

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная  
академия (СибАДИ)»

Т.П.Синютина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по учебной геодезической практике**

Омск  
СибАДИ  
2013

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная  
академия (СибАДИ)»

Т.П.Синютина

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по учебной геодезической практике

Омск  
СибАДИ  
2013

УДК 528.4  
ББК 26.12  
С 38

Рецензент: к.т.н., доц. Андреева Е.В.

Работа одобрена редакционно-издательским советом академии в качестве методических указаний.

**Синютина Т.П.**

**С-38 Методические указания по учебной геодезической практике**  
/Т.П.Синютина – Омск: СибАДИ, 2013, -73 с.

В методических указаниях излагается методика прохождения учебной геодезической практики студентами строительных специальностей и направлений. Работа состоит из 7 частей. Дается теоретический материал в объеме, необходимом для выполнения работ, входящих в рабочую программу по учебной практике по геодезии. Приводятся примеры выполнения отдельных видов работ.

Табл. 7. Ил. 40. Библиогр.: 23 назв.

©ФГБОУ ВПО «СибАДИ» 2013

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебная геодезическая практика включена в учебный план в соответствии с ФГОС ВПО по направлению «Строительство», «Архитектура», специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений», по специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

По учебному плану изучаемых дисциплин после окончания второго семестра предусмотрена учебная геодезическая практика общей трудоемкостью 3 зачетные единицы.

Методические указания предназначены для поддержки студентам при прохождении учебной геодезической практики. Практика включает шесть разделов полевых работ и их камеральную обработку:

- 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.

Состав работ практики определяется преподавателем в зависимости от специальности. 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.

### **КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**

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

ОК-1 (для специальности Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей) - знанием базовых ценностей мировой культуры и готовностью опираться на них в своем личностном и общекультурном развитии; владением культурой мышления, способностью к общению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору пути ее достижения;

ОК-3 (для направления подготовки 270100.62 «Архитектура»)

-готовностью к кооперации с коллегами, работе в творческом коллективе, знает принципы и методы организации и управления малыми кол-

лективами, знать основы взаимодействия со специалистами смежных областей.

ОК-5 (для специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей») – способностью находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях разрабатывать алгоритмы их реализации и готовностью нести за них ответственность, владением навыками анализа учебно-воспитательных ситуаций, приемами психической саморегуляции;

ОК-5 (для направления подготовки 270800.62 «Строительство»): профиль «Промышленное и гражданское строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», профиль «Проектирование зданий») – умением использовать нормативные правовые документы в своей деятельности;

ОК-6 (для направления подготовки 270800.62 «Строительство»): профиль «Промышленное и гражданское строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», профиль «Проектирование зданий») – стремлением к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;

ОК-12 (для направления подготовки 270100.62 «Архитектура») – способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасностей и угроз, возникающих в этом процессе, соблюдением основных требований информационной безопасности, защиты государственной тайны;

ОК-13 (для направления подготовки 270100.62 «Архитектура») – владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией, уметь работать с традиционными и графическими носителями информации;

ПК-2 (для специальности 271100.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений») - способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества и приобретать новые знания, осознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

ПК-4 (для специальности 271100.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений») - способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;

ПК-6 (для специальности 271100.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений») – способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат;

ПК-7 (для специальности 271100.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»),- владением основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений и конструкций, составления конструкторской документации и деталей;

ПК-10 (для специальности 271100.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений», для направления подготовки 270800.62 «Строительство») - владением методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием лицензионных прикладных расчетных и графических программных пакетов;

ПК-10 (для направления подготовки 270100.62 «Архитектура») – способностью участвовать в согласовании и защите проектов в вышестоящих инстанциях, на публичных слушаниях и в органах экспертизы;

ПК-21 (для направления подготовки 270800.62 «Строительство»: профиль «Промышленное и гражданское строительство», профиль «Экспертиза и управление недвижимостью», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», профиль «Проектирование зданий») - владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения;

ПК-30 (для специальности Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей) – способностью выполнять инженерные изыскания транспортных путей и сооружений включая геодезические, гидрометрические и инженерно-геологические работы.

## **Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **1.1. Цель, задачи и порядок проведения учебной практики**

Учебная практика по основным геодезическим работам проводится с целью закрепления знаний студентами, полученными при изучении гео-

дезии и приобретения практических навыков по выполнению геодезических измерений.

Во время учебной практики студенты должны приобрести опыт работы с геодезическими приборами, освоить методы угловых и линейных измерений, нивелирования, производства топографической съемки, трассирования линейных сооружений и решения различных геодезических задач, встречающихся в практике строителя. Познакомиться с требованиями к качеству и оформлению материалов, изучить правила техники безопасности при выполнении полевых геодезических работ.

Перед выполнением каждого вида работ студенты обязаны изучить рекомендуемую литературу, объем работ по отдельным видам, их содержание. Порядок выполнения и точность регламентируется заданием на учебную практику, настоящими методическими указаниями, а также требованиями соответствующих инструкций и наставлений.

На все время практики в студенческой группе, руководимой преподавателем, создаются бригады из 5-6 человек. Члены бригады выбирают бригадира, обладающего лидерскими способностями.

Бригада получает необходимые геодезические приборы и материалы, организует их хранение, следит за правильным обращением с ними, сдает их после выполнения заданий и несет за них полную материальную ответственность в равной степени всеми членами бригады. Бригадир наблюдает за организацией работы в бригаде, ведет дневник учета чередования рабочих мест в каждом виде работ, осуществляет постоянную связь с преподавателем.

Руководство практикой в группе осуществляет преподаватель кафедры, а непосредственно организацией работ в бригаде занимается бригадир.

Невыход на практику без разрешения руководителя строго запрещается, при отсутствии студента на практике более одного дня, студент отчисляется с практики.

Каждый студент в бригаде должен ознакомиться со всеми процессами геодезических измерений и выполнить определенную, одинаковую для всех членов бригады, часть общего объема работ. В течение всего периода практики в бригаде должен заполняться дневник, куда ежедневно заносят все сведения о проделанной, каждым членом бригады, работе. Руководитель практики ежедневно проверяет посещаемость, выполнение дневного задания бригадой и отдельными студентами, дает необходимые указания и рекомендации.

Перед началом практики руководитель знакомит группу с программой практики и очередностью выполнения видов работ, проводит инст-

руктаж по правилам техники безопасности, правилам обращения с приборами, переноса и их хранения.

После завершения полевых работ, математической и графической обработки результатов измерений все материалы студенты оформляют надлежащим образом в виде технического отчета и сдают руководителю практики для проверки.

Проверка навыков работы с инструментами и знаний студентов по программе практики осуществляется руководителем.

Студентам, выполнившим программу учебной геодезической практики, выставляется оценка за практику.

## **1.2. Правила техники безопасности и обращения с геодезическими приборами**

### **1.2.1. Общие требования безопасности**

Геодезические приборы предназначены для измерений на земной поверхности углов, расстояний, превышений.

При работе в полевых условиях следует руководствоваться правилами по технике безопасности на топографических работах (ПТБ-73,) охране труда, санитарии и гигиены.

К работе допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж по охране труда и инструктаж на рабочем месте.

### **1.2.2. Требования безопасности перед началом работы**

Одежда и обувь должны соответствовать погоде и характеру выполняемой работы. В жаркую погоду необходимо обязательно надевать головной убор. Пребывание на солнце с непокрытой головой может вызвать солнечный удар. Одежда должна быть легкой, свободной, не стесняющей движений, преимущественно светлых тонов. В холодную погоду необходимо надеть теплую одежду. Обувь должна быть легкой, закрытой, на широком каблуке.

В связи с повышенной опасностью заболевания клещевым энцефалитом необходимо работы выполнять в закрытой одежде, а по окончании рабочего дня, дома, осмотреться. При обнаружении следов укуса клещом следует немедленно обратиться к медицинскому работнику.

После получения необходимых для работы инструментов и принадлежностей их следует осмотреть, обратив внимание на внешнее состояние, исправность оптики, уровней, наличие принадлежностей (чехлов, шпилек, ключей и т.д.).



При транспортировке приборов и работе с ними их следует оберегать от толчков, ударов и резкого встряхивания. Перевозить или переносить приборы на большие расстояния только в упаковочных футлярах.

При выполнении юстировок, во время работы с исправительными винтами, нужно следить за тем, чтобы не сорвать резьбу или головки винтов.

При обнаружении, что состояние полученных инструментов и принадлежностей может представить опасность для здоровья, их следует заменить или привести в безопасное состояние.

### 1.2.3. Требования безопасности во время работы

При переносе геодезических приборов и принадлежностей следует следить, чтобы их положение не представляло опасности для окружающих (например, наконечники штативов нельзя направлять на окружающих, нельзя резко поворачиваться, держа нивелирную рейку на плече и т.д.). В процессе работ и при перемещении до участка работ необходимо соблюдать правила дорожного движения. При выполнении работ вблизи проезжей части дорог нельзя разворачивать рейку, штатив или вежу поперек проезжей части.

Дороги с интенсивным движением не должны пересекать участок выполнения работ. Запрещается выполнять работы на проезжей части улиц, вблизи улиц с интенсивным движением или, пересекая такие улицы (например, выполнять измерение расстояний с использованием рулетки или мерной ленты, устанавливать теодолит или нивелир на проезжей части или вблизи ее и т.д.).

Нельзя выполнять работы на территории строительных площадок или в опасной близости от них, вблизи трансформаторных будок, газохранилищ, в сырую погоду вблизи линий электропередач. Нельзя вести работы наступая или стоя на люках смотровых колодцев.

Нельзя рубить или ломать деревья, ветки деревьев, кустарники, ходить по клумбам и газонам, разводить костры, оставлять мусор.

Запрещается купаться в течение рабочего дня.

Не следует забивать колышки или металлические штыри на тротуарах, пешеходных дорожках, на территории детских и спортивных площадках.

Геодезические измерения следует выполнять в периоды, так называемого, «выгоднейшего» времени наблюдений (утренние и вечерние часы), когда колебания изображений визирных целей незначительные или вовсе отсутствуют, а условия видимости наилучшие.

#### 1.2.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях

Не приступать к работе до устранения неисправностей.

При получении травм и внезапном заболевании немедленно известить своего руководителя, организовать доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь.

При обнаружении следов укуса клещом следует обратиться в больницу.

#### 1.2.5. Требования безопасности по окончании работы

По окончании работы с инструментами рейки, штативы, вехи необходимо складывать на пол плашмя.

По окончании практики приборы должны быть приведены в порядок, вычищены и сданы в геокамеру.

## Глава 2. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

### 2.1. Поверки и юстировки теодолита

При изготовлении и сборке теодолита положения отдельных деталей и частей прибора отличается от идеальной теоретической схемы, что приводит к появлению так называемых инструментальных погрешностей измерения углов. Инструментальные погрешности, вызванные несоблюдением геометрической схемы теодолита (рис. 2.1), выявляются в результате специально производимых поверок теодолита и устраняются путем его последующей юстировки или регулировки.

В теодолите должны выполняться следующие геометрические условия:

1. Ось вращения теодолита  $ZZ$  должна быть перпендикулярна оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга  $UU$ ;
2. Ось вращения зрительной трубы  $NN$  должна быть перпендикулярна визирной оси  $WW$ ;
3. Ось вращения теодолита  $ZZ$  должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы  $NN$ .

Остаточное влияние этих погрешностей исключается специальными методами работы с приборами. **Производство измерений без предварительного выполнения поверок и юстировок недопустимо.**

До начала наблюдений каждая бригада должна выполнить эти поверки и ряд исследований теодолита с целью установления его пригодности к работе. Поверки и исследования выполняются всеми членами бри-

гады, обязательно проверяется соблюдение следующих требований к теодолиту.

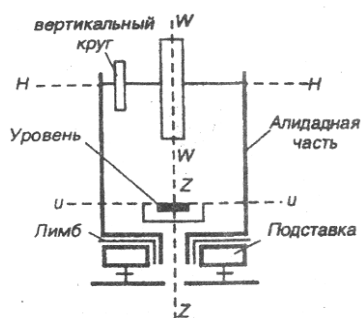


Рис.2.1 Геометрическая схема теодолита.

