одинаковы, то условие выполнено, если нет, то производят исправление: ослабляют винты, соединяющие окуляр с трубой, и поворотом сетки нитей с оправой устанавливают основной горизонтальный штрих на средний отсчет. После исправления поверку повторить.

**3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.**

Проверка главного условия нивелира выполняется способом нивелирования «вперед» линии длиной 50-80 м, закрепленной на местности кольшками. Нивелир устанавливают над одним из кольшков так, чтобы окуляр зрительной трубы находился над ним. Приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт и измеряют высоту прибора  $j_A$ . Эlevationным винтом совмещают изображения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет  $v_1$  по рейке, установленной в точке В. Аналогично устанавливают нивелир в точке В, измеряют  $j_B$  и берут отсчет  $v_2$  по рейке, установленной в точке А (см. рисунок 18а,б).

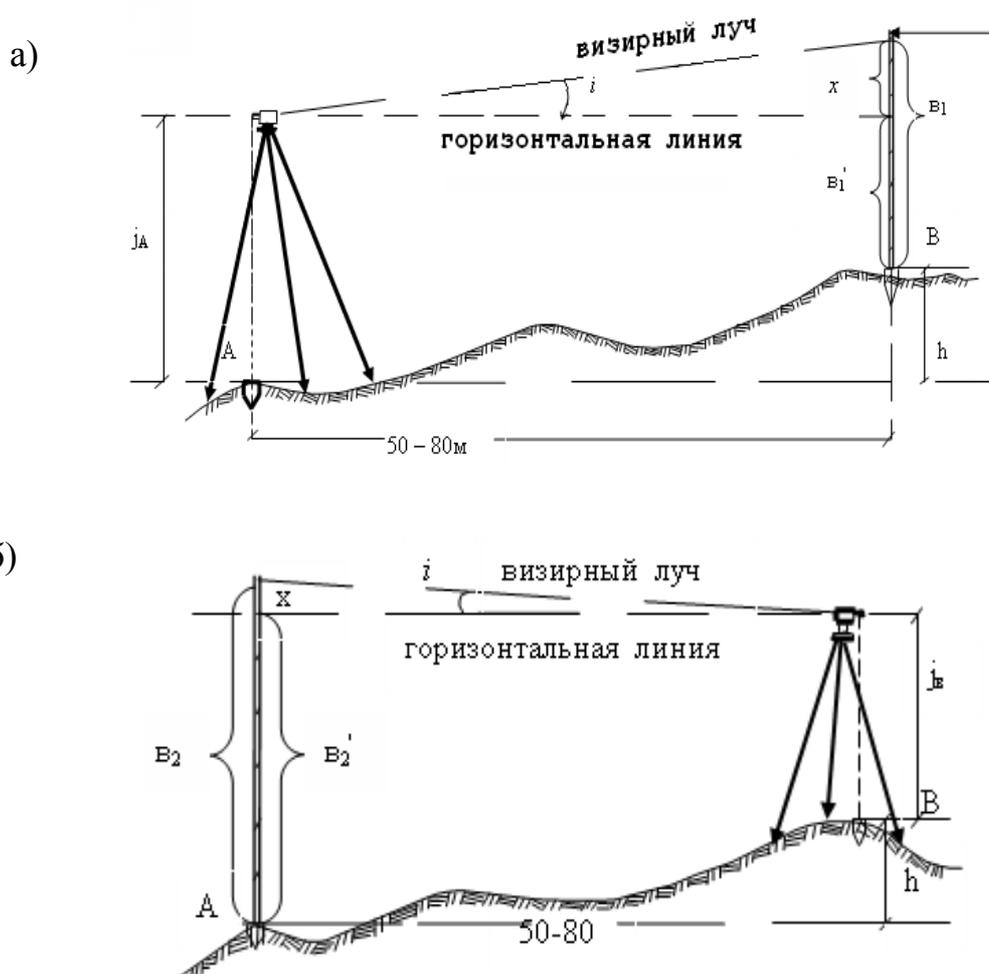


Рисунок 18 а,б - Проверка основного геометрического условия нивелира

Если визирная ось зрительной трубы не параллельна оси цилиндрического уровня, то в отсчеты по рейке войдет погрешность  $x$ .

Для установления допустимости погрешности « $x$ » вычисляют угол  $i$ , характеризующий невыполнение основного условия по формуле

$$i'' = \frac{x\rho''}{S}, \quad (51)$$

где  $\rho'' = 206\,265''$ ;

$S$  – горизонтальное расстояние между точками А и В, мм.

Для контроля и повышения точности измерения повторяют 2-3 раза. Расхождение между отдельными значениями угла не должно составлять более  $5''$ . За окончательный результат определения угла принимают среднее арифметическое значение  $i_0$ . Угол  $|i|$  не должен быть более  $10''$  у точных нивелиров и  $45''$  у технических; если больше, то производят юстировку таким образом:

- *устанавливают горизонтальный штрих* при помощи эливационного винта на исправленный отсчет (прибор находится в точке В).

$$V = b_2 + \frac{Si_0''}{\rho''}.$$

Угол  $i_0$  берут со своим знаком. После установки  $V$  приводят пузырек уровня на середину, действуя юстировочными винтами уровня.

Для контроля поверку повторить.

Для нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования еще возникают дополнительные условия.

#### **4. Линия визирования должна быть горизонтальна.**

Поверку проводят так же, как у нивелиров с цилиндрическим уровнем и эливационным винтом. Юстировку осуществляют вертикальными винтами при сетке нитей.

#### **5. Поверка правильности работы компенсатора.**

Приводят нивелир в рабочее положение по круглому уровню и делают отсчет  $l_0$  по рейке, установленной около 40 м от нивелира. Затем, вращая подъемные винты подставки, поочередно смещают пузырек круглого уровня на одно деление в сторону объектива, окуляра, влево, вправо, делая каждый раз отсчеты по рейке  $l_i$ . Эти отсчеты не должны отличаться от  $l_0$  больше, чем на 1 мм. Исправляют компенсатор на заводе.

## 4.2 Геодезические работы по трассе инженерных сооружений линейного типа

Каждой бригаде проложить трассу 1-1,5 км с разбивкой пикетажа и поперечников. Число углов поворота должно быть не менее двух. Произвести съемку полосы шириной до 50 м по обе стороны от оси, нивелирование трассы и поперечников.

Для работы по трассе необходимо иметь следующие приборы и принадлежности:

- теодолит и нивелир со штативами;
- вешки (3 шт.);
- стальная 20-тиметровая лента с комплектом шпилек (6 шт.);
- нивелирные рейки (2 шт.);
- колышки для закрепления пикетов и плюсовых точек (на асфальте или бетоне отмечать масляной краской);
- топор;
- журнал измерения углов и линий;
- пикетажный журнал (блокнот из миллиметровой бумаги размером 10x15 см);
- журнал нивелирования;
- таблицы для разбивки кривых;
- калькулятор;
- чертежная бумага (миллиметровка), рабочая тетрадь, карандаши, ручка.

Каждому студенту необходимо усвоить методику геодезических работ при изыскании трасс линейных коммуникаций.

Состав и последовательность работ при выполнении задания:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка трассы с ведением пикетажного журнала;
- разбивка круговых кривых с выносом пикетов на кривую;
- ориентирование трассы по магнитному (или истинному) меридиану;
- нивелирование трассы и поперечников;
- обработка полевых материалов; составление профиля, плана трассы и поперечников.

Перед началом работы производится рекогносцировка (обследование) местности вдоль предполагаемой трассы, начальная точка которой (ПК0) и приблизительное направление задаются преподавателем. При обследовании трассу намечают так, чтобы она проходила по местам, удобным для линейных

измерений. В местах измерения направления трассы (углах поворота) забивают колышки или отмечают их на асфальте масляной краской.

Вершины углов поворота обозначают ВУ1, ВУ2 и т.д. *Запрещается намечать вершины углов поворота на проезжей части.*

При трассировании обычно измеряют правые углы трассы одним приемом со средней квадратической погрешностью 1'. Результаты измерений углов записывают в журнал, а угол отклонения трассы от первоначального ее направления определяют как дополнение правого угла до 180°.

Чтобы не задерживать теодолит на данной вершине угла, сразу же находят направление биссектрисы горизонтального угла. Направление биссектрисы необходимо знать при разбивке кривой в главных её точках.

На длинных участках прямых согласно требованиям СНиПа, а также сложности рельефа, устанавливают створные знаки, горизонтальные углы при которых должны быть равны 180°. Закрепление створных знаков выполняется с помощью уголкового железа, или арматуры с припаянной биркой длиной 1,2 м. Знак должен возвышаться над землей на 40-50 см, и на нем масляной краской указывается номер створа и его пикетажное значение. При нивелировании обязательно берут отсчет по рейке, установленной на верху знака и на земле.

#### **4.3 Разбивка и нивелирование трассы**

Для составления профиля трассы линейного сооружения необходимо иметь отметки точек по трассе и знать расстояние между этими точками. В связи с этим выбранную трассу разбивают на пикеты – расстояния равные сто метрам, которые закрепляют колышками длиной 25-30 см. Колышек забивают в уровень с землей и подписывают номер пикета. Рядом забивается сторожок, высотой 20-25 см над уровнем земли, на котором для контроля подписывают номер пикета. Если между пикетами трассы имеется резкое изменение рельефа, то забиваются плюсовые точки с надписью.

При разбивке трассы все записи производятся в пикетажной книжке (см. рисунок 19), которая представляет собой сшитые листы миллиметровой бумаги размером 12x15 см и в которой на оси трассы показывают положение пикетов, плюсовых точек, углы поворота трассы, реперы, поперечники, результаты угловых и линейных измерений, абрис съемки полосы земли вдоль трассы, значения углов поворота и элементы кривых. Около соответствующих углов поворота приводят расчеты пикетажных значений начала и конца кривых.

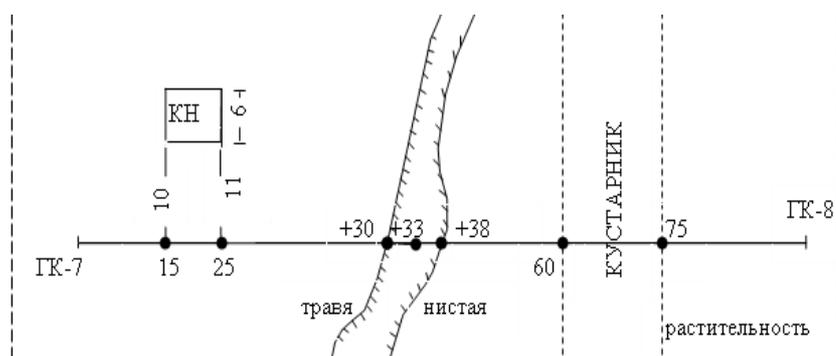


Рисунок 19 – Пикетажная книжка

Измерения расстояний между пикетами и плюсовыми точками производятся в одном направлении, при этом, если на отдельных участках трассы имеется большой наклон местности, то ленте придают горизонтальное положение, поднимая один конец над поверхностью земли, поддерживая шпилькой. Передача шпилек осуществляется после отложения стометрового отрезка, который закрепляется колышком.

Вершины углов поворота трассы закрепляют створными знаками (столбами, трубами, арматурой) и привязывают промерами к местным предметам (пням, деревьям, телеграфным столам и т.д.) с зарисовкой схемы привязки в журнале измерения углов. Один знак устанавливают по направлению биссектрисы, а другой – по ее продолжению в противоположную сторону за пределами разработки грунта.

Для плавного закругления трассы при её поворотах в углы вписывают кривые. Точки касания ломаных с кривыми обозначают так: начало кривой - **НК**, конец кривой – **КК**. Точку пересечения биссектрисы с кривой обозначают **СК**. Эти точки называют главными точками кривой. На трассе их закрепляют и окапывают.

Для сопряжения прямолинейных участков линейных сооружений при каждой вершине угла разбивают круговые кривые, определяя при этом плановое положение трех главных точек НК, СК, КК. Чтобы разбить на местности главные точки кривой, нужно знать шесть основных элементов круговой кривой: угол поворота трассы  **$\alpha$** , радиус кривой  **$R$** , тангенс  **$T$**  – длину касательной, кривую  **$K$**  и биссектрису  **$B$** .

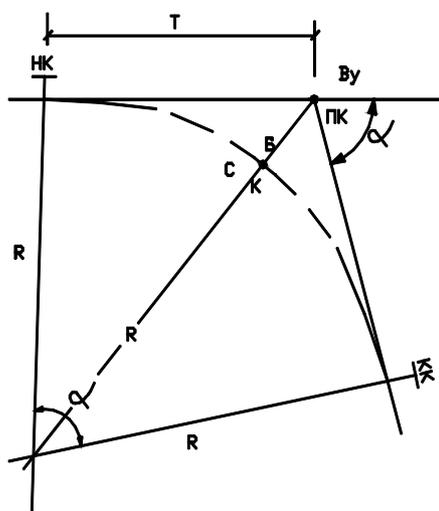


Рисунок 20 – Схема разбивки кривых в главных точках

Радиус  $R$  выбирают по техническим нормативам. По углу поворота  $\alpha$  и радиусу кривой  $R$  рассчитывают основные элементы  $T$ ,  $K$ ,  $B$ ,  $D$  по формулам

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (52)$$

$$K = \frac{\alpha}{180^\circ} \cdot \pi R; \quad (53)$$

$$D = 2T - K; \quad (54)$$

$$B = R \cdot \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (55)$$

или по специальным таблицам для разбивки кривых.

Пикеты с тангенсов необходимо перенести на кривую, рассчитав абсциссу  $x$  и ординату  $y$  по формулам

$$x = R \sin \gamma, \quad (56)$$

где  $\gamma = 180^\circ \cdot \frac{S}{\pi R}$ ,

$S$  – расстояние от НК или КК до выносимого пикета;

$$y = 2R \sin^2 \frac{\gamma}{2}. \quad (57)$$

При выносе пикетов на кривую можно использовать таблицы, в которых определяется величина  $(S - x)$ , называемая «кривой без абсциссы». От конца

абсциссы или «кривой без абсциссы» по перпендикуляру откладывают ординату  $y$ , которая дает положение пикета на кривой.

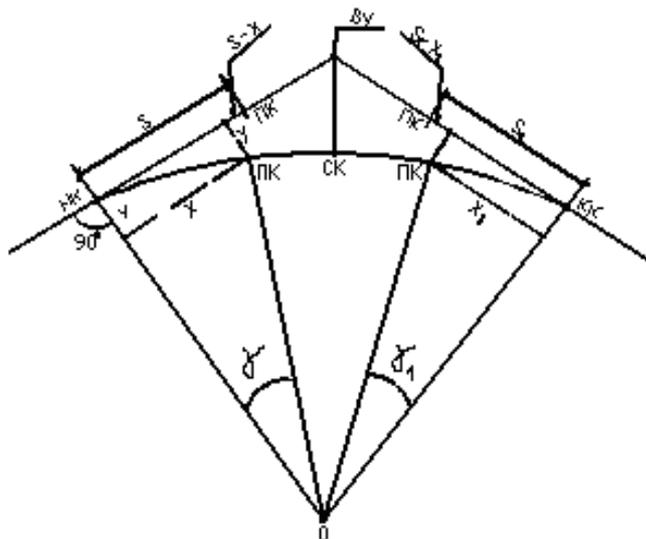


Рисунок 21 – Схема выноса пикетов с тангенсов на кривую

Для контроля измерения и вычисления отметок начало и конец трассы должны быть привязаны к реперам высотной геодезической сети. Привязка заключается в измерении превышений между реперами и этими пикетами при помощи геометрического нивелирования IV класса точности, и допустимая невязка рассчитывается по формуле

$$f_{h_{дон.}} = \pm 20\sqrt{L}, \text{ (мм)} \quad (58)$$

где  $L$  – длина хода, в км.