**Первая поверка.** Вращение подъемных винтов подставки должно быть плавным, без скачков и срывов.

**Вторая поверка.** Ось цилиндрического уровня горизонтального круга  $UU$  должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита  $ZZ$ .

Теодолит устанавливают так, чтобы уровень при алидаде горизонтального круга располагался параллельно двум подъемным винтам и вращением этих подъемных винтов в разные стороны пузырек уровня устанавливается на середину ампулы ( в нуль-пункт), затем открепляют закрепительный винт алидады и поворачивают верхнюю часть теодолита на  $90^\circ$

и вращением третьего подъемного винта устанавливают пузырек уровня в нуль-пункт. После этого открепляют закрепительный винт алидады и поворачивают верхнюю часть теодолита на  $180^\circ$ . Если пузырек сместился с нуль-пункта не более чем на одно деление, то условие выполнено.

Если условие нарушено, то юстировку (исправление) производят исправительными

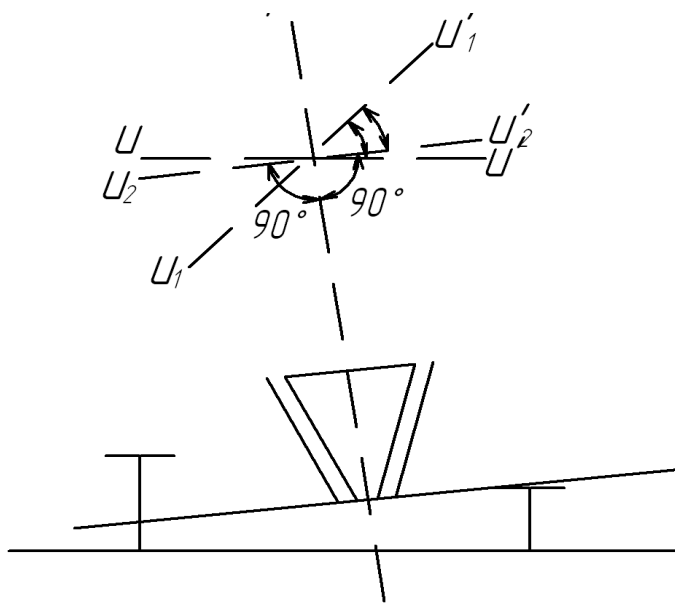


Рис.2.2. Поверка уровня при алидаде горизонтального круга

винтами уровня (под наблюдением руководителя практики). Для этого смещают пузырек уровня к нуль-пункту на половину его отклонения исправительными винтами уровня и окончательно устанавливают пузырек уровня в нуль-пункт подъемным винтом.

После выполнения юстировки поверку повторяют.

**Третья поверка.** Визирная ось зрительной трубы  $WW$  должна быть перпендикулярна оси вращения трубы  $NN$  (определение коллимационной ошибки  $C$ ).

Угол отклонения визирной оси  $WW$  трубы от перпендикуляра к ее горизонтальной оси  $NN$  вращения называется коллимационной погрешностью « $C$ ».

Для проверки данного условия выбирают удаленную ( $>50\text{м}$ ), находящуюся на горизонте ясно видимую точку  $M$ , визируют на нее, на пример при положении КП, и берут отсчет по лимбу горизонтального круга -  $П$  (рис. 2.3.). Затем переводят трубу через зенит, визируют на точку  $M$  при положении КЛ и снова берут отсчет по лимбу горизонтального круга -  $Л$ . При отсутствии коллимационной погрешности  $Л-П\pm 180^\circ=0$ .

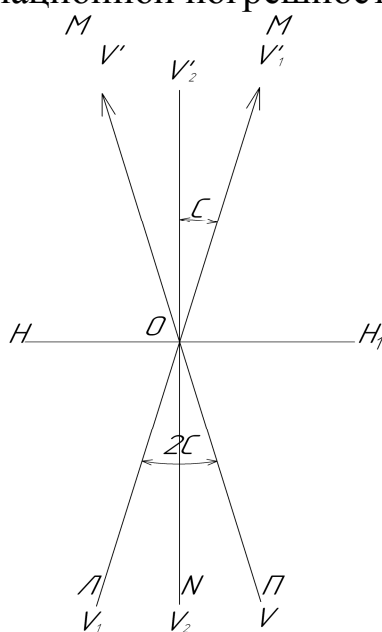


Рис. 2.3. Определение коллимационной погрешности.

Если коллимационная погрешность имеет место, то при первом наведении трубы (КП) визирная ось займет положение  $VV'$ , а правильный « $N$ » отсчет по лимбу будет

$$N=П+C. \quad (1)$$

При втором наведении (КЛ) визирная ось займет положение  $V_1V'_1$ , а правильный отсчет по лимбу будет

$$N=Л-C\pm 180^\circ. \quad (2)$$

Сравнивая эти формулы видим, что коллимационная погрешность влияет на отсчеты по лимбу с разными знаками, следовательно  $N=(П+Л\pm 180^\circ)/2$ , т.е. среднее из отсчетов свободно от влияния коллимационной погрешности.

Для определения коллимационной погрешности вычтем (1) из (2), получим  $Л-П\pm 180^\circ-2C=0$  или  $C=(Л-П\pm 180^\circ)/2$ .

Для исключения влияния коллимационной погрешности устанавливают на лимбе средний отсчет  $N$  (минуты):

$$N = (П+Л)/2.$$

Центр сетки нитей при этом сойдет с  $(\cdot) M$ . Ослабив вертикальный закрепительный винт сетки нитей, горизонтальными винтами сетки, передвигают ее до совмещения центра сетки нитей с изображением  $(\cdot) M$ .

**Четвертая поверка.** Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси прибора.

Выполнение этого условия необходимо для того, чтобы после приведения теодолита в рабочее положение коллимационная плоскость занимала вертикальное положение.

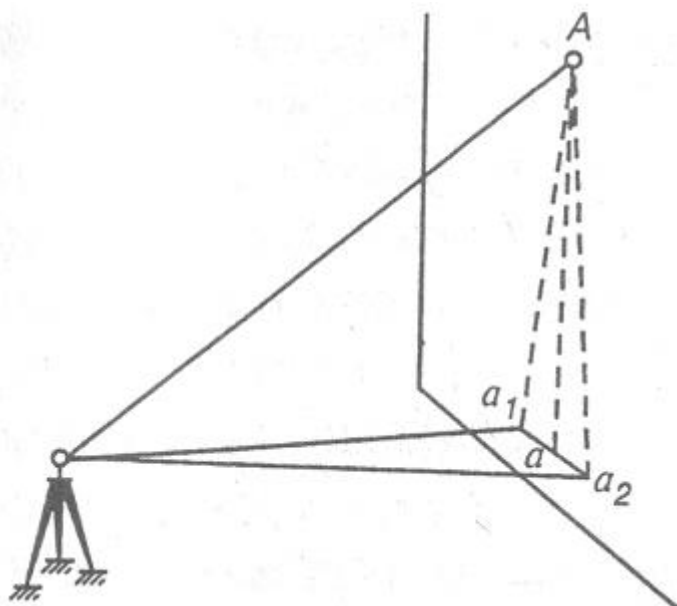


Рис.2.4. Схема выполнения 4 поверки

которую проектируется центр сетки нитей. Переводят трубу через зенит, открепляют алидаду и при втором положении трубы проводят аналогичные действия.

Если  $(\cdot) a_1$  и  $a_2$  совпадают, или если отрезок  $a_1 a_2$  в поле зрения зрительной трубы не выходит из биссектора сетки нитей (двойной нити), то условие поверки выполнено. В противном случае ось вращения трубы не перпендикулярна к основной оси прибора. Эта погрешность вызывается неравен-

Установив теодолит в 30-40м от стены какого-либо здания, и приведя лимб в горизонтальное положение, центр сетки нитей наводят на некоторую высоко (~30° выше горизонта) расположенную точку  $A$  на стене. При закрепленной алидаде наклоняют трубу примерно до горизонтального положения ее визирной оси и отмечают карандашом на стене  $(\cdot) a_1$ , в

ством колонок, на которых располагается труба. Юстировка выполняется в мастерской или на заводе – изготовителе.

**Пятая поверка.** Одна из нитей сетки должна быть параллельна, другая перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

После выполнения описанных выше поверок и юстировок наводят центр сетки нитей на какую-нибудь точку, расположенную на уровне горизонта и медленно поворачивают алидаду вокруг вертикальной оси, наблюдая за положением точки. Если при перемещении алидады изображение точки не будет сходиться с горизонтальной нитью, то условие поверки выполнено. В противном случае (если сходится больше чем на три ширины штриха сетки нитей) производится исправление положения сетки нитей путем ее поворота, после предварительного ослабления закрепительных винтов сетки. После выполнения этой поверки необходимо повторить поверку перпендикулярности визирной оси трубы к ее горизонтальной оси вращения (3 поверка).

**Шестая поверка.** Определение места нуля МО вертикального круга.

Выбирается точка, расположенная выше горизонта и производится снятие отсчетов по вертикальному кругу на эту точку при положении вертикального круга слева (КЛ) и положении вертикального круга справа (КП). Вычисляется место нуля:

$$MO_1 = (KL + KP) / 2.$$

При работе необходимо следить за уровнем при алидаде горизонтального круга. Затем производится наблюдение еще на одну точку и вычисляется  $MO_2$ . Если  $MO_1$  совпадает с  $MO_2$  или отличается от него не более чем на  $2t$  (для теодолита 2Т30П - 1'), то вычисляется среднее значение МО

$$MO_{cp} = (MO_1 + MO_2) / 2.$$

## 2.2 Поверки и юстировки нивелира Н-3.

На рис.2.5 показаны основные оси нивелира. В нивелире с уровнем

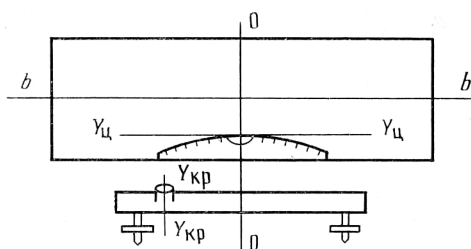


Рис.2.5. Основные оси нивелира.

при зрительной трубе должны соблюдаться следующие геометрические условия:

1. Ось круглого уровня  $Укр$  должна быть параллельна оси вращения нивелира  $00$ ;
2. Ось цилиндрического уровня  $Уц$  должна быть параллельна визирной оси  $bb$ ;
3. Ось вращения нивелира должна быть перпендикулярна визирной оси.

**Первая поверка.** Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Тремя подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт и поворачивают верхнюю часть прибора на  $180^\circ$ . Если пузырек остается в нуль-пункте, то условие выполнено. В противном случае исправительными винтами перемещают пузырек к нуль-пункту на половину отклонения. Окончательно устанавливают пузырек в нуль-пункт подъемными винтами.

После юстировки поверку повторяют.

**Вторая поверка.** Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси прибора. (Поверка главного условия нивелира.) Для выполнения этой поверки необходимо на местности разбить базис равный  $50\text{м} \pm 10\text{м}$  (рис.2.6).