Нивелирование трассы производят методом из середины при помощи нивелира технической точности. На каждой станции производят контроль, вычисляя «пятку рейки». Нивелирование производят в следующей последовательности:

- берут отсчет по черной стороне задней рейки ( $a_{черн}$ );
- берут отсчет по черной стороне передней рейки ( $b_{черн}$ );
- берут отсчет по красной стороне передней точки ( $b_{кр}$ ), вычисляют пятку рейки, которая должна быть равна  $(4683 \pm 3)$  мм или  $(4783 \pm 3)$  мм;
- берут отсчет по красной стороне задней рейки ( $a_{кр}$ ), вычисляют пятку рейки. Если «пятки рейки» на переднюю и заднюю точки не отличаются друг от друга более 5 мм, то нивелирование на станции выполнено правильно.

*Перед каждым отсчетом по рейке обязательно производится совмещение изображений концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом. Отсчеты по рейке записывают в журнал установленной формы (см. таблицу 10).*



также по передним отсчетам получают  $\sum b$ . Просчитывают алгебраическую сумму средних превышений  $\sum h_{cp}$ .

Постраничный контроль вычисляется по формуле

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \sum h_{cp}.$$

Расхождение допускается не более 2 мм, так как оно возникает только из-за ошибок округления.

#### 4.4.2 Вычисление отметок связующих и промежуточных точек

1. Рассчитывают невязку в превышениях по всему ходу, используя формулу

$$f_{h_{выч}} = \sum h_{cp} - (H_{кон.} - H_{нач.}),$$

где  $\sum h_{cp}$  – в данном случае сумма средних превышений по всему ходу;  
 $H_{кон}$  и  $H_{нач}$  – отметки реперов, к которым привязан пикет ноль и конец трассы.

2. Полученную невязку сравнивают с допустимой вычисленной по формуле

$$f_{h_{доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L} \quad (59)$$

или

$$f_{h_{доп}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где  $L$  – длина хода, в км;  
 $n$  – число станций в ходе.

При  $|f_{h_{выч}}| \leq f_{h_{доп}}$  вычисленную невязку распределяют на средние превышения с обратным знаком, округляя поправки до целых миллиметров.

Сумма исправленных превышений  $\sum h_{испр}$  должна быть равна разности отметок конечной и начальной точки хода, то есть  $\sum h_{испр} = H_{кон} - H_{нач}$ .

3. Определяют отметки связующих точек по формуле

$$H_{n+1} = H_n + h_{испр.},$$

где  $H_n$  – отметка предыдущей точки,  
 $H_{n+1}$  – отметка последующей точки,  
 $h_{испр}$  – исправленное превышение между этими точками.

4. Вычисляют отметки промежуточных точек через отметки горизонта инструмента:

$$H_{\text{пром.}} = H_{\text{з.и.}} - V, \quad (60)$$

где  $V$  – взгляд (отсчет) на промежуточную точку.

Отметка горизонта инструмента вычисляется на тех станциях, где имеются промежуточные взгляды, причем для контроля отметку определяют дважды на каждой станции.

$$\begin{aligned} H_{\text{з.и.}} &= H_n + a_n; \\ H_{\text{з.и.}} &= H_{n+1} + b_{n+1}, \end{aligned} \quad (61)$$

#### 4.4.3 Построение профиля

Результатом продольного нивелирования является чертеж, называемый продольным профилем.

Профиль строится на миллиметровой бумаге в заданном горизонтальном и вертикальном масштабах. Вертикальный масштаб в 10 раз крупнее горизонтального. Масштабы профиля для рабочих чертежей 1: 5000, 1:2000. Если производится реконструкция улиц – то профиль может строиться в масштабе 1:1000.

Вначале вычерчивается сетка профиля, размеры которой и содержание показаны на рисунке 23.

2 см	Ситуация на трассе		
1 см	Проект ные данные	Уклоны	
1,5 см		Отметки	
1,5 см	Отметки земли		
1 см	Расстояния		
0,5 см	Пикеты		
3 см	План прямых и кривых		
	Километры		

Рисунок 23 – Шапка продольного профиля трассы

*Построение профиля земли по трассе выполняют в следующей последовательности:*

1) отметки точек, полученные по результатам нивелирования, выписываются из журнала в графу «отметки земли» напротив пикетов или плюсовых точек с округлением до 0,01 м;

2) эти отметки в вертикальном масштабе откладывают от линии условного горизонта, выбираемой с таким расчетом, чтобы от нее до точки профиля с минимальной отметкой было не менее 5-6 см. Полученные точки соединяют прямыми, образующими ломаную линию – профиль;

3) в графу «план прямых и кривых» выписываются элементы кривой, а сама кривая разворачивается выпуклостью вверх или вниз в зависимости от того, куда направлен верх угла поворота трассы. На прямых участках трассы подписывается расстояние в метрах от начала трассы до начала кривой и – от конца кривой до следующего начала кривой или конца трассы, а под цифрами ставится направление трассы на этом участке;

4) в графу «план трассы» из пикетажного журнала переносят результаты съемки ситуации. Ось трассы располагают в середине графы, а углы поворота показывают стрелками, направленными под произвольным углом вверх или вниз от оси, что соответствует повороту влево или вправо.

#### 4.4.4 Нанесение проектной оси линейного сооружения

Продольный профиль необходим для проектирования линейного сооружения (дорог, трубопроводов и т.д.), ось которого наносится на профиль. При нанесении проектной линии соблюдается ряд требований, предъявляемых соответствующими нормативными документами к проектированию определенного инженерного сооружения.

Так как на первом курсе особенности проектирования того или другого вида линейных сооружений не изучается, поэтому здесь указываются лишь некоторые требования. Например, при проектировании дорог ставятся условия соблюдения предельно допустимых уклонов, минимальных и равных объемов выемки и насыпи и соблюдение снеготранспорта на ровном, открытом участке местности. Если проектируется трубопровод, то в основном предъявляются требования по допустимости уклонов и промерзания грунтов.

Проектирование ведется в следующей последовательности:

1) на определенном участке графически наносится проектная линия, так чтобы объем выемки и насыпи был приблизительно одинаков, причем, если ПК0 находится на оси существующей дороги, то проектная отметка ПК0 остается такой же, как и черная отметка ПК0;

2) с профиля снимают проектные отметки начала и конца отрезка, подсчитывают расстояние  $d$  в метрах и определяют предварительный уклон по формуле

$$i = \frac{H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}}{d}; \quad (62)$$

3) полученный уклон округляют до третьего знака после запятой, и по этому значению уклона вычисляют проектные отметки всех точек на этом отрезке по формуле красных (проектных) отметок

$$H_{k+1} = H_k + i_{\text{пр.}} \cdot d, \quad (63)$$

где  $H_{k+1}$  - проектная отметка последующей точки,

$H_k$  - проектная отметка предыдущей точки,

$i_{пр.}$  - утвержденный проектный уклон на данном участке,

$d$  – расстояние между точками на данном участке. Вычисленные проектные отметки округляют до 0,01 м и записывают в графу «Проектные отметки».

4) при большой протяженности линейного объекта и сложном рельефе проектная линия может состоять из нескольких отрезков неодинаковой длины и с разными уклонами. Шаг проектирования лучше всего выбирать в пределах 200-500 м. Затяжные участки на одном уклоне не делают;

5) вычисляют рабочие отметки, характеризующие высоту насыпи или глубину выемки каждой точки по формуле

$$h_p = H_{проект.} - H_{земли} \quad (64)$$

Отрицательные рабочие отметки выписывают на ординатах профиля под проектной линией без знака, а плюсовые – над проектной линией;

б) пересечение проектной линии с линией профиля (линией земли) образуют точку нулевых работ, до которой необходимо рассчитать расстояние от ближайшей точки профиля по формуле

$$x = \frac{|h_{п.л.}|}{|h_{п.л.}| + |h_{п.пр.}|} \times d, \quad (65)$$

где  $|h_{п.л.}|$  - абсолютная величина рабочей отметки, расположенной слева от точки нулевых работ,

$|h_{п.пр.}|$  - справа от точки нулевых работ. Расстояние выписывают на профиле,

$d$  – расстояние между точками профиля, где находятся точка нулевых работ.

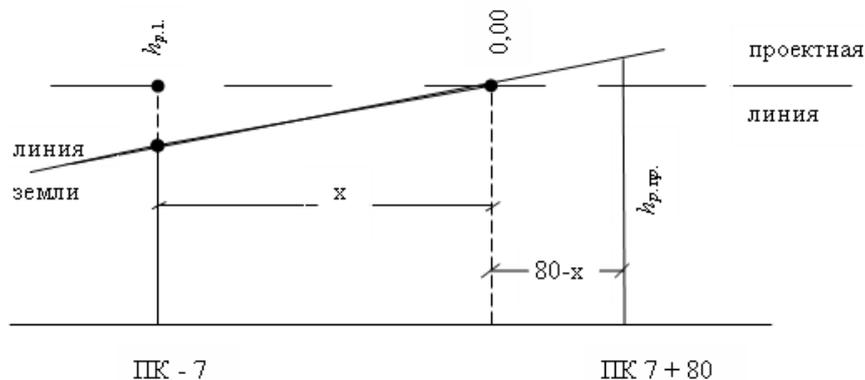


Рисунок 24 – Схема определения расстояния до точки нулевых работ

Величина  $x$  также округляется до 0,01 м. Её записывают слева от пунктирной линии, опущенной из точки нулевых работ до линии условного горизон-

та (см. чертеж). Построение поперечников выполняется в одном масштабе 1:200 или 1:500 как по горизонтали, так и по вертикали.

Поперечники вычерчиваются над профилем.

#### **4.4.5 Построение плана трассы**

План трассы составляют в горизонтальном масштабе профиля по азимутам и длинам сторон.

Трасса по оси разбивается на пикеты до первого угла поворота. Затем от вершины угла поворота откладывают транспортом угол отклонения  $\alpha$  от первоначального направления. От вершины угла в ту и другую стороны откладывают значения тангенса в заданном масштабе и получают точки начало (НК) и конца (КК) кривой. От конца кривой разбивают трассу до конца трассы или до другой вершины поворота. С пикетажной книжки на расстоянии 50 м от оси переносится вся ситуация. Элементы кривой выписываются у угла поворота. На план наносятся пикеты и километровые знаки. На прямых вставках подписывают их длину и румб. Ось трассы наносится красной тушью.

Пример оформления трассы - смотрите расчетно-графическую работу №2.

#### **4.4.6 Оформление профиля**

Профиль, план и поперечник вычерчивается тушью. Все проектные данные - проектная линия, проектные уклоны, проектные расстояния, проектные отметки, рабочие отметки, а также ось трассы показывают красной тушью. Точки нулевых работ и расстояния до них, отметки этих точек вычерчиваются синей тушью.

Данные съемки полосы местности вдоль трассы изображаются соответствующими условными знаками и вычерчиваются согласно требованиям книги «Условные знаки» соответствующего масштаба. Сбоку профиля и поперечника обязательно подписывается горизонтальный и вертикальный масштабы профиля.

К сдаче работ по нивелированию трассы представляют следующие материалы:

- 1) журнал измерения углов и линий;
- 2) пикетажный журнал;
- 3) журнал нивелирования;
- 4) план трассы, вычерченный тушью;
- 5) продольный профиль и поперечные профили, вычерченные тушью.

## 5 Нивелирование строительной площадки

Поверхность земли нивелируют при топографической съемке плоскоравнинных участков местности с незначительными уклонами (0,0002-0,008) в крупных масштабах 1:500 – 1:2000 с малой высотой сечения (0,25 – 0,5 м) рельефа с целью составления проектов вертикальной планировки и подсчетов объемов земляных масс. Такую съемку можно осуществить способом квадратов, параллельных магистральных ходов. Во всех способах высоты точек определяют геометрическим нивелированием. Строительная площадка, как правило, нивелируется по квадратам со сторонами 10, 20, 40 метров. Съемка и нивелирование может осуществляться в условных системах координат и высот точек или в системе координат и высот, используемых бригадой при выполнении тахеометрической съемки. В этом случае одну или две вершины квадратов привязывают к съемочному геодезическому обоснованию.

Последовательность выполнения задания:

- 1) рекогносцировка участка местности;
- 2) разбивка сетки квадратов и составление абриса;
- 3) нивелирование площадки;
- 4) вычисление высот вершин квадратов;
- 5) составление плана участка местности.

При нивелировании строительной площадки используют следующие приборы и принадлежности:

- теодолит со штативом;
- нивелир со штативом;
- мерная 20-тиметровая лента;
- рулетка;
- деревянные колья и топор;
- журнал (тетрадь) для составления абриса;
- нивелирный журнал.

### 5.1 Построение сетки квадратов

Для выполнения задания необходимо выбрать участок местности с некрупными формами рельефа, оценить возможность разбивки сетки квадратов и производства геометрического нивелирования. Объем работ (количество квадратов) назначается преподавателем в соответствии с рабочей программой практики. Последовательность разбивки квадратов рассмотрим на примере составления сетки квадратов на участке 160x40 м со сторонами 20x20 м.

Так как на геодезической практике производят нивелирование по квадратам небольших участков земной поверхности, то опорную сеть квадратов не создают, а сразу разбивают заполняющую сеть квадратов заданных размеров.

Разбивку квадратов производят следующим образом:

1) выбирают базис, от которого будут разбивать всю заполняющую сеть квадратов; устанавливают теодолит на начальной точке базиса  $P_{n-1}$  (см. рисунок 20), приводят его в рабочее положение, совмещают нули лимба и алиады горизонтального круга. Наводят трубу теодолита (нулевой отсчет) на вешку, установленную приблизительно на расстоянии 160 м;

2) выбранное направление разбивают мерной лентой через 20 м, закрепляя концы отрезков деревянными кольшками с соответствующими надписями 1а; 1б; 1в...1и ( $P_{n-5}$ );

3) разворачивают трубу теодолита на  $90^\circ$  (на лимбе горизонтального круга должен появиться соответствующий отсчет) и в этом направлении разбивают линию также через 20 м и забивают кольшки 2а, 3а... ( $P_{n-2}$ ).

4) устанавливают теодолит на точке  $P_{n-2}$ , наводят нули лимба на  $P_{n-1}$ , разворачивают трубу теодолита под углом  $90^\circ$  и в этом направлении также разбивают линию через 20 м, закрепляя концы отрезков кольшками и обозначая их 3б, 3в...3и ( $P_{n-4}$ );

5) расстояние  $P_{n-4} - P_{n-5}$  является контрольной стороной при разбивке квадратов. Устанавливают теодолит на  $P_{n-4}$ , нули наводят на  $P_{n-2}$  и разворачивают трубу теодолита под  $90^\circ$ . В перекрестии сетки нитей виден  $P_{n-5}$ . Направление  $P_{n-4} - P_{n-5}$  разбивают через 20 м, получается линейная невязка 6 см. Общая относительная ошибка разбивки площадки по квадратам составила  $\frac{1}{6000} < \frac{1}{2000}$ ;

6) разбивку квадратов внутри внешнего полигона производят с вехи на веху по створу через 20 м;

7) при разбивке квадратов производят съемку ситуации способами теодолитной съемки. Все измерения наносят на схему нивелирования (см. рисунок 25).