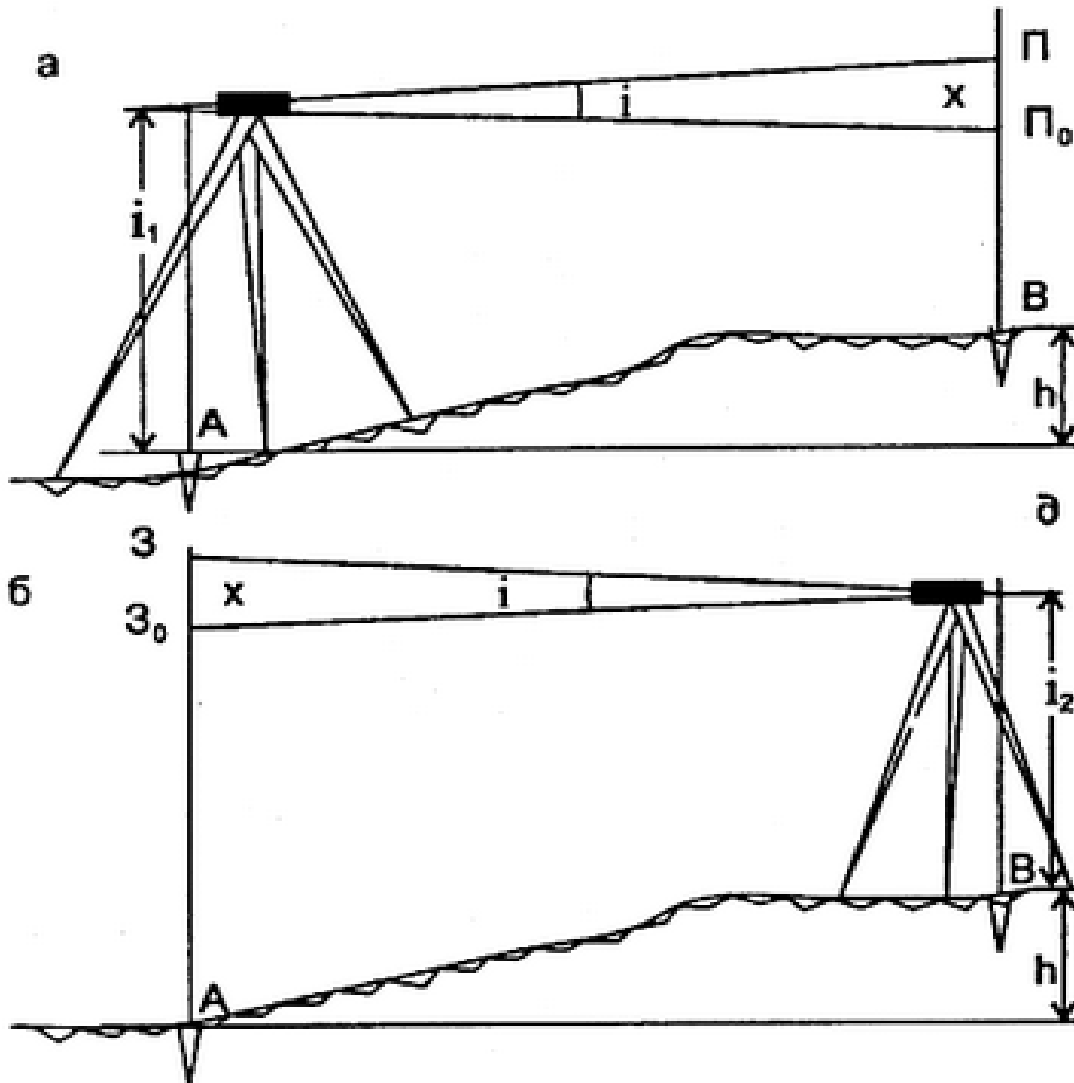


Рис.2.6. Схема выполнения главной поверки нивелира

В точку А поставить нивелир, привести его в рабочее положение, измерить высоту прибора  $i_1$ . В точке В базиса установить рейку и взять на нее отсчет  $\Pi$  (по средней нити по черной стороне рейки). Затем поменять прибор и рейку местами. Установить прибор в точке В и измерить высоту его  $i_2$ , в точке А установить рейку и взять на нее отсчет  $З$ . Вычислить величину угла  $i$  по формуле:

$$i = \frac{[(i_1 + i_2) - (\Pi_1 + \Pi_2)] \cdot \rho''}{2D} \leq 10''$$

Если условие нарушено, то необходима юстировка.

Рассмотрим эту поверку на примере.

Пример. При выполнении поверки были получены результаты:

$i_1 = 1207\text{мм}$ ;  $\Pi = 1486\text{мм}$ ;  $i_2 = 1370\text{мм}$ ;  $З = 1107\text{мм}$ .

Вычислим величину  $i$ :



$$i = \frac{[(1207 + 1370) - (1486 + 1107)] \cdot 206265''}{100000} = 33''$$

Так как условие поверки нарушено, необходимо сделать юстировку. Требуется исправить отсчет по рейке З на точке стояния нивелира В. Для этого вычислим значение  $x$  по формуле:

$$x = \frac{II + 3}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = \frac{1486 + 1107}{2} - \frac{1207 + 1370}{2} = 8$$

И вычислим верный отсчет:  $Z_0 = 3 - x = 1107 - 8 = 1099$ .

Устанавливают отсчет 1099 по рейке  $Z_0$  при точке стояния нивелира в В, действуя, элевационным винтом (наводят перекрестие сетки нитей на этот отсчет).

Пузырек цилиндрического уровня при этом уйдет из середины в сторону. Открывают пластину, закрывающую доступ к исправительным винтам цилиндрического уровня, ослабляют горизонтальные винты и, действуя вертикальными исправительными винтами уровня, выводят пузырек на середину ампулы. Поверку повторить до тех пор, пока  $i$  не станет  $\leq 10''$ .

**Третья поверка.** Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения нивелира. В защищенном от ветра месте подвешивают отвес, а в 20 - 25м от него устанавливают нивелир и с помощью круглого уровня приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Затем совмещают в поле зрения трубы один из концов вертикальной нити со шнуром отвеса. Если другой конец нити совпадает с отвесом или отклоняется от шнура меньше, чем на толщину нити сетки нитей, то условие выполнено.

Если же условие нарушено, то, ослабив крепежные винты сетки нитей, пластинку с сеткой нитей поворачивают до совмещения вертикальной нити со шнуром отвеса.

### 2.3. Поверки реек

**Первая поверка.** (Поверка выполняется для реек, имеющих уровни). Ось круглого уровня должна быть параллельна геометрической оси рейки. Нивелир приводят в рабочее положение; в 50 - 60м от него на колышек устанавливают рейку. Зрительную трубу наводят на рейку и совмещают вертикальную нить сетки с ребром рейки. Если пузырек уровня на рейке будет находиться в середине, то условие выполнено. В противном случае исправительными винтами уровня приводят пузырек в нуль-пункт. На этом завершается первая часть поверки. Далее поворачивают рейку на  $90^\circ$  и повторяют поверку.

**Вторая поверка.** Определение разности нулей рейки II («пятки рейки») - начального отсчета по красной стороне рейки). Нивелир приводят в

рабочее положение и на расстоянии 5 - 8м от него на костыль или гвоздь со сферической головкой устанавливают рейку. Берут не менее трех пар отсчетов по черной (Ч) и по красной (КР) сторонам рейки. Для каждой пары вычисляют разность нулей П - пятку рейки по формуле:

$$П = КР - Ч$$

и из полученных значений вычисляют среднее. Разности нулей (пятку рейки) определяют для обеих реек. Она используется для контроля правильности снятия отсчетов.

## 2.4.Компарирование лент и рулеток.

Перед линейными измерениями должна быть определена действительная длина мерного прибора путем сравнения с известной длиной контрольного прибора. Такое сравнение называется компарированием, оно производится на компараторах (стационарных или полевых).

Для стальных мерных лент стационарные компараторы устраивают в виде гладкого деревянного бруса. На концах бруса имеются шкалы, расстояние между нулями которых точно известно. Ленты укладывают на компаратор, натягивают и по шкалам определяют их длину. Нередко применяются полевые компараторы. Для этого, на ровном месте, на расстоянии около 120 м устанавливают прочные знаки с отмеченными точками, расстояние между которыми измеряют более точным прибором (например, электронным тахеометром). Измеряя, затем многократно это расстояние лентой, определяют фактическую длину ленты.

Например: Длина полевого компаратора равна 120,373м. После многократных измерений рабочей лентой (6-8 раз) была получена длина 120,125м. Поправка за компарирование вычислится по формуле:

$$\Delta l_k = (D_n - D_p) / n,$$

где  $D_n$  – длина компаратора, полученная в результате измерений светодальномером (120,373м);

$D_p$ - длина компаратора, полученная в результате измерений рабочей лентой (120,125);

$$n = D_p / l_0,$$

здесь  $l_0$ - номинальная длина рабочей ленты (20м).

Тогда  $\Delta l_k$  будет равна + 0,041м. А длина рабочей ленты равна 20, 041м

Результаты компарирования, осмотра теодолита, нивелира, реек и выполнения поверок записывают в тетрадь поверок приборов.

## Глава 3. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

### 3.1. Создание плановой съемочной сети

Создание плановой съемочной сети включает в себя полевые и камеральные работы.

#### 3.1.1 Полевые работы

Полевые работы по проложению теодолитного хода выполняются в следующей последовательности:

1) Рекогносцировка участка – это изучение местности для окончательного выбора положения точек теодолитного хода и привязки его к пунктам опорной геодезической сети. Рекогносцировка выполняется вместе с руководителем практики. При рекогносцировке руководствуются следующими требованиями:

а) точки теодолитного хода должны равномерно покрывать весь участок и располагаться в местах, удобных для производства топографических съемок;

б) длины сторон хода не должны превышать 350м и быть короче 40м в незастроенной части участка и 20м в застроенной части территории;

в) между смежными точками хода должна быть прямая видимость для измерения углов и благоприятные условия для измерения длин сторон;

г) местоположение точек хода должно быть выбрано так, чтобы обеспечить сохранение знака на весь период топографической съёмки. После выбора местоположения - точки теодолитного хода закрепляются на местности временными знаками – деревянными колышками, металлическими штырями или обрезками труб длиной 15см, забиваемыми вровень с землей, рядом ставят сторожок, на одной стороне которого, обращенной к следующей по ходу точке, пишут номер (арабской цифрой). Каждая бригада закрепляет свои точки, не допускается использование общих точек для разных бригад. Нумерацию ведут по ходу часовой стрелки. Закреплять точки теодолитного хода на асфальте можно окраской: рисуют краской круг диаметром 3-5см с точкой в центре круга.

Прокладываемые теодолитные ходы могут быть – замкнутые и разомкнутые. Как правило, теодолитные ходы должны опираться на твердые пункты и не менее чем на четыре пункта, если ход разомкнутый или два пункта, если ход замкнутый. Если съемке подлежат небольшие участки, то теодолитный ход можно ориентировать по магнитному азимуту, а координаты начальной точки принять равными условной величине (условная система координат); их чаще принимают  $X=0$ ,  $Y=0$ .

## 2). Угловые измерения.

Измерение углов хода производят обычно теодолитом 30" точности одним полным приёмом с расхождением в значениях угла между полуприёмами 45".

Измеряют углы наклона местности, для введения поправок в стороны хода при вычислении горизонтальных проложений. При углах наклона  $v \geq 1^\circ,5$ , горизонтальные проложения вычисляют по формуле  $d = S \cdot \cos v$ .

При углах наклона  $< 1^\circ,5$  горизонтальное проложение  $d$  берется равным  $S$ .

### *Измерение сторон хода*

Длины сторон теодолитного хода можно измерять: стальной 20-метровой лентой; 50-метровой рулеткой; светодальномером. Все мерные приборы должны быть компарированы. Стороны хода длиной более 300м предварительно перед их измерением провешивают теодолитом на себя и выставляют вехи.

Каждую сторону измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Расхождение между значениями длин сторон, измеренных стальной лентой дважды, не должно превышать 1:2000 ее длины, т. е. с расхождением между первым и вторым измерениями не более 0.05м на 100 метров хода.

За окончательное значение стороны хода принимают среднее значение из результатов двух измерений, если расхождение в их длинах не превышает допустимого.

При измерении длин сторон теодолитного хода в пересеченной холмистой местности при углах наклона больших, чем  $\pm 2^\circ$  определяют поправку за наклон к измеренному расстоянию по формуле:

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

где  $S$  – расстояние, измеренное на местности,  
 $v$  – угол наклона.

Поправка за наклон всегда отрицательна.

Горизонтальное проложение вычисляется по формуле:

$$d = S + \Delta S_v$$

*Например.* Сторона теодолитного хода измерена на местности и равна 234,46м. Угол наклона  $v = 5^\circ 30'$ . Поправка за наклон линии к горизонту  $\Delta S_v = -1,08$ м. следовательно горизонтальное проложение стороны хода будет  $S = 234,46 - 1,08 = 233,38$ м.

## Измерение вертикальных углов

Вертикальные углы делятся на углы наклона местности и зенитные расстояния.

Вертикальный угол между отвесной линией и линией визирования, называется зенитным расстоянием ( $z$ ).

Вертикальный угол между горизонтальной линией и линией визирования называется углом наклона ( $v$ ).

$$v + z = 90^\circ.$$

С помощью теодолитов ТЗ0, ТЗ0П, которые используются при выполнении работ на учебной практике, измеряются углы наклона, поэтому в дальнейшем будем говорить об измерении углов наклона. Полный прием измерения угла наклона состоит из измерений теодолитом в положении вертикального круга слева (КЛ) и в положении вертикального круга справа (КП).