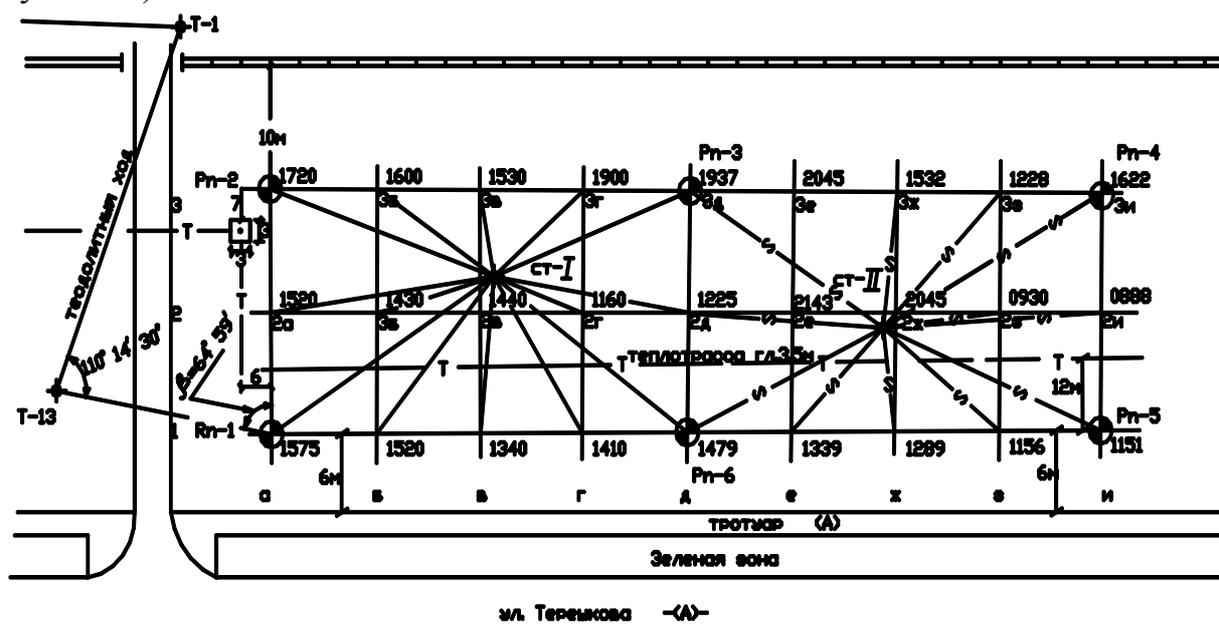


Рисунок 25 – Абрис и схема нивелирования

## 5.2 Нивелирование площадки

Нивелирование точек вершин квадратов выполняют в следующей последовательности:

1) на площадке от точек теодолитного хода прокладывают замкнутый нивелирный ход по точкам Т-1- Р<sub>п-2</sub> – Р<sub>п-3</sub> – Р<sub>п-4</sub> – Р<sub>п-5</sub> – Р<sub>п-6</sub> – Р<sub>п-1</sub> – m-13 – Т-1. Измеренную невязку в превышениях рассчитывают по формуле

$$f_{h_{пол.}} = \sum h_{сп.} - (H_{кон.т.} - H_{нач.т.});$$

Допустимую невязку в превышениях рассчитывают по формуле технического нивелирования

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

где  $L$  – длина хода, км.

Все данные по нивелированию записывают в нивелирный журнал, обработка которого производится так же, как и при нивелировании трассы;

2) выбирают станции, с которых будут нивелироваться все вершины квадратов. Для контроля и точности нивелирования необходимо выбрать так станции, чтобы образовались связующие точки (например, точки 3д, 2д, 1д). Суммы накрест лежащих отсчетов, полученных с двух станций на одни и те же точки должны быть равны, и если будут отличаться, то не более чем на 4 мм. Все отсчеты на вершины квадратов выписываются на схему нивелирования или в нивелировочный журнал;

3) отметки вершин квадратов рассчитывают через отметку горизонта инструмента ( $H_{г.и.}$ ):

$$H_{в.кв.} = H_{г.и.} - V.$$

Отметка горизонта инструмента станции должна быть вычислена не менее чем через две точки с известными отметками. Например:

$$H_{г.и. cm-1} = H_{Rn-1} + V_{Rn-1};$$

$$H_{г.и. cm-1} = H_{Rn-2} + V_{Rn-2};$$

$$H_{г.и. cm-1} = H_{Rn-3} + V_{Rn-3};$$

где  $V$  – отсчет по рейке, установленной на вершине квадрата или на реперах.

Из трех рассчитанных отметок горизонта инструмента, которые между собой не должны различаться более 5 мм, выводят среднее значение  $H_{г.и.ст.}$ .

### **5.3 Построение плана в горизонталях**

На листе чертежной бумаги вычерчивается сетка квадратов в заданном масштабе и в вершинах квадратов выписываются отметки, округленные до 0,01 м. Горизонтالي проводят интерполированием между точками, находящимися на однородном скате. Внутри квадратов интерполирование ведется по той диагонали квадрата, разность отметок у которой наибольшая. На план наносится ситуация, полученная в процессе разбивки квадратов. Сетка квадратов вычерчивается тонкими линиями черной тушью, горизонтالي вычерчиваются коричневым цветом тонкими линиями. При высоте сечения, равном 0,5 м утолщается вдвое каждая четвертая горизонталь, кратная 2 м, а при высоте сечения 1 м – каждая пятая. В наиболее характерных местах ставят бергштрихи.

## 6 Инженерные задачи

На строительной площадке при возведении зданий и сооружений, при монтаже строительных конструкций, при подготовке проекта к выносу на местность возникает необходимость выполнения тех или иных задач, опирающихся на использование знаний по геодезии.

На геодезической практике необходимо отработать навыки по выносу на местность разбивочных элементов: проектного угла, проектной отметки, линии с заданным уклоном; научиться подготавливать разбивочные данные для выноса на местность осей здания полярным способом, способом прямоугольных координат с использованием строительной сетки и составлением разбивочных чертежей. При разбивке линейного сооружения научиться производить разбивку кривой в главных ее точках и производить детальную разбивку кривой с составлением разбивочного чертежа; уметь определять неприступное расстояние; определять высоту сооружения; проектировать наклонную и горизонтальные площадки; составлять и вычерчивать «картограмму земляных масс» и подсчитывать объемы; определять вертикальность и крен сооружения, уметь передавать оси сооружения на монтажный горизонт и проектные отметки, как на монтажный горизонт, так и на дно котлована.

### 6.1 Вынос проектного угла точным способом

Разбивочные работы по существу сводятся к фиксации на местности точек, определяющих проектную геометрию сооружения. Плановое положение этих точек может быть определено с помощью построения на местности проектного угла от исходной стороны и отложения проектного расстояния от исходного пункта.

При выносе проектного угла вершина угла и исходное направление задаются, и на местности необходимо найти второе направление угла, которое образовало бы с исходным проектным углом  $\beta$  (рисунок 26).

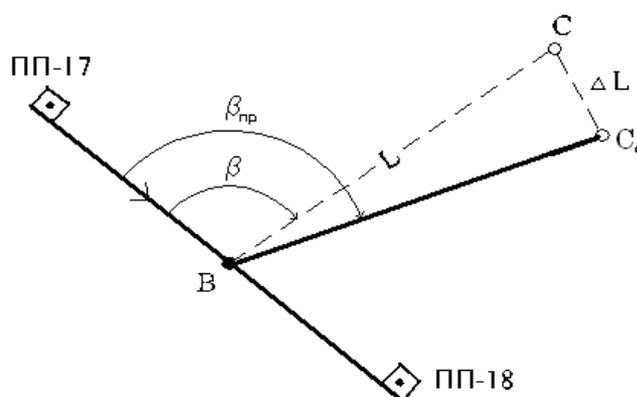


Рисунок 26 – Схема выноса горизонтального угла точным способом  
Вынос осуществляют следующим образом:

- устанавливают теодолит в рабочее положение в точке В, совмещают нулевой отсчет алидады с нулевым отсчетом лимба;

- при закрепленной алидаде ориентируют теодолит по линии В-пп-17. Закрепляют лимб;

- поворотом алидады вправо устанавливают на лимбе отсчет, равный проектному углу  $\beta_{пр}$ . В створе визирной оси устанавливают вежу и в заданном направлении откладывают фиксированное расстояние  $l$ ;

- измерив 3-4 раза теодолитом 2Т30 построенный угол  $\beta$ , вычисляют среднее значение  $\beta_{ср}$  и вычисляют поправку, которую необходимо ввести для уточнения построенного угла:

$$\Delta\beta'' = \beta_{ср} - \beta_{пр}; \quad (66)$$

- зная фиксированное расстояние  $l$ , вычисляют линейную поправку  $\Delta l$  из прямоугольного треугольника:

$$\Delta l = l \cdot \frac{\Delta\beta''}{\rho''}; \quad (67)$$

- от точки С перпендикулярно к линии ВС откладывают величину вычисленной поправки  $\Delta l$  и фиксируют точку  $C_0$ . Угол пп-17 $BC_0$  будет равен проектному, вынесенному с заданной точностью.

Для контроля полученный угол вновь измеряют полным приемом. Необходимая точность отложения линейной поправки (редукции)  $\Delta l$  может быть подсчитана по формуле

$$m_{\Delta l} = l \cdot \frac{m_{\Delta\beta}}{\rho''}, \quad (68)$$

где  $m_{\Delta\beta} = 30''$ .

## 6.2 Перенесение на местность проектной линии

Для перенесения на местность проектной линии  $d$ , необходимо знать исходную точку, от которой будут откладывать в заданном направлении проектное расстояние  $d$ . При выносе заданной линии на местность в проекте задается горизонтальное проложение. Поправки в линию за компарирование, температуру и наклон линии к горизонту необходимо вводить непосредственно в процессе её построения, т.е. на местности надо откладывать

$$D = d + \Delta; \quad (69)$$

$$\text{где} \quad \Delta = \Delta l_v + \Delta l_k + \Delta l_t, \quad (70)$$

$$\Delta l_t = \alpha \cdot d(t_0 - t),$$

$$\Delta l_k = \frac{d}{l_n} (l_n - l),$$

$$\Delta l_v = 2d \sin^2 \frac{\nu}{2},$$

где  $\nu$  – угол наклона линии,

$l_n$  – номинальная длина ленты, например 20 м,

$l$  – фактическая (рабочая) длина ленты,

$\alpha = 0,0000125$  – температурный коэффициент стали,

$t$  – температура при измерении линии,

$t_0$  – температура при компарировании ленты.

Поправки вычисляются до третьего знака после запятой, а вычисленное значение  $D$  округляют до сотых долей метра.

Все расчеты производятся в рабочей тетради.

### 6.3 Перенесение на местность проектной отметки и линии заданного уклона

Перенесение на местность проектной отметки или линии с заданным проектным уклоном производится при выносе проектов вертикальной планировки, при установке на заданную отметку отдельных деталей конструкций зданий и сооружений, при строительстве линейных сооружений.

Вынос проектной отметки осуществляют при помощи нивелира от исходной точки (репера), отметка которой известна, способом геометрического нивелирования.

Пусть требуется перенести на местность проектную отметку  $H_M$ . В точке  $M$  забивают колышек. Нивелир устанавливают между репером  $A$  и выносимой точкой. Нивелир приводят в рабочее положение и берут отсчет «а» по рейке, установленной на репере. Рассчитывают отметку горизонта инструмента:

$$H_{г.и.} = H_{Rn} + a_{Rn}$$

Предрассчитывают отсчет по рейке, установленной на колышке в точке  $M$ , который должен быть, когда на верху колышка будет заданная проектная отметка:

$$b_{предрассч.} = H_{г.и.} - H_{пр.} \quad (71)$$

Повернув трубу нивелира на рейку, установленную на точке  $M$ , берут

отсчет «в». Если этот отсчет не равен предрассчетному, то колышек забивают или поднимают до тех пор, пока на рейке не будет предрасчитанного отсчета.

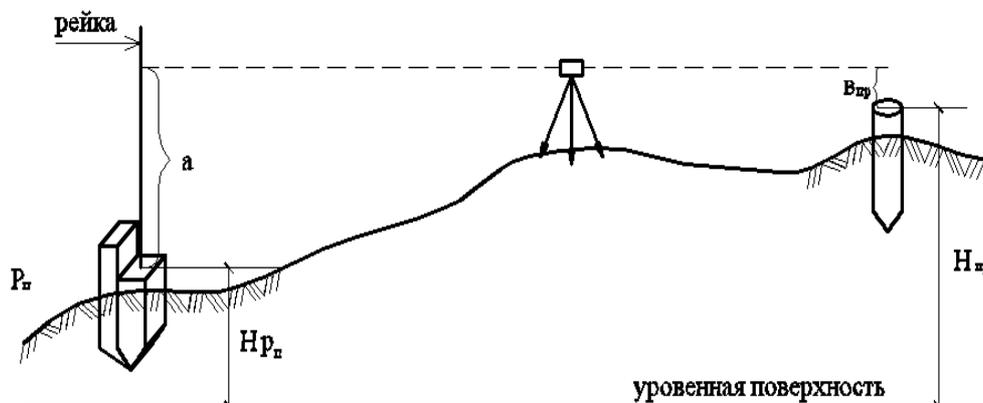


Рисунок 27 – Схема выноса проектной отметки

При перенесении на местность линии заданного уклона используют нивелир, теодолит или визирки.

Пусть требуется от точки А на местности с отметкой  $H_A$  разбить линию АМ с проектным уклоном  $i_{пр}$ . Проектную отметку конца линии рассчитаем по формуле

$$H_M = H_A + i_{пр} \cdot S_{AM}.$$

Вынос осуществляется в следующей последовательности:

- в точке М забивают колышек, и верх колышка устанавливают на проектную отметку точно так же, как при выносе проектной отметки. Вынос осуществляют от точки А, если эта точка была с известной отметкой или от ближайшего к точке М репера, расположенного на площадке;

- разбивают линию АМ на равные отрезки по 5-15 м и в концах отрезков забивают колышки. Если уклон небольшой, то вынос проектной линии осуществляют нивелиром, если большой, то теодолитом;

- нивелир ставят в точке А так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии АМ, а линия соединяющая два других винта, была перпендикулярна к линии АМ (см. рисунок 28). Измеряют высоту прибора  $V$ ;

- при помощи подъемного винта, расположенного по направлению линии АМ, устанавливают трубу нивелира на отсчет по рейке в точке М, равный высоте прибора  $V$ ;

- после этого на всех промежуточных колышках добиваются, чтобы отсчет по рейке был равен высоте инструмента. Все отсчеты записываются в таблицу в рабочей тетради. **Вынос осуществляет каждый член бригады.**

Таблица 11

Ф.И.О. студента	$H_A,$ м	$i_{пр.}$	$d,$ м	$i \cdot d,$ м	$H_M,$ м	Получаемые взгляды на точку		
						К	Д	Е
Сидоров АН.								