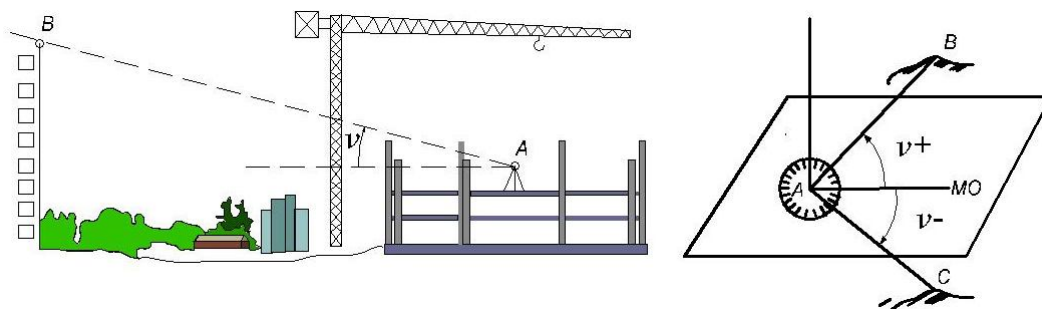


Рис. 3.1. Схема измерения угла наклона местности

Теодолит устанавливается над заданной точкой и приводится в рабочее положение. Ослабив закрепительные винты алидады горизонтального и вертикального круга, выполняется наведение на визирную цель. Наведение выполняется сначала грубо «вручную», а затем, закрутив закрепительные винты и добившись четкого изображения визирной цели, выполняется точное наведение с помощью наводящих винтов. После этого берется отсчет по шкале отсчетного устройства вертикального круга теодолита.

При работе с теодолитами ТЗ0, ТЗ0П с помощью подъемных винтов приводится в нуль-пункт пузырек уровня алидады горизонтального круга. Все измерения теодолитом могут выполняться при положении вертикального круга слева от окуляра зрительной трубы, такое положение называется «КЛ», и справа – «КП».

Однократное измерение угла при одном положении вертикального круга, «круг лево» или «круг право» составляет полуприем. Измерения при двух положениях вертикального круга составляют полный прием.

Углы вычисляются по формулам:

для теодолитов 2Т30,2Т30П

$$v = (КЛ - КП) / 2;$$

$$v = КЛ - МО;$$

$$v = МО - КП;$$

$$МО = (КЛ + КП) / 2.$$

В этих формулах:

КЛ – отсчет по шкале вертикального круга, взятый в положении теодолита «круг лево»;

КП – отсчет по шкале вертикального круга, взятый в положении теодолита «круг право»;

МО – место нуля.

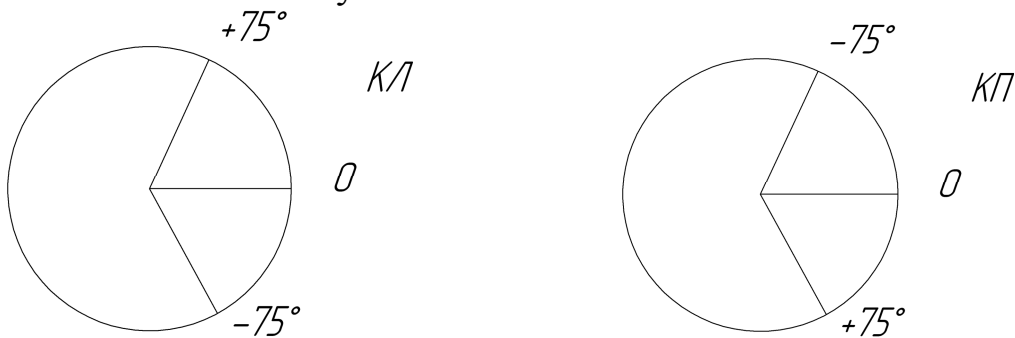


Рис.3.2. Схема оцифровки вертикального круга теодолита 2Т30П.

Место нуля – это отсчет по шкале вертикального круга, соответствующий горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы. Для записи результатов измерений углов наклона может использовать журнал, приведенный в табл.3.1.

Контролируется качество измерения углов наклона по постоянству места нуля. Колебание места нуля не должно превышать 1' для теодолита 2Т30П.

### Журнал измерения углов наклона

Таблица 3.1.

Назв. или № станции	Назв. или № точки визирования	КЛ КП	Отсчеты по вертикальному кругу ° '	Место нуля МО	Угол наклона ° '
	1	КЛ	+2°17' (1)	-0°01'00"	+2°18' (4)

				(3)	
		КП	$-2^{\circ}19'$ (2)		
2					
	3	КЛ	$-1^{\circ}02'$ (5)	$-0^{\circ}00'30''$ (7)	$-1^{\circ}01'30''$ (8)
		КП	$+1^{\circ}01'$ (6)		

Примечание: цифры в скобках указывают последовательность измерений и вычислений.

Все приведенные в методических указаниях допуски при выполнении учебной практики могут быть увеличены в два раза.

### *Измерение горизонтальных углов способом приемов*

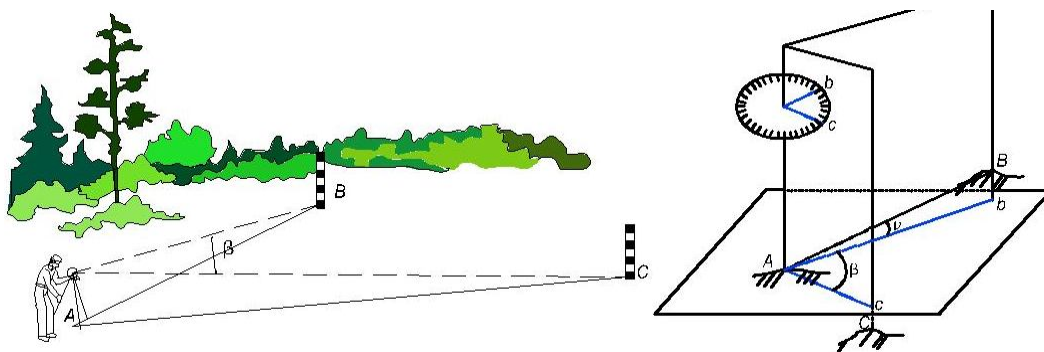


Рис. 3.3. Схема измерения горизонтального угла.

Последовательность выполнения измерений:

Теодолит приводится в положение «круг лево». Закрепляется лимб горизонтального круга. Встав лицом к измеряемому углу и вращая теодолит по ходу часовой стрелки, выполняется наведение на левое направление (точку В). При этом наведение сначала выполняется грубо вручную, не глядя в окуляр зрительной трубы, используя визирное устройство, а затем, закрутив закрепительный винт алидады и зрительной трубы, выполняется точное наведение с помощью наводящих винтов и берется отсчет. Перед точным наведением необходимо добиться четкого изображения визирной цели с помощью кремальеры.

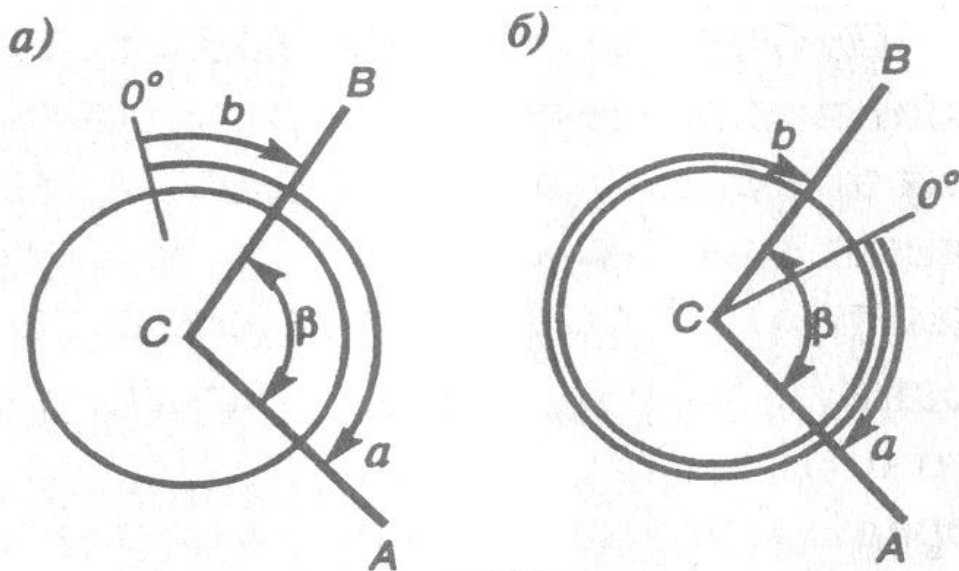


Рис. 3.4. Измерение горизонтальных углов:

- а) ноль лимба находится вне измеряемого угла;  
 б) ноль лимба находится внутри измеряемого угла.

Так как от качества фокусировки сетки нитей и визирной цели значительно зависит точность измерений, то необходимо сделать контроль. Для этого, глядя в окуляр на визирную цель, глаз слегка перемещается влево и вправо от центра окуляра. Если при этом сетка нитей не меняет своего положения по отношению к визирной цели, значит фокусировка, выполнена качественно. Если же сетка перемещается относительно визирной цели, то необходимо более тщательно выполнить фокусировку сетки нитей и визирной цели.

Взяв и записав отсчет по горизонтальному кругу на левое направление ( $B_{кл}$ ) открепляются закрепительные винты алидады и зрительной трубы. Вращая теодолит по ходу часовой стрелки, выполняется наведение на правую визирную цель (точка А), берется отсчет по горизонтальному кругу на правое направление ( $A_{кл}$ ) и делается запись в журнале. Полуприем закончен.

Второй полуприем выполняется, предварительно слегка сместив наводящим винтом, лимб на  $1-2^\circ$ . В положении «круг лево» производятся те же действия, что и в первом полуприеме, но наведение выполняется сначала на правое направление, затем вращая теодолит по ходу часовой стрелки – на левое.

Горизонтальный угол вычисляется дважды, для первого полуприема  $\beta_{кл}$  и для второго полуприема  $\beta_{кп}$ :

$$\begin{aligned}\beta_{кл} &= \Pi_{кл} - Л_{кл}; \\ \beta_{кп} &= \Pi_{кп} - Л_{кп},\end{aligned}$$



где  $P_{\text{кл}}$  и  $L_{\text{кл}}$  – отсчеты на правое направление - (.) А и левое направление – (.) В при «круге лево».

Запись отсчетов и вычисления ведутся в специальном журнале. Одна из возможных форм журнала показана в табл.3.2. Разность между углами, полученными в полуприемах для теодолита 2Т30П должна быть не более 45". За окончательное значение измеренного угла берется среднее значение из двух полуприемов.

### Журнал измерения горизонтальных углов

Таблица 3.2

Назв. или № станции	Назв. или № точки визирования	КЛ КП	Отсчеты по горизонтальному кругу ° ' "	Измеренный угол ° ' "	Средний угол ° ' "
А	1	КЛ	18° 08' (1)	105°02' (5)	
	2	КЛ	123°10' (2)		
					105°01'45"(7)
А	1	КП	202°07'30" (3)	105°01'30"(6)	
	2	КП	307°09' (4)		

#### 3.1.2. Камеральные работы

Камеральные работы при проложении теодолитного хода состоят из проверки журналов по измерению углов и длин линий. Составления схемы планового обоснования и вычисления координат точек хода.

При проверке полевых журналов повторно вычисляют средние значения углов и расстояний. Схему теодолитного хода составляют на плотной бумаге в произвольном масштабе. На схему выписывают измеренные углы и длины линий, а так же координаты пунктов и дирекционные углы линий, которые были использованы для привязки теодолитного хода. Вычисление координат точек съемочного обоснования ведется в специальной ведомости.

Порядок обработки ведомости вычисления координат описан в учебном пособии к курсовой работе по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия), часть 1.

## 3.2. Создание высотной съемочной сети

### 3.2.1. Полевые работы

Высотная съемочная сеть создается методом геометрического нивелирования, проложением ходов технической точности.

Высоты точек, определенные техническим нивелированием служат высотным обоснованием топографических съемок и инженерных работ. Нивелирные ходы могут быть разомкнутые, между двумя твердыми реперами и замкнутые.

Геометрическое нивелирование позволяет определить превышение одной точки над другой с помощью горизонтального луча нивелира и отвесно установленных нивелирных реек.

Существует 2 способа геометрического нивелирования: нивелирование из середины и нивелирование вперед.

**Нивелирование из середины.** В точках А и В устанавливаются отвесно нивелирные рейки, а нивелир устанавливается между точками А и В на одинаковом расстоянии между ними, не обязательно в створе линии. После приведения нивелира в рабочее положение производят снятие отсчетов на заднюю (а) и переднюю (в) рейки. Отсчеты  $a$  и  $b$  по рейке берутся до мм.

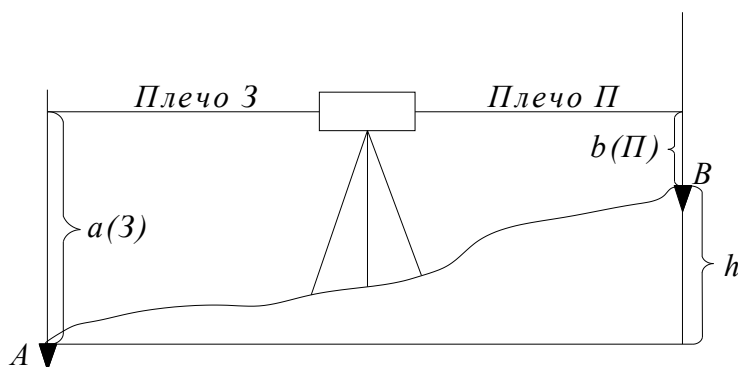


Рис. 3.5. Нивелирование из середины.

Расстояние до реек (плечи) при техническом нивелировании допускаются до 150м (неравенство плеч до 5м). Превышение  $h$  вычисляется по формуле:

$$h = a - b = З - П;$$

Отметка передней точки вычисляется по формуле:

$$H_B = H_A + h$$

Нивелирная рейка с сантиметровыми делениями (двухсторонняя). Если рейка двухсторонняя – берут отсчет по черной и красной стороне. Контроль по станции:

$$\begin{aligned} 3_K - 3_{чер} &= \text{пятка 1} \\ П_K - П_{ч} &= \text{пятка 2} \\ / \text{пятка 1} - \text{пятка 2} / &\leq 5 \text{мм.} \end{aligned}$$

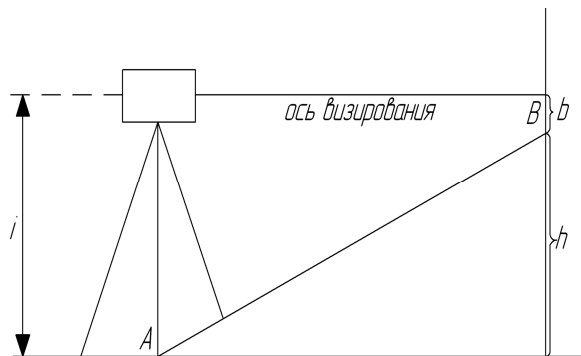
Пятка – это начальный отсчет по красной стороне рейки.

Так как, на каждой точке мы берем по два отсчета, то превышение считаем дважды:

$$\begin{aligned} h_1 &= 3_{ч} - П_{ч}, \\ h_2 &= 3_K - П_K \\ h &= \frac{h_1 + h_2}{2} \end{aligned}$$

Если рейки односторонние, то производят нивелирование дважды при разных высотах инструмента.

### Нивелирование вперед



$i$ -высота инструмента, измеряется стальной рулеткой или отсчитывается по нивелирной рейке от колышка до середины окуляра.

$$h = i - b$$

Превышение, может быть положительным или отрицательным.

Рис.3.6. Нивелирование вперед

В тех случаях, когда превышения между точками, расположенными на значительном расстоянии, с одной постановки нивелира определить нельзя, выполняется последовательное нивелирование или сложное.

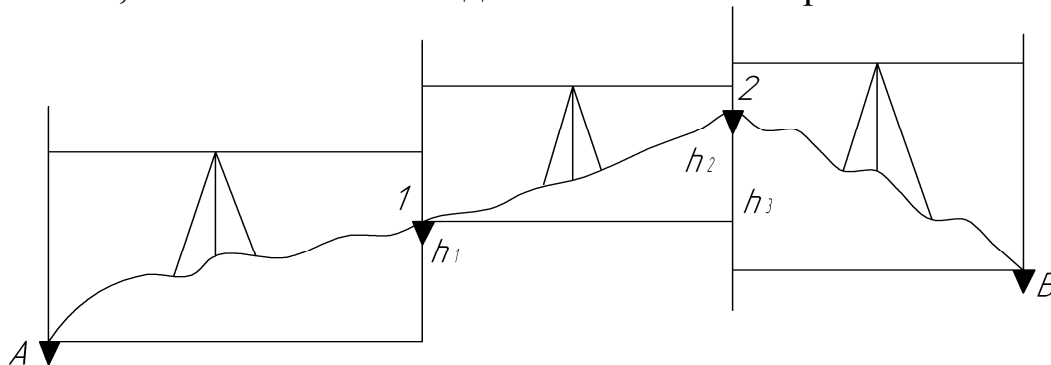


Рис. 3.7. Последовательное нивелирование



а) визируют на заднюю рейку, и, приведя, элевационным винтом, пузырек цилиндрического уровня на середину, вначале наблюдая его в боковом окне уровня, а затем соединяют концы пузырька в поле зрения зрительной трубы и берут отсчет по средней нити сетки по черной стороне рейки в мм (четыре знака без запятых). Затем по команде исполнителя речник дает красную сторону рейки и берется отсчет. Разность отсчетов по красной и черной стороне рейки дает величину пятки данной рейки и служит контролем нивелирования.

в) визируют на переднюю рейку и повторяют действия пункта (а).

### 3.2.2. Камеральные работы

Порядок вычисления отметок точек высотного съемочного обоснования описан в учебном пособии к КР по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия), часть 2.

## 3.3. Съёмка местности.

Совокупность геодезических измерений на земной поверхности для получения плана или карты или цифровой модели местности называют съемкой. Если по результатам съемки на плане получают положение ситуации, т.е. контуров и предметов местности, то съемку называют горизонтальной, или контурной. Если снимается рельеф – то вертикальной. Если снимается ситуация и рельеф, то съемку называют топографической.

*Основные виды съемок:* горизонтальная (теодолитная), топографическая (тахеометрическая, фототеодолитная, аэрофотосъемка, мензульная), высотная (нивелирование поверхности).

Название вида съемки определяется названием основного прибора, используемого при съемке и способом производства работ.

Любые виды топографических съемок требуют создания съемочного обоснования. Таким образом, съемки ведутся с использованием основного принципа геодезии – «от общего к частному»: вначале создается съемочное обоснование, затем производится съемка подробностей ситуации и рельефа (или только ситуации, или только рельефа) и, наконец, работа завершается созданием планов или цифровых моделей местности.

### 3.3.1. Горизонтальная съемка

Горизонтальная съемка является ситуационной, при которой горизонтальные углы измеряют теодолитом, длины линий – стальной лентой или рулеткой или же светодальномером.

Съемочным обоснованием горизонтальных съемок являются теодолитные ходы разомкнутые или замкнутые.

В практике изысканий объектов строительства съемочное обоснование теодолитных съемок в виде разомкнутого теодолитного хода применяют при изысканиях линейных сооружений (автомобильных дорог, оросительных систем и т.д.).

Съемочное обоснование в виде замкнутых теодолитных ходов применяют при изысканиях сосредоточенных объектов, занимающих определенные территории (мостовые переходы, аэродромы, транспортные развязки т.д.).

В горизонтальных съемках в полевой период выполняют следующие основные виды работ: рекогносцировку, прокладку теодолитного хода, съемку характерных подробностей ситуации. Рекогносцировку подлежащего съемке участка производят с целью установления границ съемки, определения направления и положения теодолитных ходов и выбор способа съемки ситуации.

Прокладка теодолитного хода включает в себя закрепление линий, измерение углов и длин линий.

Съемку характерных подробностей ситуации осуществляют в зависимости от конкретных условий местности и используемых приборов одним из следующих способов: способом перпендикуляров, способом угловых засечек, линейных засечек, полярных координат, обхода и створов, способом обмера.

При съемке на местности определяют положение характерных точек ситуации (углов зданий, изгибов дороги). В последующем с помощью графических построений на бумаге получают изображение этих точек и зарисовывают ситуацию в условных знаках.

### **1. Способ перпендикуляров (или прямоугольных координат).**

В этом способе мерный прибор – стальную ленту или рулетку – укладывают в створ стороны теодолитного хода и из характерных точек ситуации опускают перпендикуляр на сторону хода.

По рулетке определяют расстояние от точки теодолитного хода до основания перпендикуляра (абсциссу  $x$ ) и измеряют длину перпендикуляра (ординату  $y$ ). При съемке кварталов в городах и поселках длина - от 0,25 – 4м. при 1:500, а при использовании эскера до 20м. На рисунке положение юго-западного угла здания характеризуется значениями  $x_1 = 2,63$ м. и  $y_1 = 2,15$ м., а юго-восточного угла - значениями  $x_2 = 13,63$ м.  $y_2 = 4,05$ м.

Для построения углов здания на плане соединяют нанесенные ранее точки теодолитного хода II и III, откладывают по полученному створу значения абсцисс  $x$  в масштабе съемки, строят с помощью треугольника перпендикуляры и откладывают в соответствующем масштабе значения

ординат. Полученные точки соединяют и получают изображение на плане фасада здания.

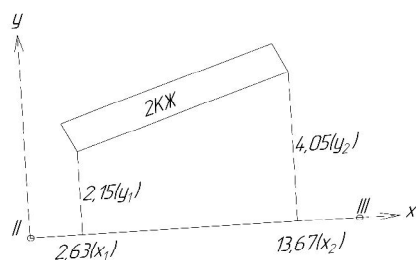


Рис.3.9. Способ прямоугольных координат

Для повышения точности построения перпендикуляров на местности используют двухзеркальный эккер.

## 2. Способ полярных координат

В этом способе за полярную ось принимают сторону теодолитного хода 2 – 1, а за полюс – точку 2 теодолитного хода. Положение снимаемой точки определяют полярным углом  $\beta$  и полярным расстоянием. Положение колодца определяют полярным углом  $19^\circ 45'$  и полярным расстоянием  $d = 48,23$  м.

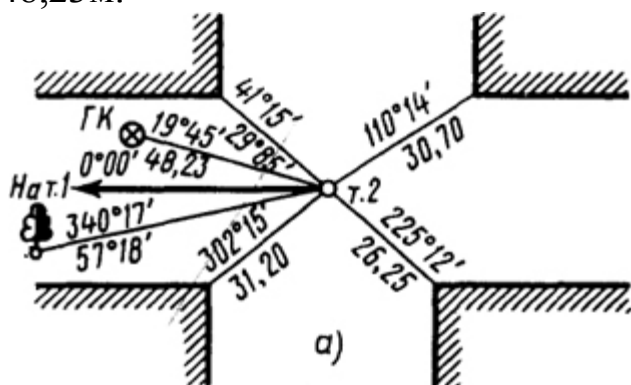


Рис.3.10. Способ полярных координат

Для построения точки, определяющей положение колодца на плане, транспортиром откладывают от направления 2 – 1 полярный угол  $\beta$  и по полученному направлению отмеряют от точки 2 расстояние  $d$  в масштабе съемки.

При съемках различают так называемые твердые и нетвердые контуры. Твердые контуры имеют на местности резко очерченные границы. Например, углы зданий, бордюрный камень на улицах населенных пунктов, столбы электропередачи и т.п.

Нетвердые контуры не имеют на местности резко очерченных границ. К ним относятся границы куч грунта, посадок растительности, различных угодий.

Для обеспечения точности съемки полярным способом ограничивают величину полярного расстояния.

### 3. Способ угловых засечек

В этом способе для съемки характерной точки ситуации устанавливают теодолит последовательно на точках теодолитного хода II и III и измеряют углы между стороной хода и направлением на предмет – фонарный столб.