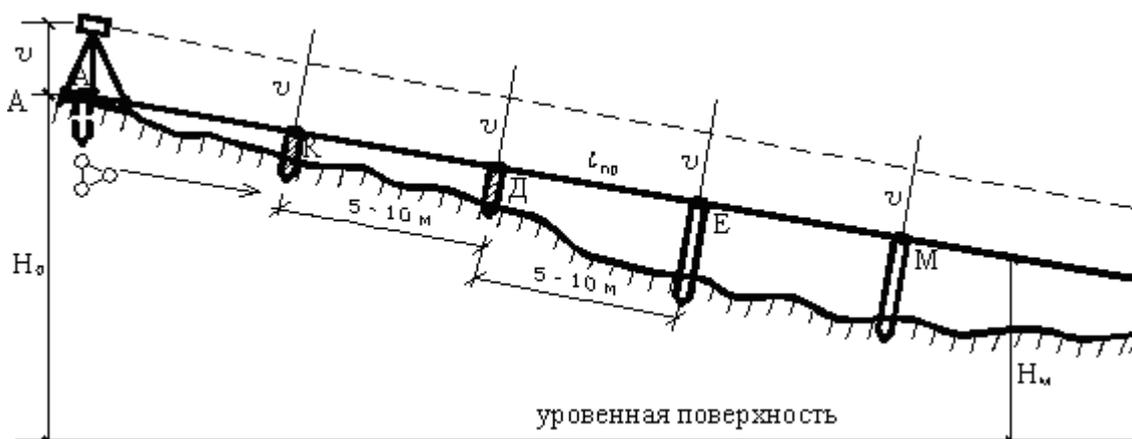


Рисунок 28 – Схема выноса линии с заданным проектным уклоном

#### 6.4 Подготовка разбивочных данных для переноса зданий и сооружений на местность

Весь комплекс геодезической подготовки проекта состоит из аналитического расчета элементов проекта. По значениям проектных размеров и углов находят в принятой системе проектные координаты основных точек сооружений, элементов планирования и благоустройства (осей проездов, коммуникаций, дорог и т.д.), одновременно контролируют правильность нанесения размеров на чертежах. Различают три способа геодезической подготовки проекта: аналитический, графо-аналитический и графический. Для выноса проекта на местность на строительной площадке с определенной точностью создают геодезическую разбивочную сеть, пункты которой закрепляют постоянными знаками, сохраняемыми до конца строительства и позволяющими удобно производить разбивочные работы. Разбивка осей может выполняться от существующих капитальных строений, от строительной сетки и с точек теодолитного хода. На первом этапе переноса проекта на местность от пунктов геодезической разбивочной сети определяют и закрепляют на площадке положение главных и основных осей сооружения. Перенос проекта осуществляется по разбивочному чертежу, который составляется по данным генерального плана и рабочих чертежей на основе графо-аналитического расчета.

В зависимости от требуемой точности выноса проекта на местность, вида сооружения, применяемых инструментов и условий измерений, вынос основных осей сооружения может быть выполнен способами прямоугольных и полярных координат, угловыми и линейными засечками.

### 6.4.1 Способ прямоугольных координат с использованием строительной сетки

Этот способ применяется, если на строительном участке закреплены пункты строительной сетки, оси здания параллельны линиям строительной сетки и близко к ним расположены. Исходными данными для разбивки являются координаты углов здания (см. таблицу 12 и рисунок 29).

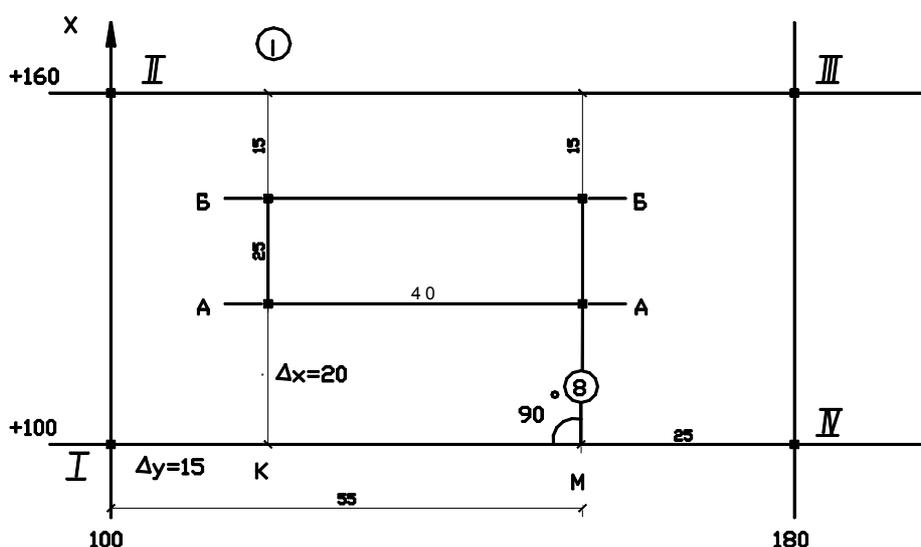


Рисунок 29 – Схема выноса углов здания способом прямоугольных координат

Таблица 12

Точки	Координаты	
	x	y
1А	120	115
1Б	145	115
8Б	145	155
8А	120	155

Для разбивки на местности определяем:

$$\Delta y_K = y_{1A} - 100 = 15 \text{ м};$$

$$\Delta x_{KA} = x_{1A} - 100 = 20 \text{ м};$$

$$\Delta y_M = 155 - 100 = 55 \text{ м};$$

$$\Delta x_{M8A} = 120 - 100 = 20 \text{ м}.$$

На местности находим пункты строительной сетки I и IV и от пункта I в створе пункта IV откладываем мерной лентой расстояние, равное 15 м,

получаем точку К. В точке К устанавливаем теодолит, нули наводим на т. IV и на лимбе откладываем  $90^\circ$ . В этом направлении откладываем  $\Delta x = 20$  м и получаем точку 1А. От точки IV в створе I откладываем 25 м и из точки М восстанавливаем перпендикуляр, т.е. откладываем угол, равный  $90^\circ$  и вновь в заданном направлении откладываем  $\Delta x = 20$  м, получаем точку 8А.

От линии строительной сетки II – III аналогично действуя, получаем точки 1Б и 8Б. Для контроля измеряем длины сторон здания и диагонали 1А – 8Б и 8А – 1Б. Относительная ошибка измерения линий не должна превышать  $\frac{1}{2000}$ .

#### 6.4.2 Подготовка разбивочных данных и вынос здания способом полярных координат

Это способ применяют на открытой и удобной для измерения линий местности. При этом способе разбивочными элементами являются полярный угол  $\beta$  и расстояние  $d$  от геодезического пункта до выносимой точки. При расчете элементов необходимо иметь геодезические пункты, их координаты, размер здания и его местоположение (см. рисунок 30).

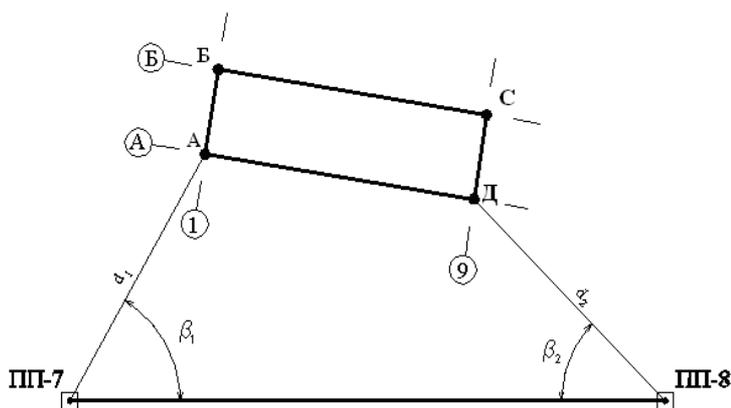


Рисунок 30 – Схема выноса углов здания способом полярных координат

Задача решается таким образом:

- определяем координаты точки А графически с генплана или рабочих чертежей и снимаем графически дирекционный угол линии АБ ( $\alpha_{AB}$ );
- решая прямую геодезическую задачу, рассчитываем координаты всех углов здания. Расчет ведем в «ведомости координат углов здания»;
- зная координаты углов здания и координаты геодезических пунктов, из решения обратной геодезической задачи рассчитываем разбивочные элементы по формулам

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (72)$$

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}, \quad (73)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (74)$$

Вычисление разбивочных элементов полярным способом приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Вычисление дирекционных углов и линий

Параметры	ПП7-А	ПП8-Д	Исходные данные
$x_{\text{ПП7}}(x_1)$ $x_A(x_2)$ $\Delta x = x_2 - x_1$	+750,35 +810,40 +60,05	+787,04 +837,43 +50,39	$x_{\text{ПП7}}=+750,35$ $y_{\text{ПП7}}=+464,28$ $x_{\text{ПП8}}=+787,04$
$y_{\text{ПП7}}(y_1)$ $y_A(y_2)$ $\Delta y = y_2 - y_1$	+464,28 +494,20 +29,92	+606,15 +569,49 -36,66	$y_{\text{ПП8}}=+606,15$ $\alpha_{\text{ПП7-ПП8}}=75^\circ 30'$ $\alpha_{\text{ПП8-ПП7}}=255^\circ 30'$
$\operatorname{tg} r$ румб $\alpha$	+0,49825 СВ: $26^\circ 29,1'$ $26^\circ 29,1'$	-0,72753 СЗ: $36^\circ 02,2$ $323^\circ 57,8'$	Координаты точек А и Д взяты из ведомости: $x_A=+810,40$ $y_A=+494,20$ $x_D=+837,43$ $y_D=+569,49$
$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ $d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}$	67,09 67,09	62,31 62,31	
$\beta_1 = \alpha_{\text{ПП7-ПП8}} - \alpha_{\text{ПП7-А}} = 75^\circ 30' - 26^\circ 29,1' = 49^\circ 00,9'$ $\beta_2 = \alpha_{\text{ПП8-Д}} - \alpha_{\text{ПП8-ПП7}} = 323^\circ 57,8' - 255^\circ 30' = 68^\circ 27,8'$			

После расчета разбивочных элементов составляется разбивочный чертеж, на котором указываются все разбивочные элементы (см. рисунок 30). По данным разбивочного чертежа на местности в точках ПП7 и ПП8 строят углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , и в полученных направлениях откладывают горизонтальные расстояния  $d_1$  и  $d_2$ , получают точки А и Д, которые закрепляют кольями. Для контроля измеряют расстояние АД.

Затем устанавливают теодолит в точках А и Д, если вблизи точек Б и С нет опорных геодезических пунктов, и строят прямые углы в этих точках от вынесенной линии АД. В заданных направлениях откладывают проектные расстояния АВ и ДС, получают точки Б и С. Их закрепляют кольями. Производят линейные контрольные измерения линий ВС, БД, АС. Относительная ошибка разности между измеренной и проектной линией должна быть не более  $\frac{1}{2000}$ .

### 6.4.3 Определение недоступного расстояния

При геодезических измерениях бывают случаи, когда измерить непосредственно линию на местности невозможно, например, через реку, глубокий овраг, топкий солончак и т.д., тогда применяют косвенное измерение линий, например, используя теорему синусов (см. рисунок 11, пункт 3.1.2).

Если при измерении расстояний между двумя точками нет прямой видимости, то для определения расстояния можно использовать теорему косинусов. Для этого разбиваются два базиса  $a$  и  $b$  от точки  $M$ , с таким расчетом, чтобы с точки  $M$  были видны точки  $A$  и  $C$ . Для контроля выбирают вторую точку  $M'$ . Измеряют мерной лентой расстояния  $a$ ,  $a'$ ,  $b$ ,  $b'$  и горизонтальные углы  $\beta$  и  $\beta'$ .

Расстояние определяем по формуле косинусов:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \beta}. \quad (75)$$

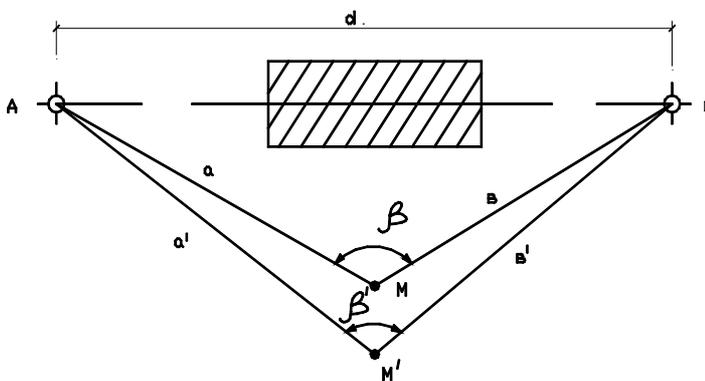


Рисунок 31 – Схема определения расстояния, когда между точками нет прямой видимости

Расхождение между  $d$  и  $d'$  должно быть не более  $1/1500$ . Из двух полученных расстояний выводят  $d_{ср}$ .

### 6.4.4 Определение высоты сооружения

Определение высоты сооружения может решаться несколькими способами

1. Расстояние  $S$  от точки стояния теодолита до основания сооружения измерено непосредственно лентой.

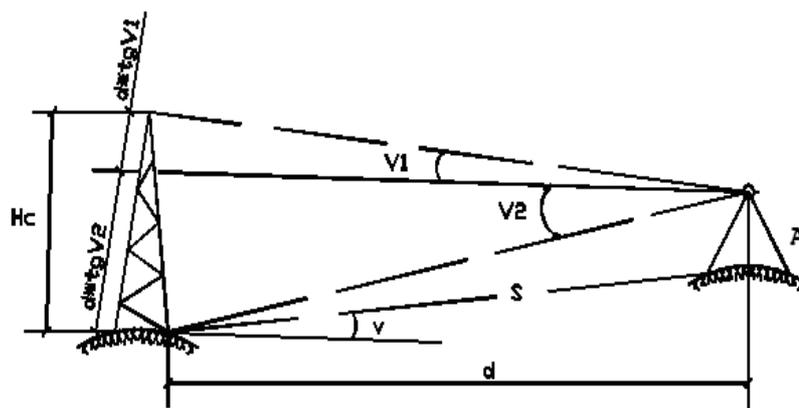


Рисунок 32 – Схема определения высоты сооружения при непосредственном измерении расстояния

- а) ставим теодолит над т.А, удаленной на расстояние не ближе 1,5-2Н от определяемого сооружения, где Н – высота сооружения. Приводим теодолит в рабочее положение и определяем значение МО (место нуля).

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

- б) измеряем расстояние S от точки стояния инструмента до основания сооружения;
- в) наводим трубу теодолита на низ сооружения, берем отсчет по вертикальному кругу и вычисляем угол наклона  $v$  по одной из формул

$$v = KL - MO;$$

$$v = MO - KP;$$

Если угол наклона более  $2^\circ$ , то в измеренную линию вводим поправку за наклон линии горизонта по формуле

$$\Delta d = 2S \sin^2 \frac{v}{2},$$

или горизонтальное проложение вычисляем по формуле

$$d = S \cos v;$$

- г) Наводим визирную ось трубы на низ и верх сооружения, берем соответственно отсчеты по вертикальному кругу и вычисляем углы наклона  $v_1$  и  $v_2$ ;

д) Вычисляем высоту сооружения по формуле

$$H_c = d \cdot \operatorname{tg} \nu_1 + d \cdot \operatorname{tg} \nu_2 = d(\operatorname{tg} \nu_1 \pm \operatorname{tg} \nu_2). \quad (76)$$

В зависимости от того, где устанавливается теодолит, высота сооружения будет определяться складыванием отрезков, определяемых по формуле (76) или вычитанием.