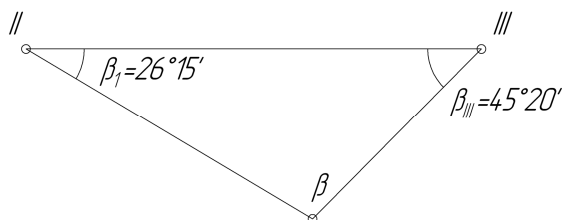


Рис. 3.11. Способ угловой засечки

Для построения точки на плане откладывают по транспортиру в точках теодолитного хода II и III значения  $\beta_{II}$   $\beta_{III}$  соответственно, проводят направления, а положение точки определяют по пересечению

полученных направлений. Для контроля производят измерение с третьей точки.

### 4. Способ линейных засечек

В этом способе для съемки характерной точки измеряют расстояния от точки до двух точек планового обоснования. На рис. 3.12. для съемки фонаря измерены расстояния до определяемой точки от точки теодолитного хода II ( $d_{II} = 15,0$ м) и от створной точки С ( $d_C = 14,70$ м). На плане положение фонаря определяют как пересечение засечек циркуля с длинами  $d_{II}$  и  $d_C$  соответственно из точек II и С.

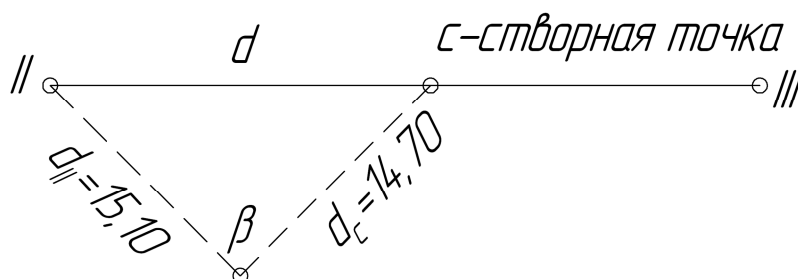


Рис. 3.12. Способ линейной засечки.

Способ линейных засечек применяют для съемки твердых контуров. Длины засечек более мерного прибора (рулетки или стальной ленты) применяют редко. Наиболее благоприятным в смысле точности съемки считается засечка равными расстояниями  $d_{II} = d_C = d$ .

**5. Способ обхода** реализуют проложением теодолитного хода по контуру снимаемого объекта с привязкой этого хода к съемочному обоснованию (на рис 3.13. точка А- точка съемочного обоснования).

Углы  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  снимают при одном положении круга теодолита, а измерения длин сторон съемочного теодолитного хода осуществляют ру-



леткой или нитяным дальномером. Используют при съемке нетвердых контуров (лес, пашня, озеро, огороды).

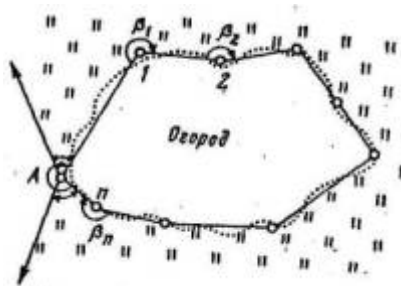


Рис. 3.13. Способ обхода

**6. Суть способа створов** состоит в том, что в створе двух известных точек, размещенных на сторонах съемочного обоснования (например, М и N) при помощи теодолита и мерного прибора определяют положение характерных ситуационных точек (a, b, c, d).

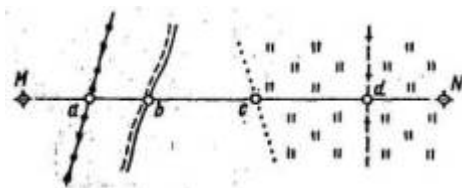


Рис.3.14. Способ створов

При производстве теодолитной съемки ведут абрис и журнал измерений. Абрис представляет собой схематический чертеж отдельных сторон съемочного обоснования и контуров ситуации в произвольном масштабе, но с обязательным указанием промеров. В журнале записывают отсчеты при измерении углов.

При горизонтальной съемке вдоль трассы линейного сооружения ведут угломерный журнал, а абрис изображают в пикетажной книжке, приблизительно придерживаясь принятого масштаба.

В ходе камеральных работ осуществляют проверку журналов измерений и абрисов, составляют схематический чертеж ходов, вычисляют горизонтальные проложения сторон съемочного обоснования при углах наклона  $\nu > 1^\circ 30'$  составляют ведомость координат теодолитных ходов, строят координатную сетку на чертежной бумаге и составляют ситуационный план местности в заданном масштабе.

### 3.3.2. Тахеометрическая съемка

При тахеометрической съемке одновременно определяют плановое и высотное положение точек местности, что позволяет сразу получить топографический план.

Плановое положение характерных точек местности определяют полярным способом, высоты – тригонометрическим нивелированием. При этом расстояния измеряют нитяным дальномером, а горизонтальные и вертикальные углы – теодолитом. Все измерения выполняют достаточно быстро, что объясняет происхождение названия съемки. Слово «тахеометрия» в переводе с греческого означает «быстрое измерение».

Важным достоинством тахеометрической съемки является то, что максимальное увеличение производительности труда в поле позволяет существенную долю объема работ по созданию топографических планов и цифровых моделей местности перенести в камеральные условия, где есть возможность широкого привлечения для этой цели средств автоматизации и вычислительной техники. В связи с этим особенно эффективным становится использование для тахеометрических съемок электронных тахеометров, позволяющих фиксировать результаты измерений на магнитные носители, с последующим вводом получаемой информации в ЭВМ, ее автоматической обработкой, подготовкой ЦММ и вычерчиванием топографических планов на графопостроителях.

Основным недостатком тахеометрической съемки является то, что при камеральной подготовке топографического плана практически исключается возможность сличения его с местностью, в связи, с чем могут быть пропущены некоторые детали местности и могут возникнуть искажения отдельных элементов рельефа.

При производстве тахеометрических съемок в настоящее время используют следующие приборы:

1. теодолиты – тахеометры Т 15, Т 15К, Т 30, 2Т 30, 2Т 30П;
2. электронные тахеометры Trimble, Leica, Nikon, Sokkia и др.
3. рейки нивелирные, тахеометрические вехи (вехи с отражателем для определения расстояний электронным тахеометром);
4. землемерные ленты, рулетки, вехи.

#### *Производство тахеометрической съемки*

Для обеспечения требуемой густоты съемочного обоснования в дополнение к имеющейся сети прокладывают съемочные ходы. В этих ходах одновременно определяют положение точек хода (станций) и производят с них съемку местности. Съемочные ходы опираются на пункты съемоч-

ного обоснования. Для определения планового положения точек хода измеряют горизонтальные углы и длины сторон. При съемках в масштабе 1:500 длины сторон измеряют двадцатиметровыми лентами или стальными рулетками, при съемках более мелких масштабов – нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях. Линейная невязка хода при работе с нитяным дальномером не должна превышать 1:300 длины хода.

Высоты точек хода определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях вертикального круга в прямом и обратном направлениях. Расхождения в превышениях не допускаются более 4см на каждые 100м расстояния. Допустимую высотную невязку хода (в метрах) вычисляют по формуле:

$$f_{\text{доп}} = \pm 0.04 \cdot S_{\text{ср}} \cdot \sqrt{n} (\text{см}),$$

где  $S_{\text{ср}}$  – средняя длина линии в м.

### *Тахеометрическая съемка теодолитом-тахеометром.*

Съемку местности производят с точки съемочного обоснования (станций). На станции: устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение и ориентируют, т.е. совмещают нулевой диаметр лимба – начало отсчетов по горизонтальному кругу – с одной из сторон обоснования, принятой за полярную ось. В этом случае отсчеты по горизонтальному кругу теодолита дают значения полярных углов.

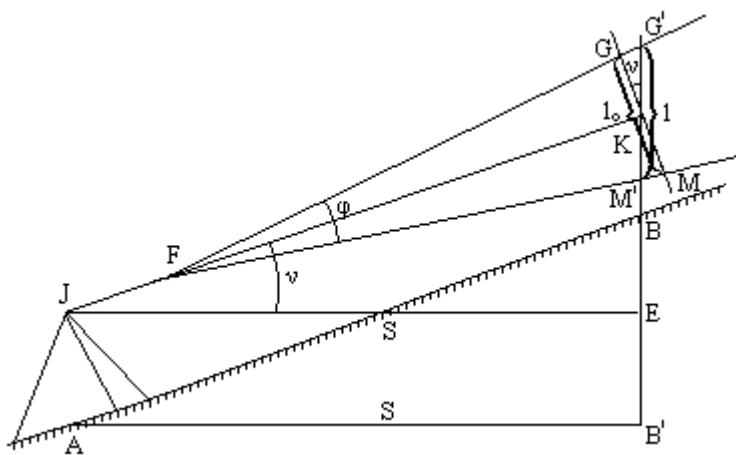


Рис. 3.15. Определение расстояния с помощью нитяного дальномера

Для определения полярного расстояния производят дальномерный отсчет по рейке, установленной на определяемой точке местности (речной точке). При этом расстоянии  $D = k \cdot n + c$ , где  $k$  - коэффициент дальномера обычно равен 100,  $n$  - отсчет по рейке,  $c$  – постоянное слагаемое, в современных приборах «с» очень мало и его часто не учитывают при измерении.

ях. Эта формула получена для случая, когда рейка расположена перпендикулярно к визирной оси.

Если рейка наклонена по отклонению к визирной оси на угол  $\nu$ , то вместо правильного отсчета  $GM = n$  возьмут отсчет  $G'M' = n'$ . Эти величины связаны соотношением  $n = n' \cos \nu$  (из решения прямоугольного треугольника). Подставляем значение  $n$  в формулу  $D = kn + c = kn' \cos \nu + c$ , но  $d = D \cdot \cos \nu$ , тогда  $d = kn' \cos^2 \nu + c \cos \nu$ . Величины  $c$  и  $\nu$  малы, поэтому  $c \cos \nu \approx c \cos^2 \nu$ , тогда  $d \approx (kn' + c) \cos^2 \nu$  обозначим  $kn' + c = L$ , тогда  $d \approx L \cos^2 \nu$ .

Для определения превышения  $h$ , между станцией и речной точкой, измеряют высоту теодолита  $i$  и угол наклона  $\nu$ . Если визирование осуществляли на отсчет  $l$  по рейке, то превышение вычисляют по формуле тригонометрического нивелирования:  $h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - l$ , но  $d = L \cos^2 \nu$ , тогда

$$h = L \cdot \cos^2 \nu \cdot \operatorname{tg} \nu + i - l \text{ или}$$

$$h = L \cdot \cos^2 \nu \cdot \frac{\sin \nu}{\cos \nu} + i - l, \text{ тогда}$$

$$h = L \cdot \cos \nu \cdot \sin \nu + i - l, \text{ но } \sin 2\nu = 2 \cos \nu \cdot \sin \nu \text{ заменим на } \frac{1}{2} \sin 2\nu, \text{ получим}$$

$$h = \frac{1}{2} L \cdot \sin 2\nu + i - l.$$

Чтобы сократить объем вычислений, визирование обычно осуществляется на отсчет по рейке, равный высоте инструмента, т.е.

$$l = i, \text{ тогда}$$

$$h = \frac{1}{2} L \cdot \sin 2\nu.$$

Съемку производят, как уже мы отмечали полярным способом со съёмочных точек обоснования по речным точкам, размещаемых в характерных местах рельефа и ситуации.

Речные точки не подлежат никакому закреплению, при этом рейку ставят непосредственно на землю. Число речных точек, снимаемых с каждой съёмочной точки обоснования, зависит от рельефа местности, особенностей ситуации, видимости и масштаба съемки. Речные точки по возможности размещаются равномерно по площади таким образом, чтобы расстояния между ними, не превышали следующих величин

Масштаб съемки	1:500	1:1000	1:2000
Расстояние между речными точками, м при высоте сечения рельефа 0,5 м	15	20	40

Речные точки выбирают таким образом, чтобы на топографическом плане можно было однозначно изобразить рельеф и ситуацию.

Тахеометрическая съемка производится с помощью рабочих реечников, общее число которых (от 1 до 4) зависит от опытности тахеометриста. Порядок обхода точек реечники обычно осуществляют параллельными рядами.

#### *Порядок работы на станции*

Тахеометрическую съемку начинают с установки тахеометра на съемочной точке, для чего тахеометр центрируют, горизонтируют, и с помощью рейки или рулетки измеряют высоту прибора над съемочной точкой с точностью до 1 см. Затем прибор ориентируют, т.е. устанавливают ноль лимба по направлению на одну из соседних съемочных точек, ориентирование обычно производят при круге лево.

После ориентирования, при том же круге, тахеометрист визирует прибор на реечные точки, делает отсчеты по лимбу, определяя направление на соответствующие реечные точки, измеряет расстояние нитяным дальномером и берет отсчет по вертикальному кругу для дальнейшего вычисления угла наклона. При этом нужно помнить, что ежедневно в начале работы и в конце ее обязательно производится определение МО.

При отсутствии видимости на отсчет, равный высоте инструмента, среднюю нить сетки нитей зрительной трубы при измерении вертикальных углов наводят на любой отсчет и его записывают в журнал.

При определении расстояний нитяным дальномером отсчет по дальномерным нитям можно делать одним из двух способов:

1. с одновременным измерением угла наклона, когда средняя линия сетки нитей наводится на отсчет, равный  $i$ , и берут отсчеты по верхней «а» и нижней «в» дальномерным нитям. Расстояние вычисляют как разность отсчетов умноженная на коэффициент нитяного дальномера.
2. со смещением нижней дальномерной нити на ближайший отсчет, кратный целому метру, при этом для взятия отсчета по вертикальному кругу средняя нить сетки возвращается в исходное положение.

Завершив съемку с данной точки, тахеометрист снова визирует прибор на исходную веху, проверяя, не сошел ли в ходе съемки отсчет по лимбу с нуля.

В ходе съемки ведут абрис с нанесением на него всех реечных точек и с зарисовкой рельефа и ситуации. Абрис делают в журнал тахеометрической съемки отдельно для каждой съемочной точки, причем направления и расстояния наносят на глаз без масштаба. Абрис является важным элементом тахеометрической съемки, т.к. позволят воспроизводить при камеральной подготовке топографического плана рельефа и ситуацию местности.

В отличие от абрисов, ведущихся при теодолитной съемке, при тахеометрической съемке на абрисе никаких размеров не указывается, но обязательно проставляются номера реечных точек и показываются стрелками направления и участки равномерного ската. Это позволяет при составлении плана правильно изобразить рельеф.

Либо вместо направлений ската на глаз без интерполяции рисуют горизонтали.

Образец журнала тахеометрической съемки приведен в табл.3.3.

*Ст.№I, i=1,54м, MO=0°01', Ориентировано на точку II, H<sub>I</sub>=153.17м*

Таблица 3.3.

№ точки	$\beta$	Расстояние по рейке L	Отсчет по верт. кругу	Угол наклона $\nu$	Место наведения l	Гор. прол. d	Превышение h	Отметка Н
II	0°00'							
1	10°15'	25,4	0°58'	0°57'		25,4	+0,42	153,59
2	12°40'	38,6	-1°40'	-1°41'	1,54	38,6	-1,70	151,47
3	40°15'	45,5	-1°45'	-1°46'		45,5	-1,40	151,77
4	50°30'	80,1	0°15'	0°14'		80,1	+0,33	153,50
II	0°01'							

Кроме контуров, снимают следующие предметы местности: пункты геодезических сетей, строения, здания и сооружения, дорожная сеть, гидрография и гидротехнические сооружения, выходы подземных коммуникаций, линии связи, электропередач, приусадебные огороды, палисадник, полосы отчуждения, тротуары и т.д.

При съемке рельефа особое внимание уделяют выбору на местности реечных точек. На холме реечные точки располагают на вершине и вдоль подошвы; в котловине – на дне и по бровке; на хребте и лощине – по линиям водораздела и водослива. При съемке седловины и реечным точкам по определению двух холмов добавляют точку на превышение.

Все результаты измерений при съемке записывают в журнал тахеометрической съемки. Там же производят вычисления горизонтальных проложений, углов наклона линий, превышений и высот пикетных точек.

Для обеспечения требуемой густоты съемочного обоснования в дополнении к имеющейся сети прокладывают съемочные ходы. В этих ходах одновременно определяют положение точек хода (станций) и производят с них съемку местности. Съёмочные ходы опираются на пункты съёмочного обоснования. Для определения планового положения точек хода измеряют горизонтальные углы и длины сторон. При съемках в масштабе

1:500 длины сторон стальными лентами или рулетками, при съемках более мелких масштабов – нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях ( $\leq 1/300$ ).

Высоты точек хода определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях круга в прямом и обратном направлениях.

При тахеометрической съемке должны быть сняты все объекты ситуации, выражающиеся в заданном масштабе плана и предусмотренные условными знаками. При выборе контурных точек учитывают следующее: изгибы снимаемых объектов, меньше 0,5мм на плане, спрямляются; участки с/х угодий и контуры растительного покрова площадью до 10мм<sup>2</sup> на плане не снимаются (25 мм<sup>2</sup> для участков, не имеющих хозяйственного значения). Высотные точки должны располагаться на характерных точках и линиях рельефа местности. Расстояния от тахеометриста до речной точки должны обеспечивать точность положения на плане четко очерченных объектов ситуации относительно ближайших пунктов съемочного обоснования 0,5мм (в горных районах 0,7мм), а по высоте средняя ошибка определения отметки по горизонталям не была бы больше  $1/4 h_c$  при  $v \leq 2^\circ$ ,  $1/3 h_c$  при  $2^\circ < v \leq 6^\circ$ .

#### *Камеральная обработка тахеометрической съемки.*

Камеральная обработка полевых измерений при тахеометрической съемке осуществляется в следующей последовательности:

1. Обработка журнала тахеометрической съемки, которая заключается в вычислении:

- углов наклона  $v_i$ :

$$v = KL - MO$$

- горизонтальных проложений  $d_i$ :

$$d = L \cdot \cos^2 v \text{ при } v \geq 1^\circ 30'. \text{ Если } v \text{ меньше } 1^\circ 30' \text{ то } d = L$$

- превышений  $h_i$ :

$$h = \frac{1}{2} L \cdot \sin 2v + i - l$$

а. и отметок речных точек:

$$H_i = H_{\text{станции}} + h_i$$

2. Разбивка сетки координатной на листе ватмана и ее оцифровка. Построение координатной сетки со сторонами 100мм выполняют линейкой Дробышева и осуществляют ее оцифровку в соответствии с масштабом съемки и координатами съемочного обоснования.

3. Нанесение на план точек съемочного обоснования. Выполняется по координатам точек съемочного обоснования с помощью масштабной линейки и измерителя и подписывается их название и высоты.
4. Накладка результатов тахеометрической съемки и горизонтальной съемки. Пикетные или реечные точки наносят на план по значениям полярных углов и горизонтальных проложений до реечных точек. Полярные углы строят по транспортиру, а полярные расстояния (горизонтальные проложения) откладывают линейкой или пользуются техеографом. Около реечных точек выписывают их высоты. По углам поворота контура, сообразуясь с зарисовками в абрисе, получают контуры угодий, а предметы местности обозначают условными топографическими знаками.
5. Построение на плане горизонталей. После построения ситуации переходят к отображению рельефа. Для этого по линиям равномерного ската проводят интерполяцию. Интерполяция – это определение промежуточных значений. В нашем случае промежуточные значения – это точки с отметками, кратными сечению рельефа. После интерполяции точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями, согласно абриса.
6. Оформление плана.

*Рассмотрим составление и оформление плана тахеометрической съемки более подробно.*

### **Разбивка сетки координатной на листе ватмана и ее оцифровка.**

Для построения координатной сетки применяют линейку Дробышева. Это стальная линейка, с шестью окнами, расположенными на расстоянии 10см друг от друга. Одно ребро линейки, один торец и один край каждого окна скошены. На первом скошенном окне нанесена риска. Расстояние между ней и скошенным торцом линейки равно 70,711см, т.е. размеру диагонали квадрата 50х50см.

При построении сетки квадратов линейкой Дробышева отмечают шесть положений линейки:

- 1) Прочерчивают внизу листа линию, на расстоянии от края 2-3см, на линии намечают точку А, от которой откладывают точку В (шестое окно).
- 2) Засечками, с точки А – диагональю, а с т. В – стороной квадрата (шестое окошко) получают т. С.
- 3) Засечками сторон с т. С и т. А получают т. Д.
- 4) Проверяют диагональю В-Д точность построения. Допустимое расхождение 0,2мм.



5) Полученный квадрат разбивают на малые квадраты со сторонами 10x10см.

6) Производят оцифровку сетки.

Для оцифровки сетки из ведомости координат съемочного обоснования выписывают максимальные значения  $x$  и  $y$ . Разность этих значений в соответствующем масштабе дает величину плана, помещаемого на лист. В зависимости от этого и намечают начало координат по оси  $x$  и оси  $y$ . Масштаб 1:1000, 1 клетка – 100x100м. Например  $x_{max} = 985,16\text{м}$ ,  $x_{min} = 716,95\text{м}$ ,  $y_{max} = 455,90\text{м}$ ,  $y_{min} = 105,80\text{м}$ .

Следовательно  $\Delta x = 250\text{м}$ ,  $\Delta y = 350\text{м}$ , т.е. для размещения плана необходимо по оси  $x$  иметь 3 клетки, а по оси  $y$  – 4 клетки, если масштаб плана 1:1000. Вначале оцифруем сетку по оси  $x$ . Нижняя горизонтальная линия сетки должна получить координату 700, т.к.  $x_{min} = 716$ , а сетка оцифровывается кратно 100м, а самая верхняя 1000, т.к.  $x_{max} = 985$ . Надписи цифр выполняются высотой 3мм симметрично горизонтальной линии сетки. Аналогично оцифровывают сетку по оси  $y$ .

### **Нанесение на план точек съемочного обоснования.**

Следующий этап заключается в нанесении точек съемочного обоснования по координатам согласно оцифровке. Для этого вначале находят квадрат расположения наносимой точки, а затем, используя график поперечного масштаба, наносятся точки.

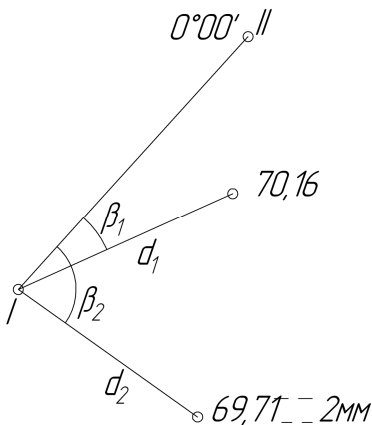
Например  $x_I = 716,95\text{м}$ ,  $y_I = 105,80\text{м}$ , т.к. сотни метров координат подписывают на сетке, то откладывают разность между координатной точки и цифрой подписанной сетки.

$$\Delta x = 16,95\text{м}, \Delta y = 5,80\text{м}.$$

Вычисленные величины откладывают на графике поперечного масштаба с помощью циркуля – измерителя и затем переносят на план. Полученную точку слегка накалывают на плане, обводят кружочком диаметром 15мм с выступающими в 4 стороны штрихами по 0,5мм и справа подписывают номер точки в числителе и ее отметку в знаменателе. Аналогичные действия осуществляют при нанесении остальных точек. После этого производят контроль нанесения. Для этого в раствор измерителя в масштабе построения последовательно набирают расстояния между точками съемочного обоснования (графа «Длина линии») и, прикладывая измеритель между соответствующими точками сравнивают, полученные отрезки. Расхождения не должны превышать 0,2мм, если расхождения больше 0,2мм, то необходимо проверить правильность построения точек.

## Накладка результатов тахеометрической съемки и горизонтальной съемки.

Следующий этап построения плана – накладка результатов тахеометрической съемки. Для этого используют журнал тахеометрической съемки, транспортир, линейку и измеритель. Либо прибор, называемый тахеографом. Откладывая горизонтальные углы от линии ориентирования I-II по ходу часовой стрелки и горизонтальные проложения  $d$ , получаем положение речных точек, которые обозначаются точкой, с подписанной справа отметкой.



После нанесения всех точек, тахеометрической съемки по абрисам теодолитной съемки также наносят ситуацию и проводят границы контуров и проставляют условные знаки.