2. Расстояние от точки стояния теодолита до основания сооружения непосредственно мерной лентой измерить невозможно.

В этом случае разбивают на местности базис и измеряют его в прямом и обратном направлении с относительной ошибкой не более  $\frac{1}{2000}$ .

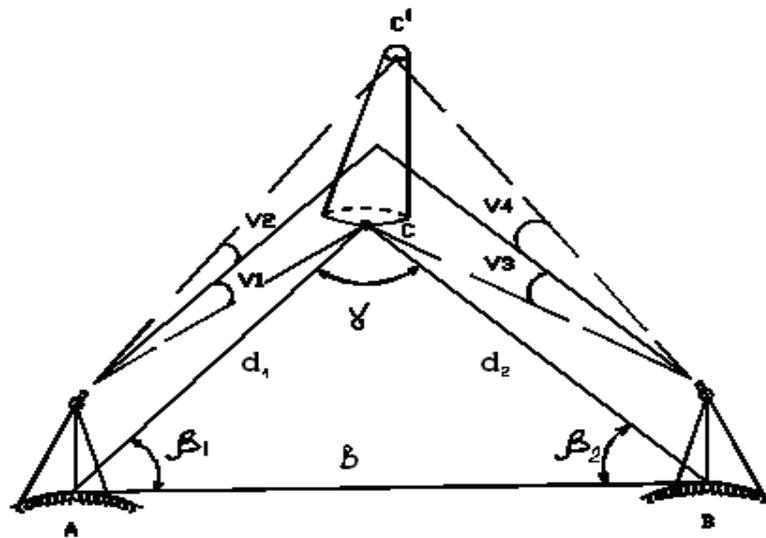


Рисунок 33 – Схема определения высоты сооружения, когда непосредственно измерить расстояние невозможно

На концах базиса устанавливают теодолит и измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  между базисом и направлением на точку C (основание сооружения). Из  $\triangle ACB$  по теореме синусов определяют значение  $d_1$  и  $d_2$  по формулам

$$d_1 = \frac{b \cdot \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)};$$

$$d_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}.$$

Затем, как и в предыдущей задаче, работу выполняют в той же последовательности: определяют МО, берут отсчет по вертикальному кругу на низ и верх сооружения и вычисляют углы  $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4$ .

Вычисляем высоту сооружения по формулам

$$H_C = d_1(\operatorname{tg} \nu_1 \pm \operatorname{tg} \nu_2);$$

$$H_C = d_2(\operatorname{tg} \nu_3 + \operatorname{tg} \nu_4).$$

#### 6.4.5 Определение крена сооружения

Основной причиной крена является неравномерная осадка фундамента сооружения. Геометрический смысл крена наглядно виден из рисунка 34. Крен сооружения характеризуется линейной величиной  $l$  – длиной ортогональной проекции прямой АВ, и угловой величиной  $\alpha$  в выбранной системе координат.

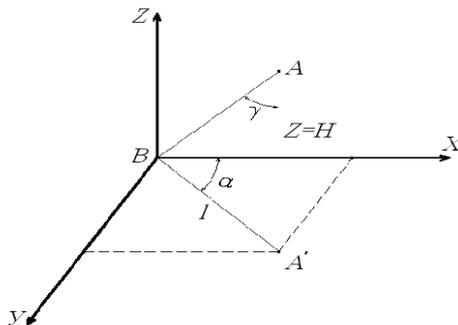


Рисунок 34 - Схема определения крена

Угол наклона сооружения  $\gamma$  относительно отвесной линии вычисляется по формуле

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{l}{H}. \quad (77)$$

Разнообразные способы определения крена разделяются на две группы: способы непосредственного измерения величин  $l$  и  $H$  (геометрические) и способы измерения угла крена сооружения (физические). Предельные ошибки измерения крена в зависимости от высоты  $H$  наблюдаемого сооружения не должны превышать величин:

- гражданских и промышленных зданий –  $0,0001H$ , мм;
- дымовых труб, доменных печей, башен –  $0,0005H$ , мм;
- фундаментов под машины и агрегаты –  $0,00001H$ , мм.

Крены сооружений можно измерять несколькими способами в зависимости от того, какими обладаешь приборами:

- способом вертикального проецирования с помощью отвеса;
- способом вертикального проецирования с помощью теодолита;
- способом горизонтальных углов, измеренных с помощью теодолита;
- способом угловой засечки.

#### 6.4.6 Способ вертикального проецирования при помощи отвеса

Способ вертикального проецирования с помощью отвеса применяют, когда здание невысокое (до 15 м), требуемая точность определения крена сооружения так же невысокая. Тяжелый отвес в верхней точке сооружения крепится свободно.

Отклонение отвеса от основания сооружения измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимоперпендикулярных плоскостях и получают значения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Вычисляют линейную величину  $l$  по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле:

$$i = \frac{l}{H}, \quad (78)$$

где  $H$  – высота здания, в метрах.

Угловую величину крена (угол  $\alpha$ ) вычисляют по формуле:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (79)$$

Если высота здания больше 15 м и крен необходимо определить более точно, то используют теодолит, который устанавливают над постоянным знаком, расположенном на продолжении стены приблизительно на расстоянии двойной высоты сооружения. Теодолит ставят над этим знаком (Т1), приводят в рабочее положение. Выбирают хорошо различаемую точку В верхнего угла здания и наводят на нее перекрестие сетки трубы теодолита, а затем опускают трубу вниз до основания здания. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, т.е. измеряют отклонение точки В от вертикали в точке В' на величину  $\Delta y$ . Аналогично измеряют отклонение  $\Delta x$  в другой вертикальной плоскости, устанавливая теодолит на продолжении взаимоперпендикулярной стены здания так же на расстоянии двойной его высоты. Аналогично, как и в первом случае, по вышеперечисленным формулам, определяют общую линейную величину крена  $l$ , относительную величину крена  $i$  и угловую величину крена  $\alpha$ , которая определяет его направление.

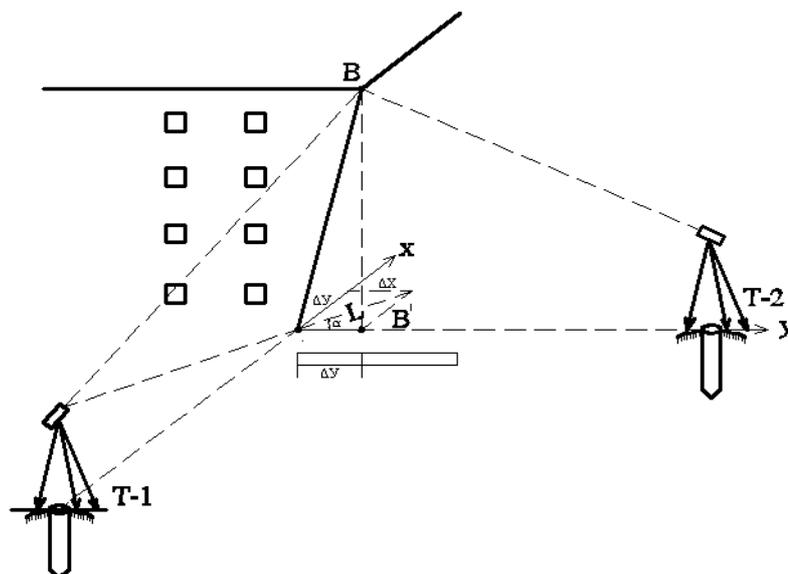


Рисунок 35 – Схема определения крена при помощи теодолита

На практике измерение кренов способом горизонтальных углов и способом координат не рассматриваем, так как эти способы предполагают длительное наблюдение за сооружениями.

#### 6.4.7 Детальная разбивка кривых

При изысканиях закрепляют только главные точки кривых. При выносе проекта дороги в натуру кривую «рисуют» на местности, закрепляя на ней точки через равные промежутки. Расстояния между смежными точками на кривой называют шагом разбивки и принимают в зависимости от радиуса кривой от 1 до 20 м – чем больше радиус, тем больше шаг разбивки.

Детальную разбивку кривых осуществляют способом прямоугольных координат, способом продолжения хорд, способом углов.

При способе прямоугольных координат по величине  $K$  определяют плоские координаты  $x$  и  $y$  точек  $1, 2, \dots, n$ , причем начало координат прямоугольной системы совмещается с началом или концом кривой, а за координатные оси принимаются линии касательных и перпендикуляры к ним.

Прямоугольные координаты промежуточных точек кривой можно вычислить по формулам

$$\begin{aligned} x_1 &= R \cdot \sin \gamma; & y_1 &= 2R \cdot \sin^2 \frac{\gamma}{2}; \\ x_2 &= R \cdot \sin 2\gamma; & y_2 &= 2R \cdot \sin^2 \gamma, \end{aligned}$$

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

Разбивку кривой способом прямоугольных координат - смотрите рисунок 36.

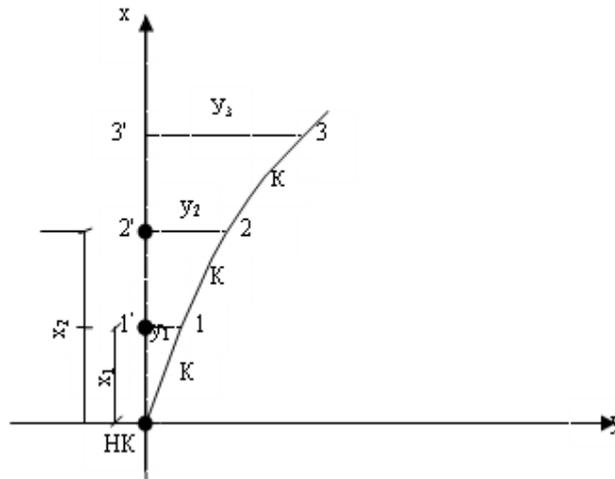


Рисунок 36 – Схема детальной разбивки кривой способом прямоугольных координат

Детальную разбивку кривой способом продолжения хорд выполняют на застроенной территории. Вначале на местности методом прямоугольных координат на кривой получают первую точку 1 (рисунок 37).

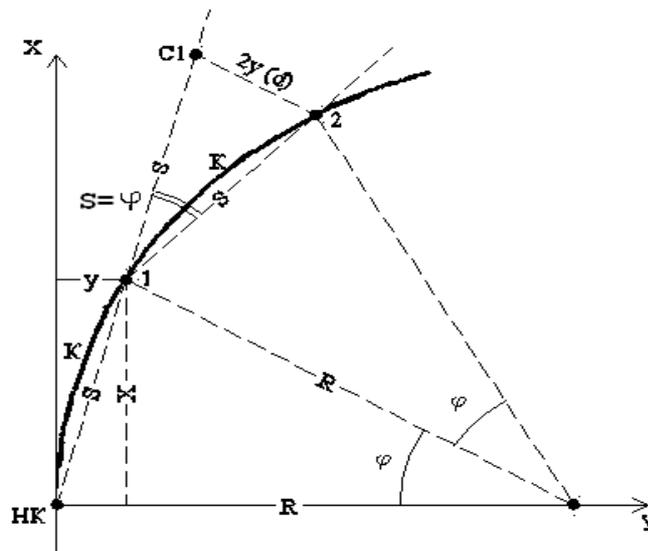


Рисунок 37 - Схема детальной разбивки кривой способом продолжения хорд

Затем в створе НК – точка 1 откладывают отрезок  $S$ , равный хорде и отмечают точку  $C_1$ . Положение точки 2 на кривой получают линейной засечкой: из точки  $C_1$  рулеткой откладывают расстояние равное  $2y$  или вычисленное по формуле

$$d = \frac{S^2}{R}. \quad (80)$$

Из точки 1 лентой откладывают хорду S. В пересечении d и S получают точку 2. Аналогично получают следующие точки. Способ продолжения хорд уступает по точности способу прямоугольных координат, поскольку ошибки положения предыдущих точек влияют на точность положения последующих точек. Для уменьшения накопления ошибок разбивку кривой следует производить от начала кривой и конца кривой до середины.

#### 6.4.8 Проектирование наклонной площадки

Проектирование наклонной площадки, как и горизонтальной, проводится на топографическом плане, составленном по результатам нивелирования поверхности по квадратам, при условии нулевого баланса земляных работ и с заданным продольным уклоном  $i_x$  и поперечным  $i_y$ . Рассмотрим последовательность проектирования наклонной площадки размером участка 40x160 м со сторонами квадратов 20x20 м (см. рисунок 25).

1. Находят координаты центра тяжести:

$$X_{ц.м.} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}; \quad (81)$$

$$Y_{ц.м.} = \frac{\sum_1^n y_i}{n}, \quad (82)$$

где  $n$  – число вершин квадратов.

$$X_{ц.м.} = \frac{(0 + 20 + 40) \times 9}{27} = 20 м;$$

$$Y_{ц.м.} = \frac{(0 + 20 + 40 + 60 + 80 + 100 + 120 + 140 + 160) \times 3}{27} = 80 м$$

2. Так как поставлено условие соблюдения баланса земляных работ, то предвычисляют проектную отметку центра тяжести по формуле:

$$H_{0.ц.м.} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{n}, \quad (83)$$

где  $\sum H_1$  – сумма отметок вершин квадратов, принадлежащих только одному квадрату, т.е. сумма отметок вершин 1а + 3а + 3и + 1и;

$2\sum H_2$  – удвоенная сумма отметок, принадлежащих двум квадратам.

Аналогично – трем и четырем квадратам.

3. Рассчитывают проектные отметки всех вершин квадратов с учетом поперечных и продольных проектных уклонов по формуле:

$$H_{0_{в.кв.}} = H_{0_{ц.м.}} + i_x S \pm i_y S, \quad (84)$$

где  $i_x$  и  $i_y$  – проектные уклоны по осям площадки;  
 $S$  – расстояние от центра тяжести до вершины квадрата.

Выписывают полученные проектные отметки в соответствующих вершинах квадратов над отметками земли до 0,01 м.

К проекту вертикальной планировки прикладывается чертеж «План организации рельефа», поэтому по вычисленным красным отметкам проводят красные горизонтали, высота сечений которых может быть 0,1-0,5 м.

Для проведения красных горизонталей выбирают высоту сечения, причем, если план строится в  $M$  1:500, то высота сечения, как правило, равняется 0,1 м. Рассчитывают шаг красных горизонталей по формулам:

$$a_x = \frac{h_c}{i_x M}; \quad (85)$$

$$a_y = \frac{h_c}{i_y \times M},$$

где  $a_{x,y}$  – расстояние между соседними красными горизонталями;  
 $i_{x,y}$  – проектные уклоны по координатным линиям;  
 $M$  – знаменатель численного масштаба.

Первую красную горизонталь наносят графическим способом при помощи интерполирования, а затем на координатных линиях от концов первой горизонтали откладывают вычисленные отрезки  $a_x$  и  $a_y$ , концы которых соединяют прямыми линиями. На чертеже красные отметки и красные горизонтали вычерчиваем красным цветом. План организации рельефа оформляется в соответствии с ГОСТ 21.508-93, в масштабах 1:500; 1:1000 (см. приложение Д).

#### 6.4.9 Картограмма земляных масс

Чтобы рассчитать объем земляных работ необходимо составить чертеж картограммы земляных масс на основании плана организации рельефа. Этот чертеж составляется в том же масштабе, что и план организации рельефа. Расчет ведется в следующей последовательности

1. На всех вершинах квадратов определяют рабочие отметки по формуле

$$r = H_0 - H_3, \quad (86)$$

где  $H_0$  – проектная (красная) отметка вершины квадрата;  
 $H_3$  – отметка земли этой же вершины квадрата.

Рабочие отметки выписываем в соответствующих вершинах квадратов со своим знаком до 0,01 м.

$$\begin{array}{c|c} & H_0 \\ \hline \pm r & \\ \hline & H_3 \end{array}$$

2. На тех сторонах квадрата, где имеются рабочие отметки с разными знаками, находят расстояние до точек нулевых работ по формуле (65)

$$x = \frac{|r_{p.l.}|}{|r_{p.l.}| + |r_{p.np.}|} \times d,$$

где  $r_{p.l.}$  и  $r_{p.np.}$  – рабочие отметки вершин квадратов, находящиеся справа и слева от точки нулевых работ.

При использовании формулы берутся абсолютные величины рабочих отметок. Вычисленное расстояние откладывается от той вершины квадрата, рабочая отметка которой в формуле записана в числителе. Соединив точки нулевых работ прямыми, получают линию нулевых работ, которая отделяет насыпь от выемки.

Линия нулевых работ разделила квадраты на полные, т.е. в вершинах этих квадратов рабочие отметки имеют одинаковый знак и переходные – в вершинах данного квадрата имеются рабочие отметки, как со знаком «+», так и со знаком «-».

3. На картограмме оцифровывают фигуры, которые получились после проведения линии нулевых работ, объем каждой фигуры подсчитывают и записывают на картограмму и в «ведомость объемов земляных работ».

Объем земляных работ вычисляют методом четырехгранных или трехгранных призм соответственно по формулам

$$V_4 = \frac{\sum r}{4} S, \quad (87)$$

$$V_3 = \frac{\sum r}{3} S, \quad (88)$$

где  $\frac{\sum r}{4}$  и  $\frac{\sum r}{3}$  - средняя рабочая высота призм,  
 $S$  – площадь основания призмы.

Все вычисленные объемы земляных работ записываются в таблицу.

Таблица 14 – Ведомость вычисления объема земляных работ

№ фигур	$r_{cp}$ , м	$S$ , м <sup>2</sup>	V (объемы), м <sup>3</sup>	
			насыпь	выемка
1	2	3	4	5
1				
2				
Итого:		$\sum S =$	$\sum V_n =$	$\sum V_v =$

Величина расхождения насыпи и выемки в процентах подсчитывается по формуле

$$\Delta V\% = \frac{|\Delta V|}{|\sum V_n| + |\sum V_v|} \cdot 100; \quad (89)$$

где  $\Delta V$  – разница в объемах насыпи и выемки, м<sup>3</sup>.

Разница в объемах насыпи и выемки допускается до 3%. Для проведения земляных работ по вертикальной планировке площадки рабочие отметки выписываются со знаком «плюс» или «минус» на сторожках, забитых в землю в каждой вершине квадрата, также сторожками отмечают точки нулевых работ.

Оформление чертежа выполняется согласно ГОСТа 21.508 – 93. Пример выполнения картограммы земляных работ см. в Приложении Е.

#### 6.4.10 Определение вертикальности колонны методом наклонного проектирования

Установка колонны в вертикальное положение выполняется различными способами в зависимости от её высоты и требуемой точности: при помощи отвеса, проектированием наклонным лучом с помощью теодолита, боковым нивелированием.

Контроль вертикальности колонны наклонным лучом выполняется одним или двумя теодолитами.

Вначале колонну устанавливают в нижнем сечении в проектное положение, то есть, нижние осевые риски колоны совмещают с разбивочными осями колонны 3-3<sup>1</sup> и 2-2<sup>1</sup> (см.рисунок 38). Чтобы проверить установку колонны в вертикальное положение теодолиты устанавливают на осевых знаках

2 и 3, расположенных на взаимно-перпендикулярных разбивочных осях и тщательно их горизонтируют (приводят теодолиты в рабочее положение).

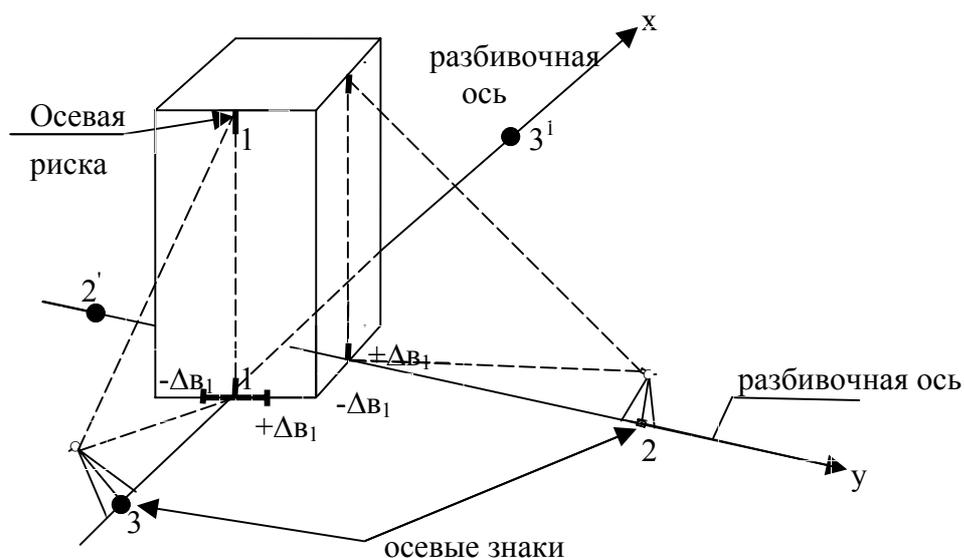


Рисунок 38 – Схема выверки вертикальности колонны методом наклонного проектирования

Вертикальный штрих сетки нитей теодолита, установленного на осевом знаке 3, совмещают с рисккой в нижнем сечении колонны и поднимают трубу теодолита вертикально вверх до верхней риски.

Если верхняя риска не совпала с вертикальной нитью поднятой трубы, то наклоняя колонну, добиваются совмещения верхней риски с вертикальным штрихом сетки. Если есть необходимость узнать величину отклонения колонны от вертикали, то верхнюю риску с помощью вертикальной нити трубы теодолита проецируют на низ колонны и при помощи линейки измеряют величину отклонения  $-\Delta B_1$  или  $+\Delta B_1$  (см. рисунок 38).

Одновременно точно такие же действия выполняют теодолитом, расположенным по другому направлению, перпендикулярному первому.

К основным источникам ошибок данного способа можно отнести наклон вертикальной оси вращения теодолита, не устранимый визированием при двух положениях вертикального круга, а также влияние ошибки визирования и нестворность установки теодолита.

Наиболее существенным источником ошибок является наклон вертикальной оси теодолита. Если контроль выполняется точным теодолитом типа 2Т2 то линейная ошибка за наклон вертикальности оси при высоте колонны от 10 до 16м составляет 0,5-0,8мм.

## 7 Архитектурные обмеры

Обмеры выполняются с целью восстановления строительной документации: при ремонте и реконструкции зданий и сооружений, изучения архитектурного стиля и восстановления архитектурных чертежей при реставрации и охране памятников истории и архитектуры, скульптурных съемках. Материал архитектурных обмеров используются и при кадастре.

При обмерах архитектурных комплексов и застроек материалы архитектурных обмеров используются для проектирования реконструкции и благоустройства территории, ландшафтно-архитектурных изысканий, планировки и проектирования новой застройки, ведения дежурного плана, анализа и оценки реализуемых проектов.

Сложность архитектурных обмеров при высоких требованиях к точности, полноте, документальности и строгости опознания, оценки труднодоступных, аварийных и разрушенных объектов обусловили применение специальных технологий, основанных на последних достижениях науки и техники. С учетом назначения архитектурные обмеры делятся на технические, архитектурные, археологические и выполняются геодезическими, фотограмметрическими и комбинированными методами.

В результате обмеров представляются карты, планы, фотокарты, фотопланы, фотопанорамы, планы фасадов, разрезов, интерьеров и других материалов, определяемых назначением и особенностями объектов. В основном представляются материалы:

- топо- и фототопографические карты и планы в масштабах 1:500 - 1:10000;
- историко – архитектурные опорные планы в масштабах 1:1 000, 1:500;
- планы фасадов и разрезов 1:100, 1:50;
- планы этажей в масштабе 1:100;
- планы деталей фасадов и интерьеров в масштабах 1:20, 1:10.

Допустимые ошибки обмеров согласовываются с назначением и в среднем не превышают 1-2 см. При построении планов и чертежей обязательным является приложение координат опорных точек.

### 7.1 Геодезический метод обмеров сооружения

Это способ основан на непосредственных измерениях и включает:

- создание опорных геодезических сетей;
- определение координат опорных точек;
- детальные обмеры всех элементов объекта.

Опорные геодезические сети создаются на территории архитектурно-строительного объекта в виде теодолитных, полигонометрических ходов, микротриангуляции с определением базисных (опорных) сторон для применения тригонометрических засечек, развития сетей, фотографирования. Измерение сторон теодолитного хода производится лентой, базисных сторон микротриангуляции - светодальномером с ошибкой соответственно не более

1/2000 и 1/5000 – 1/10 000. Углы измеряются теодолитом с ошибкой не более 30" и допустимой угловой невязкой

$$f_{\beta} \leq 1' \times \sqrt{n},$$

где  $n$  – число углов в ходе.

Высоты опорных пунктов определяются геометрическим нивелированием с невязкой в ходе, рассчитанной по формуле  $f_{h_{дон.}} \leq \pm 50\sqrt{L}$  или  $f_h \leq 10\sqrt{n}$  (если количество станций больше 25), где  $L$  – длина хода в км.

При тригонометрическом нивелировании

$$f_{h_{дон.}} = 0,04 \frac{\sum S}{\sqrt{n}},$$

где  $\sum S$  – длина хода в метрах,  
 $n$  – число сторон хода.

Если ход короткий, то невязка должна быть  $f_h < 0,10$  м.

С точек опорного хода выполняется топографическая съемка прилегающей территории в соответствии с требованиями, предъявляемыми к топографическим съемкам согласно «Инструкции по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства».

Координаты опорного хода рассчитываются и записываются в обычную ведомость координат хода. Координаты опорных точек, расположенных на сооружении, определяются угловой засечкой (см. рисунок 39) и вычисляются по формулам:

$$x_A = \frac{x_1 \operatorname{tg} \nu_1 + x_2 \operatorname{tg} \nu_2 + (y_2 - y_1)}{\operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2}; \quad (90)$$

$$y_A = y_1 + (x_A x_1) \operatorname{tg} \nu_1 = y_2 + (x_A x_2) \operatorname{tg} \nu_2, \quad (91)$$

где  $x_1, y_1, x_2, y_2$  – координаты вершин базисной стороны опорного хода;  
 $\beta_1, \beta_2, \nu_1, \nu_2$  – горизонтальные и вертикальные углы на определяемую точку сооружения.

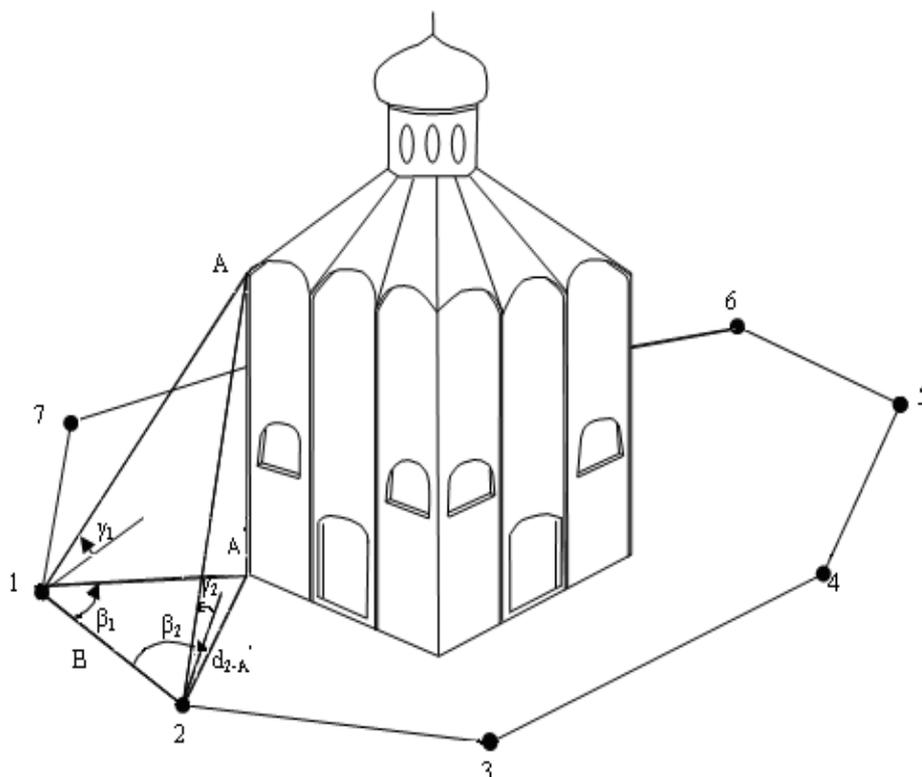


Рисунок 39 – Определение координат точек с помощью угловой засечки

Высоты опорных точек определяются тригонометрическим нивелированием и вычисляются по формуле:

$$H_A = H_1 + d_{1-A} \cdot \operatorname{tg} v_1 + i_1 = H_2 + d_{2-A} \cdot \operatorname{tg} v_2 + i_2, \quad (92)$$

где  $d_{1-A}$  и  $d_{2-A}$  – горизонтальные проекции линий 1-A, 2-A;  
 $i_1$  и  $i_2$  – высоты инструментов, измеренных на станциях 1 и 2.

Расстояния  $d_{1-A}$  и  $d_{2-A}$  определяются из  $\Delta 1-2-A'$  по теореме синусов:

$$d_{1-A} = \frac{B_1 \sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)},$$

$$d_{2-A} = \frac{B_1 \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

или может непосредственно быть измеренным на местности лентой от точек 1 и 2 до точки A'.

Для определения всех элементов сооружения выбираются опорные точки, которые должны располагаться на одной отвесной линии и с помощью теодолита методом тригонометрического нивелирования измеряются вертикальные углы на эти точки. Расстояние  $d$  от точки стояния теодолита до основания сооружения измеряется мерной лентой. Горизонтальные углы между

линией базиса (стороны теодолитного хода) и направлением на измеряемый вертикал получают с помощью теодолита. С одной точки базиса можно промерить несколько вертикалов, но в пределах трех градусов горизонтального разворота трубы от перпендикулярного направления на снимаемый вертикал.

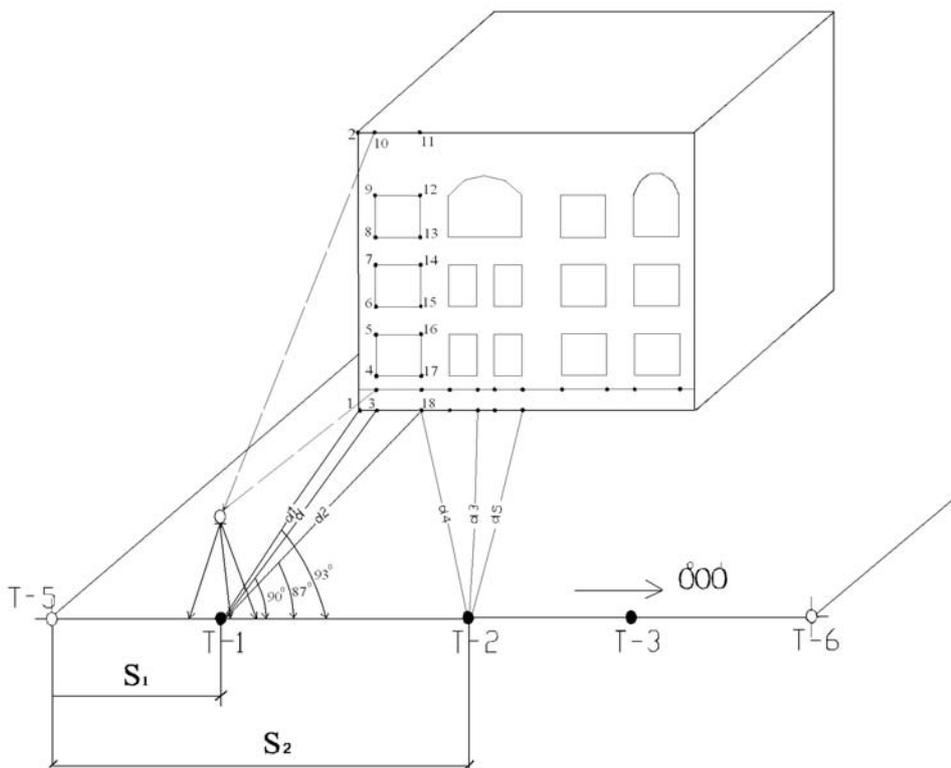


Рисунок 40 – Схема определения размера элементов сооружения по вертикалам с помощью теодолита

Точки стояния теодолита на базисе или линии теодолитного хода фиксируются (измеряются расстояния  $S_1$ ,  $S_2$  и т.д.) от концов базиса или точек теодолитного хода. Работа на станции (например, т.1) выполняются в следующей последовательности:

- устанавливают теодолит на выбранную точку на базисе (т.1). Эта точка должна располагаться строго в створе по линии 5-6. Приводят теодолит в рабочее положение;
- измеряют высоту инструмента ( $i$ ) и определяют значение места нуля (МО);
- измеряют мерной лентой расстояние  $d$ ,  $d_1$  и  $d_2$  на вертикалы, расположенные относительно стороны базиса под углами в пределах  $87^\circ - 93^\circ$ ;
- выбирают на вертикалах опорные точки. Так с точки 1 будут сниматься опорные точки 1,2; 3,4...10; 11...18, расположенные на 3-х вертикалах. У первого вертикала всего будет 2 опорные точки;
- совмещают нули лимба и алидады и наводят на точку 6. Открепляют алидаду и трубу наводят на т.1 первого вертикала.

Измеряют горизонтальный угол ( $93^\circ$ ) между нулевым направлением и направлением на т.1, измеряют рулеткой расстояние  $d_1$  и снимают отсчет с вертикального круга. Записывают в журнал (см. таблицу 15). Обязательно записать, при каком круге работали.

После измерения всех архитектурных элементов с точки 1 переходят на точку 2. Измеряют расстояние  $S_2$ , а затем в той же последовательности начинают измерять опорные точки, расположенные по всему фасаду сооружения.

Чтобы убедиться, что измерения ведутся точно, для контроля выше цоколя проводят прямую и, используя вертикальную нить сетки нитей зрительной трубы теодолита как отвес, проецируют опорные точки на эту линию с таким расчетом, чтобы можно было определить горизонтальные расстояния между опорными точками (например, 8-13 и т.д.) Когда измерения начинаются с другой точки базиса (Т-2), то измерения элементов сооружения с новой точки начинают с вертикала, на котором были закончены измерения с первой точки. На этом полевой обмер сооружения заканчивается, и приступают к камеральной обработке всех измерений. Вычисляют значение МО на всех точках стояния теодолита по формуле:

$$MO = \frac{KL + KP}{2} \text{ (для 2Т30).}$$

Вычисляют значение углов наклона на все опорные точки:

$$v = KL - MO;$$

$$v = MO - KP.$$

Для определения размера элемента сооружения используют формулу:

$$h = d(\operatorname{tg} v_i \pm \operatorname{tg} v_{i+1}).$$

По окончании обработки полевых данных по обмеру сооружения составляется или «план развертки сооружения», если съемка шла по периметру всего сооружения (см. рисунок Приложении В) или фасад сооружения в М 1:100 или 1:50.

## 8 Камеральные работы

После выполнения полевых работ по отдельным видам приступают к их камеральной обработке. Общие требования по оформлению полевых материалов следующие:

- проверить все полевые журналы и до конца их оформить, т.е. должны быть заполнены титульные листы журналов;

- пронумеровать чернилами страницы и в конце журнала записать: «всего в журнале пронумеровано страниц...», «из них заполнено...». Ставится подпись бригадира и преподавателя;

- заполнить «содержание» журнала;

- на каждой станции подписать фамилию студента, работавшего у инструмента. Указать погоду при выполнении работы;

- если обрабатывается нивелирный журнал, то на каждой странице выполняется постраничный контроль;

- подписать заголовки «прямой ход» и «обратный ход»;

- в нивелировочном журнале составить схематично нивелирный ход и стрелками указать направление нивелирования;

- в угломерном журнале вычертить схематично плановое съемочное обоснование, на сторонах которого выписать расстояния, измеренные в прямом и обратном направлениях до 0,01 м, выписать углы при точках;

- каждая бригада в течении всей практики ведет дневник, в которую записывает ежедневно, кто из членов бригады какими видами работ занимался. Все полевые журналы складывают в отдельную папку.

В этой же папке должны находиться рабочая тетрадь со всеми расчетами и зарисовками, пикетажная книжка.

При обработке материалов по съемочным работам необходимо учесть следующее:

- при обработке ведомости координат измеренные горизонтальные углы выписываются до  $0^{\circ}00'00''$ , румбы можно округлить до целых минут, горизонтальные проложения выписывать до 0,01 м, также и приращения координат вычислять до 0,01 м;

- координатную сетку строят при помощи линейки Дробышева или ЛБЛ с проверкой при помощи измерения двух диагоналей каждого квадрата всей сетки. Погрешность построения сетки не должна быть более 0,2 мм;

- точки съемочного обоснования наносятся по координатной сетке с контролем по расстоянию между соответствующими точками. Накол иглой измерителем не должен быть глубже 0,1 мм;

- нанесение точек и их оформление тушью выдерживается строго по «Условным знакам» соответствующего масштаба. Графические работы прорабатываются тушью в цветовом изображении согласно книги «Условные знаки» (см. стр. 111, п.8).

По каждому виду работ должны быть представлены следующие графические материалы:

- съемочные работы включают топографический план участка в масштабах 1:500 или 1:1000;

- топографический план, составленный на основании нивелирования по квадратам в М 1:500;

- при трассировании линейных сооружений должен быть представлен план трассы в М 1:1000, 1:2000; продольный профиль трассы в масштабах 1:100/1:1000, 1:200/1:2000; поперечники в масштабах 1:100/1:100; 1:200/1:200.

- при разработке вертикальной планировки на площадке к отчету прилагается «План организации рельефа» в М 1:500; «Картограмма земляных масс» в М 1:500;

- все выполняемые инженерные задачи разрабатываются на отдельных листах в свободной форме;

- на основании измерения сооружений (зданий) геодезическим способом составляются планы фасадов здания в М 1:50 или 1:100. Если сооружение измеряется со всех сторон, то составляется план развертки здания в М 1:50 или 1:100.

Эти чертежи выполняются на планшетах (подрамнике) размером 55x75 см с использованием способа отмывки отдельных деталей сооружения.

## 10 Календарный график выполнения отдельных видов работ на геодезической практике по группам

Таблица – 15

Виды работ	Группы/дни								Примечания
	ГК	ГСХ	ПГС	ЭУН	ПСК	ДАС	АРХ	ТГ В	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Получение инструментов, инструктаж по технике безопасности, производство поверок инструментов, тренировочные измерения.	2	2	2	2	2	1	1	1	
Разбивка геодезического обоснования: измерение линий с составлением абриса вдоль линии, измерение горизонтальных углов. Привязка к пунктам городской сети. Увязка плановой геодезической сети.	3	3	3	3	2	1,5	1,5	1,5	Для групп ГК, ГСХ, ПГС, ЭУН съемочное обоснование должно состоять для каждой бригады не менее чем из 5 точек. Для ДАС и АРХ съемочное обоснование вокруг обмеряемого здания, т.е. из 4-х точек. Для групп ТГВ также из 4-х точек.

Продолжение таблицы – 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Создание высотного обоснования по точкам планового обоснования с высотной привязкой к пунктам городской сети и расчетом невязок в превышениях.	2	2	2	2	1	1	1	1	Группы ДАС, АРХ, ТГВ могут за исходные пункты брать пункты увязанного обоснования групп ГК, ГСХ, ЭУН, ПГС, или создать условное высотное обоснование
Расчет ведомости координат точек съёмочного обоснования и отметок. Выявление ошибок в построении съёмочной сети.	1	1	1	1	1	1	1	1	
Производство тахеометрической съёмки.	3	3	3	3	2	1	1	1	Для групп ГК, ГСХ, ПГС, ЭУН съёмка должна быть не менее 4 га, для групп АРХ, ДАС, ТГВ – в пределах 1 га. Для ПСК – 2 га.
Нивелирование поверхности по квадратам: разбивка квадратов от исходного направления с привязкой 1-2-х вершин квадратов к точкам									Для групп ГК, ПГС, ЭУН, ГСХ размер площадки в пределах 120х60м. Нивелирование произво-

Продолжение таблицы – 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
теодолитного хода со сторонами квадратов 20x20 м. Нивелирование вершин квадратов.	2	2	2	2	2	1	1	-	дуть с двух станций. Для групп ДАС, АРХ, ПСК размер площадки в пределах 60x60, нивелирование вершин квадратов произвести с одной станции.
Полевое трассирование линейных инженерных коммуникаций: разбивка трассы длиной 1-1,2 км с углами поворотов с ведением пикетажного журнала. Нивелирование трассы с привязкой или к реперам городской сети, или к точкам теодолитного хода.	3	3	3	3	-	-	-	2	Для групп ТГВ трасса длиной 0,5-0,8 км. Трасса может быть водопроводом, канализацией, теплотрассой. Подключить трассу к соответствующему колодцу.
<b>Инженерные работы</b>									
Геодезический обмер сооружения, вокруг которого была произведена тахеометрическая съемка (часть фасада сооружения)	-	-	-	-	-	-	1	1,5	Съемка производится с линии геодезического обоснования как с базиса. Сооружение (на-

Продолжение таблицы – 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
									пример, здание) может быть выбрано одно на все бригады. Каждая бригада выполняет измерение своей части сооружения.
Вынос проектной отметки, линии с заданным уклоном, горизонтального угла.	1	1	1	1	-	0,5	0,5	-	Группы ДАС, АРХ, ТГВ выносят только линию с заданным уклоном.
Детальная разбивка кривой. Определение высоты сооружения, провиса проводов.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	0,5	
Определение крена сооружения, вертикальности сооружения.	-	0,5	0,5	-	1	-	-	-	
Определение недоступного расстояния. Определение существующего уклона линейного инженерного сооружения.	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	
Передача отметки на дно котлована и на монтажный горизонт.	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	



Продолжение таблицы – 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Составление продольного профиля и нанесение проектной линии линейного сооружения	+	+	+	+	-	-	-	+	
Подготовка исходных данных для выноса основных и главных осей сооружения	-	+	+	+	-	-	-	-	
Вычерчивание инженерных задач	+	+	+	+	+	+	+	+	
Общее оформление чертежей и пояснительной записки	+	+	+	+	+	+	+	+	
Итого по камеральной обработке:	4	9	9	9	5	3	3	3	
Защита практики	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Всего количества дней по учебной геодезической практике</b>	24	30	30	30	18	12	12	12	

## 11 Контрольные вопросы при защите отчета по практике

1. Какие основные поверки выполняются у теодолита?
2. Что такое коллимационная плоскость?
3. Что значит «измерить горизонтальный угол полуприемом, полным приемом»?
4. Понятие о плановой съемочной сети.
5. Что такое теодолитный ход, полигонометрический ход?
6. Какие длины линий допускаются при проложении теодолитного хода?
7. Как узнать, что сторона теодолитного хода измерена с достаточной точностью?
8. Как определить, что горизонтальный угол на точке измерен с достаточной точностью?
9. Какие ошибки влияют на точность измерения угла?
10. Что такое место нуля (МО), как рассчитывается МО и при каком МО можно вести тахеометрическую съемку?
11. Понятие об абрисе при теодолитной съемке и абрисе (кроки) при тахеометрической съемке.
12. Порядок работы на станции при тахеометрической съемке.
13. Основная формула при тахеометрической съемке.
14. Когда применяется прямая геодезическая задача и в чем ее сущность?
15. Как устраняется эксцентриситет алидады и что это такое?
16. Зачем берут отсчеты по вертикальному кругу теодолита при съемке?
17. Какие инженерные задачи можно решить с помощью теодолита?
18. Назовите основные винты нивелира, и для каких целей они предназначены?
19. Как определяется угол  $i$  у нивелира и как его можно исправить?
20. Порядок работы на станции при нивелировании из середины, основная формула нивелирования, контроль на станции.
21. На какие точки разбивается трасса и как она закрепляется?
22. Какие точки получаются при нивелировании трассы и как вычисляются их отметки?
23. Какой чертеж составляется на основании нивелирования трассы и для чего он предназначен?
24. Чем отличается съемка, полученная при нивелировании участка по квадратам и при тахеометрической съемке участка?
25. Зачем нивелируют поверхность по квадратам?
26. Зачем привязывают точки съемочного обоснования к государственным пунктам или пунктам городской сети?
27. Какой контроль осуществляют при нивелировании по квадратам?
28. Какие разбивочные элементы известны?
29. Как выносятся горизонтальный угол точным способом?

30. Как проконтролировать проектную отметку?
31. Чем отличается проектная (красная) отметка от отметки земли?
32. По какой формуле рассчитываются проектные отметки точек?
33. Что является разбивочной сетью на строительной площадке?
34. Как выносятся линия с заданным проектным уклоном?
35. На какие точки разбиваются углы поворота по трассе?
36. Перенос пикетов с тангенсов на кривую.
37. Когда осуществляют детальную разбивку кривой, и какими способами?
38. Как определить высоту сооружения, провис проводов?
39. Как вычислить недоступное расстояние?
40. Зачем производят геодезический обмер сооружения? - (только для студентов направления «Архитектура»).
41. Какие методы подготовки разбивочных данных вам известны?
42. Как рассчитать разбивочные элементы для разбивки границ дневной поверхности котлована?
43. Какие чертежи прикладываются к проекту вертикальной планировки?
44. Общее понятие о крене сооружения. Какими данными характеризуется величина крена сооружения?
45. Какие доступные способы измерения крена вам известны?
46. Как выносятся и закрепляются основные оси здания на местности?
47. По каким чертежам выносят оси здания на местность и границы дневной поверхности котлована?

## Список использованных источников

1. **Клюшин, Е.Б.** Инженерная геодезия [Текст]: учебник для вузов / Е.Б.Клюшин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; под общ.ред. Д.Ш.Михелева; Изд. 2-е, испр.. – М.: Высш.шк., 2001. – 464 с.; - 10000 экз. – ISBN 5-06-004176-X.
2. **Неумывакин, Ю.К.** Практикум по геодезии [Текст]: учебное пособие / Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов; - М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.; - 4000 экз. – ISBN 5-86066-012-X.
3. **Федотов, Г.А.** Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А.Федотов; - М.: Высш.шк., 2002, - 463 с.; - 5000 экз. - ISBN 5-06-004156-5.
4. **Хаметов, Т.И.** Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учебное пособие / Т.И.Хаметов; - М.: Издательство АСВ, 2000. – 200 с. с илл.; - Библиогр.: с.196. – 1000 экз. - ISBN 5-93093-064-3.
5. **Резницкий, Ф.Е.** Инженерная геодезия [Текст]: учебное пособие для студентов специальности 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» / Ф.Е.Резницкий; - Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2000. – 132 с.: ил.; - 500 экз.
6. **Метелкин, А.И.** Указания по проектированию и производству геодезических и фотограмметрических работ в строительстве и архитектуре [Текст]: учебно-технологическое издание / А.И.Метелкин, И.П.Интулов, А.Д.Баранников, О.В.Рукина; - М.: Издательство АСВ, 2003. – 344 с.; - 2000 экз. - ISBN 5-93093-196-8.
7. **Хаметов, Т.И.** Задачи и упражнения по инженерной геодезии [Текст]: учебное пособие / Т.И.Хаметов, Э.К.Громада, Л.Н.Золотцева; - М.: Изд-во АСВ, 2001. – 142 с.: ил.; - 1000 экз. - ISBN 5-87829-063-4.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: утверждены ГУГК 25.11.1986г. – Москва: изд-во «Недра», 1986г.-286с: ил. 63 3000 из.. Зак. №417 /2179-8.

# Приложение А (обязательное)

## Топографический план

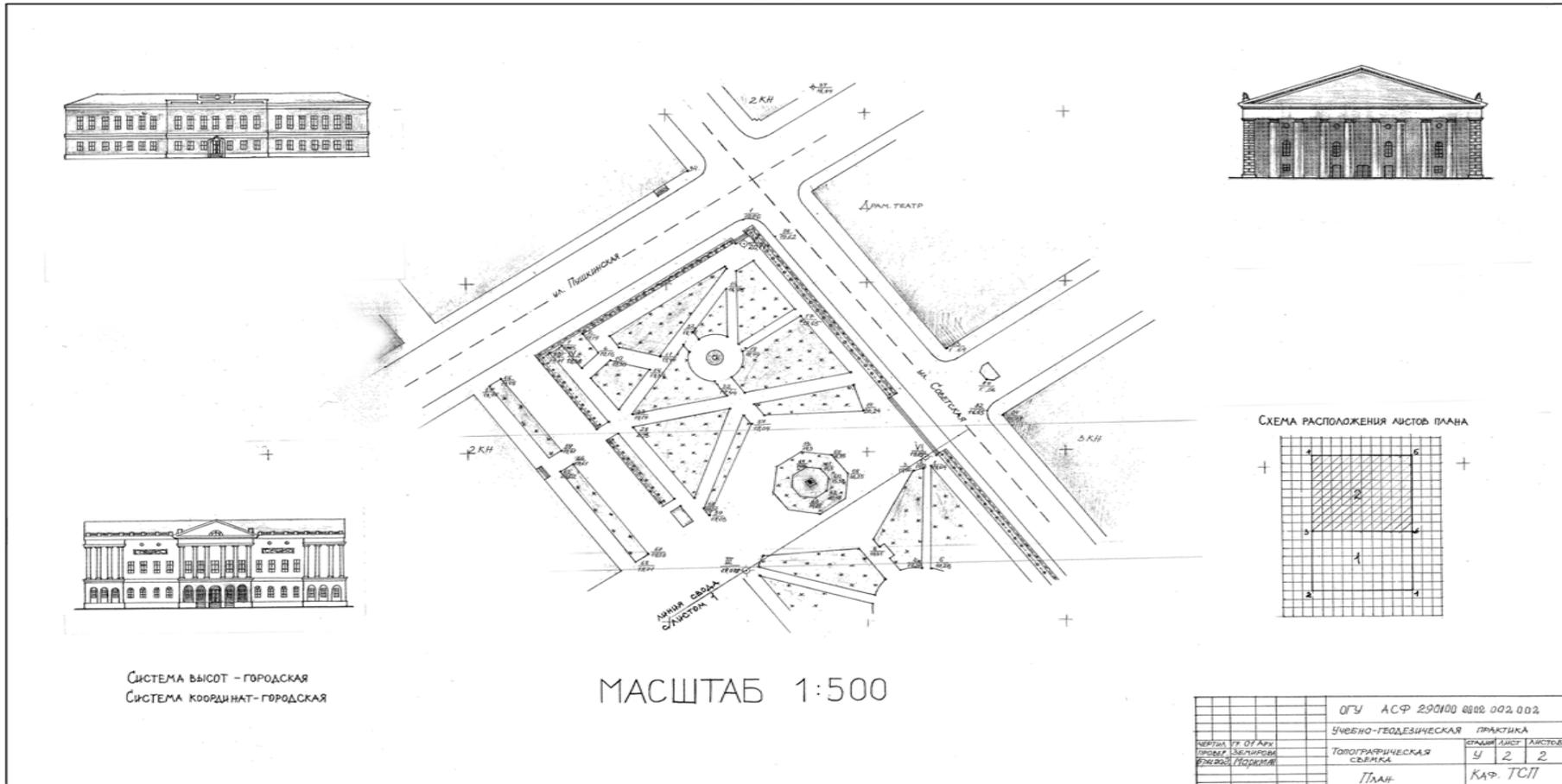


Рисунок А.1

# Приложение Б (обязательное)

## План трассы. Продольный профиль трассы. Поперечный профиль трассы

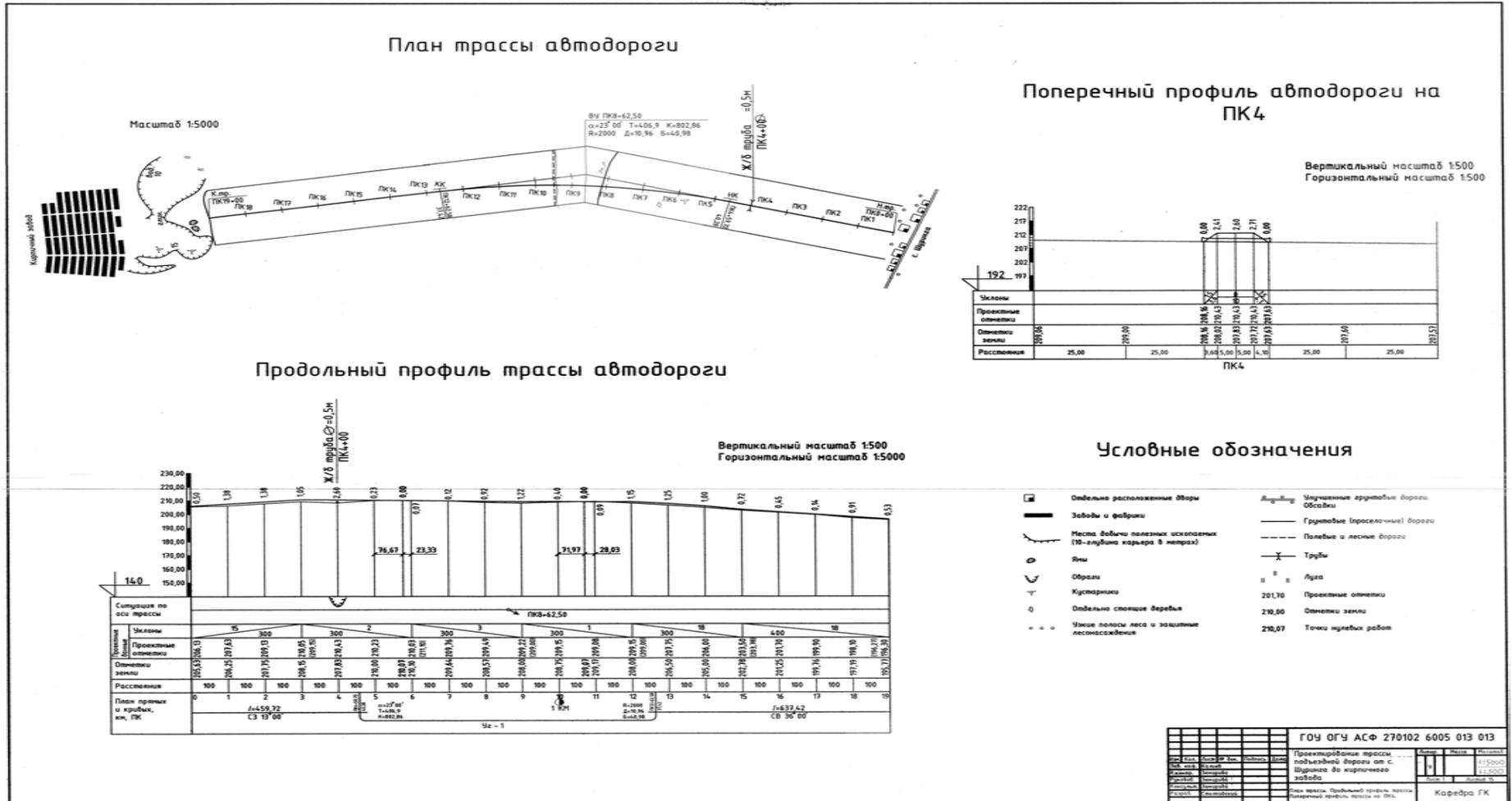


Рисунок Б.1

## Приложение В (обязательное)

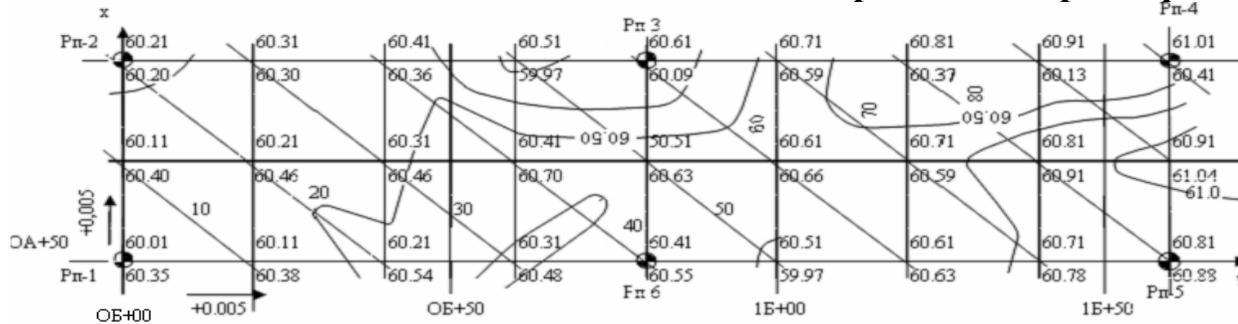
Обмер жилого дома геодезическим способом. Развертка жилого дома



Рисунок В.1

## Приложение Д (обязательное)

### План организации рельефа



Сечение рельефа черными горизонталями через 0,25м  
Сечение рельефа красными горизонталями через 0,1м

Условные обозначения

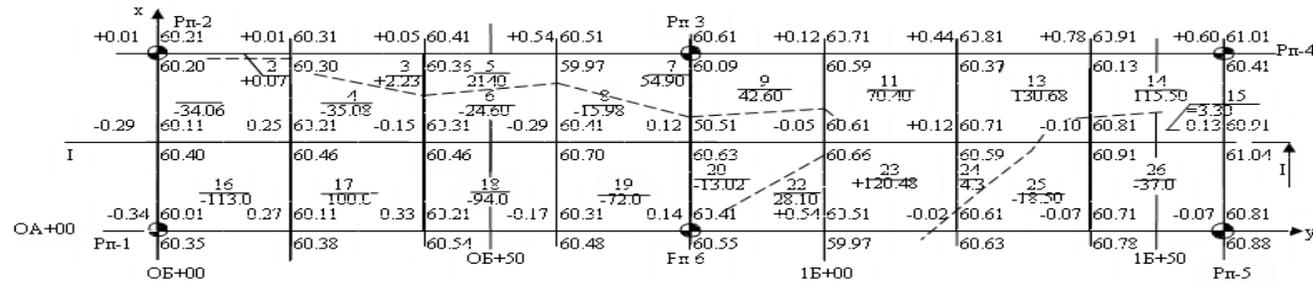
60.11	проектная отметка
60.40	отметка земли
	красные горизонталы
	горизонталы земли

ГОУ ОГУ АСФ 290600 6003 006 006								
Учебная геодезическая практика								
Изм	Лист	№ докумен.	Подп.	Дата	Вертикальная планировка	масса	лиггер	масштаб
Разраб.	Бр. №2			21.06.03		у		1:1000
Исполнит	Бабнищева			21.06.03		лист 2	листов 6	
Проверил	Земирова			22.06.03				
					План организации рельефа	Кафедра городского кадастра		

Рисунок Д.1

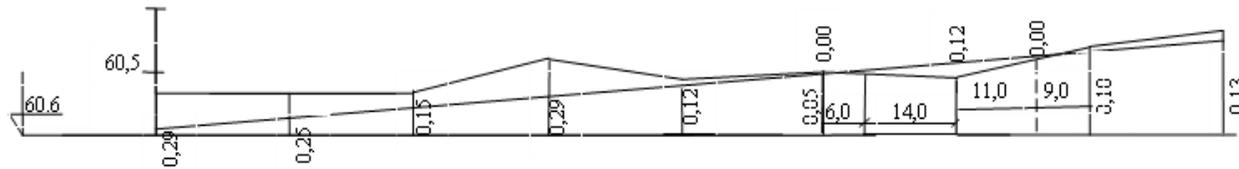
## Приложение Е (обязательное)

### Картограмма земляных масс



<b>насыпь</b>	0,07	2,23	21,40	54,90	30,70	190,88	134,98	115,50	<b>Всего</b>	550,66
<b>выемка</b>	147,06	135,08	118,60	87,98	15,00	0,02	18,50	40,20		562,60

Разрез I-I    М  $\frac{1:50}{1:500}$



ГОУ ОГУ АСФ 290600 6003 006 006							
Учебная геодезическая практика							
Изм. лист	№ документа	Подпись	Дата	Вертикальная планировка	литер. У	масса	масштаб 1:1000
Разработ.	Бр. №2		22.06.03				
Исполнит	Илюнцев						
Проверил	Земирова			Картограмма земляных масс, разрез	лист 4    листов 6		
					Кафедра городского кадастра		

Рисунок Е.1