Рис.3.16. Нанесение речных точек

### Построение на плане горизонталей.

Для построения на плане горизонталей используют аналитический или графический способ интерполирования. Смысл интерполирования заключается в том, что линию, соединяющую две речные точки, разбивают на интервалы с заданной высотой сечения, с нахождением планового положения точек соответствующих горизонталей.

Графически эта задача решается следующим образом: листок кальки расчерчивается параллельными линиями с равным интервалом (примерно 8 мм), при этом каждая линия нумеруется как горизонталь, так создается палетка.

Палетку накладывают на чертеже таким образом, чтобы одна из точек совмещалась с соответствующей высотой палетки.

Палетку поворачивают вокруг этой точки до совмещения второй точки с соответствующей высотой палетки.

Пересечение соответствующих линий палетки с линией, соединяющей съемочные точки, даст положение точек прохождения соответствующих горизонталей. Затем переходят к интерполированию между следующими смежными точками и т.д. Точки равных высот соединяют плавными кривыми, при этом нужно помнить, что горизонталей не проводят через искусственные сооружения, реки, водоемы.

После проведения всех горизонталей, необходимо подписывать горизонтали, кратные 5м. При этом верх цифр должен быть направлен в сторону повышения ската. Кроме того, расставляют бергштрихи по характерным линиям получившегося рельефа (водораздел, водослив).

### Оформление плана.

Внешнее оформление тахеометрического плана заключается в зарамочном оформлении, согласно требованиям «Условных знаков». Обязательно подлежит указанию:

- 1) система координат (условная или государственная);
- 2) система высот (условная или балтийская);
- 3) исполнитель съемки, который несет ответственность за достоверность информации на плане;
- 4) дата съемки;
- 5) масштаб плана (численный, именованный, линейный);
- 6) принятая на плане высота сечения рельефа;
- 7) строится график масштаба заложений;

## Глава 4. ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ( для студентов факультета АДМ)

### 4.1. Рекогносцировка и закрепление трассы

Руководитель практики вместе с бригадами намечает на местности положение оси автомобильной дороги не менее чем с двумя углами поворота, бригады производят закрепление точек начала трассы (Нтр), вершин углов поворота трассы (ВУ) и конца трассы (Ктр). Трасса закрепляется кольшками длиной не менее 15см, рядом забивается сторожок на котором подписывается название точки.

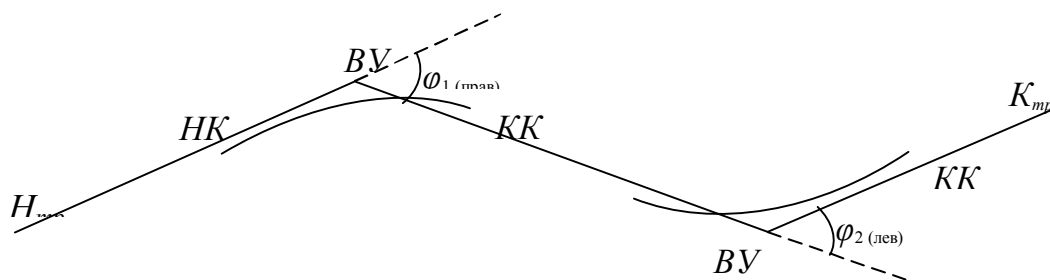


Рис.4.1 Пример схемы трассы

На местности производится измерение горизонтальных углов в точках поворота трассы (ВУ) одним полным приемом с одной стороны по ходу трассы и вычисляются углы поворота трассы:

$$\begin{aligned}\varphi &= 180^\circ - \beta, \text{ если } \beta \text{ меньше } 180^\circ; \\ \varphi &= \beta - 180^\circ, \text{ если } \beta \text{ больше } 180^\circ;\end{aligned}$$

Руководитель практики выдает радиусы круговых кривых, вписываемых во внутренние углы поворота трассы (R). По вычисленным углам поворота трассы и радиусам закруглений производится расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых.

#### **4.2. Расчет элементов горизонтальных круговых кривых**

Порядок расчета основных элементов горизонтальных круговых кривых и пикетажных значений главных точек кривых описан в учебном пособии к курсовой работе по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия), часть 2.

#### **4.3. Составление ведомости прямых и кривых**

По результатам расчета составляется ведомость прямых и кривых (смотри учебное пособие к курсовой работе по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия), часть 2.

#### **4.4. Составление плана трассы**

План трассы составляют по данным пикетажной книжки и по ведомости прямых и кривых. В пикетажной книжке приведены результаты съемки притрассовой полосы вправо и влево от трассы шириной по 50м, а в ведомости прямых и кривых сосредоточены сведения об углах поворота, радиусах закруглений, элементах кривых и пикетажных значениях характерных точек трассы, приведены значения направлений прямолинейных участков трассы.

Масштаб плана трассы принимают 1:5000 или 1:2000 (по заданию преподавателя).

План трассы в масштабе 1:5000 составляют на чертежной бумаге по координатам точек начала трассы, вершин углов поворота трассы и конца трассы или по румбам и расстояниям между вершинами, как описано ниже:

1. Согласно заданному начальному направлению  $r_{исх}$  начало трассы на листе выбирают так, чтобы весь план ее разместился симметрично краям листа.
2. В точке начала трассы проводят вертикальную линию и от нее транспортиром откладывают румб  $r_{исх}$  начального направления и в этом направлении прочерчивают карандашом линию.
3. Вдоль прочерченной линии в масштабе откладывают отрезок, равный расстоянию от  $ПК0$  до вершины угла поворота 1 ( $ВУ1$ ) –  $S_1$  и получают точку вершины угла 1 ( $ВУ1$ ).
4. За вершину угла продляют начальное направление и от него строят угол поворота трассы  $\varphi_1$ , в полученном направлении прочерчивают линию.
5. Вдоль построенной линии откладывают в масштабе отрезок, равный расстоянию между вершиной угла 1 и вершиной угла 2 –  $S_2$  и получают точку вершины угла 2 ( $ВУ2$ ) и так до конца трассы.
6. Определяют на плане трассы местоположение главных точек закруглений  $НК$ ,  $СК$ ,  $КК$  при каждой вершине угла поворота. Для построения точек начала кривой  $НК$  и конца кривой  $КК$  откладывают в масштабе плана величины тангенсов  $T$  от вершин углов поворота  $ВУ$  назад по предыдущему направлению и вперед по последующему направлению. Для построения точки середины кривой  $СК$  с помощью транспортира строят биссектрису внутреннего угла при вершине угла и вдоль полученного направления откладывают в масштабе значение биссектрисы  $B$ . По направлению радиусов закруглений производят соответствующие надписи пикетажных обозначений  $НК$ ,  $СК$ ,  $КК$ .
7. По оси сооружения размечают пикеты в соответствии с масштабом плана. В нашем примере на прямолинейных участках трассы пикеты размечают от точки начала трассы через 4см, а от точек конца кривой  $КК$  в соответствии с их пикетажным значением.
8. Для обозначения пикетов на криволинейных участках трассы необходимо сделать предварительный расчет по выносу пикетов на кривую. Вынос пикетов  $ПК$  на кривую осуществляется способом прямоугольных координат. В этом способе за ось  $X$  принимают направление от точек начала или конца кривой ( $НК$  или  $КК$ ) к вершине угла поворота  $ВУ$ , за ось  $Y$  – перпендикулярное к оси  $X$  направление в сторону внутреннего угла сопряжения трассы. Координаты  $X$  и  $Y$  рассчитываются по формулам

$$X_{ПК} = R \cdot \sin \varphi_{ПК}$$

$$Y_{ПК} = R(1 - \cos \varphi_{ПК})$$

где  $R$ —радиус кривой, на которую выносится пикет;  $\varphi_{пк}$  — центральный угол, заключающий дугу  $K_{пк}$  (от начала или конца кривой до выносимого пикета).

$$\varphi_{пк} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{K_{пк}}{R};$$

где

$$K_{пк} = ПК - НК,$$

если выносимый пикет находится между началом кривой и серединой кривой;

$$K_{пк} = КК - ПК$$

если выносимый пикет находится между серединой кривой и концом кривой.

Если выносимый пикет находится между началом кривой и серединой кривой значения  $X_{пк}$  откладывают в масштабе от  $НК$  в направлении к  $ВУ$  и в построенной точке по направлению перпендикуляра откладывают значение  $Y_{пк}$ , получают положение  $ПК$  на кривой. Если выносимый пикет находится между серединой кривой и концом кривой значения  $X_{пк}$  откладывают в масштабе от  $КК$  в направлении к  $ВУ$ , значения  $Y_{пк}$  откладывают по перпендикуляру.

В графической части задания полученные координаты должны быть приведены в специальной таблице: «Вынос пикетов на кривую».

#### Вынос ПК на кривую

Таблица 4.1

ПК	$K_{пк}$	$X$	$Y$
ПК1			
ПК2			
и т.д.			

Для обозначения выносимых пикетов на кривой их значения на чертеже подписываются.

Вдоль трассы наносят съемку полосы местности по данным пикетажной книжки в соответствии с условными знаками данного масштаба.

Вблизи вершин углов поворота трассы выписывают значения элементов закруглений ( $\varphi$ ,  $R$ ,  $T$ ,  $K$ ,  $D$  и  $B$ ).

Оформляют план трассы. В верхней части плана пишут название трассы, нижней - численный масштаб плана и кто выполнил работу.

#### 4.5. Детальная разбивка горизонтальной круговой кривой.

Задание имеет цель научить студента производить расчет кругового сопряжения трассы и правильно осуществлять детальную разбивку кривой способом прямоугольных координат.

Для выполнения задания необходимо освоить правила вычисления прямоугольных координат для детальной разбивки кривых, знать принцип производства детальной разбивки кривой на местности и уметь отражать расчетные данные в графическом материале. Названные необходимые сведения приводятся при изложении методических указаний.

**Исходные данные.** Исходными данными для расчета задания являются значение радиуса круговой кривой  $R$ , величина угла поворота трассы  $\varphi$  и пикетажное значение вершины угла поворота трассы.

**Вычисление координат для детальной разбивки кривой.** Детальная разбивка кривой преследует цель получения на местности точек, расположенных через равный интервал по длине кривой. Величина интервала разбивки кривой  $l$  принимается равной 5 м при радиусе кривой до 100 м, 10 м – при радиусе кривой от 100 до 500 м и 20 м – при радиусе более 500 м.

Детальную разбивку кривой предусматривается выполнять способом прямоугольных координат. В этом способе за ось  $X$  принимают направление от точек начала или конца кривой ( $НК$  или  $КК$ ) к вершине угла поворота  $BV$ , за ось  $Y$  – перпендикулярное к оси  $X$  направление в сторону внутреннего угла сопряжения трассы.

Координаты  $X_N$  и  $Y_N$  рассчитываются по формулам:

$$X_N = R \cdot \sin(N \varphi_1);$$

$$Y_N = R(1 - \cos(N \varphi_1)),$$

где  $R$  – радиус разбиваемой кривой;

$N$  – порядковый номер точки, см. рис.4.2.

$$\varphi_1 = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi \cdot R},$$

здесь  $\varphi_1$  – центральный угол, заключающий дугу  $l$ .

Так как детальную разбивку кривых производят с обоих тангенсов, вычисление координат следует ограничивать линейной величиной тангенса кривой.

Рассмотрим последовательность расчетов на конкретном примере:

Дано:  $R = 300$  м;  $\varphi_1 = 39^\circ 24'$ ;  $BV = ПКЗ + 27,00$ .

Для нашего примера  $l = 10$  м,  $T = 107,42$  м, поэтому выбор координат ограничиваем для  $N \cdot l = 100$  м, так как точка разбивки при  $T = 110$  м будет располагаться уже за вершиной угла поворота.

Вычисленные координаты точек детальной разбивки кривой для рассматриваемого случая представлены в табл. 4.2.

**Координаты детальной разбивки круговой кривой  
способом прямоугольных координат**

Таблица 4.2

$N$	$N \cdot l$	$X$	$Y$
1	2	3	4
1	10	10,00	0,17
2	20	19,99	0,67
3	30	29,95	1,50
4	40	39,88	2,66
5	50	49,77	4,16
6	60	59,60	5,98
7	70	69,37	8,13
8	80	79,06	10,60
9	90	88,66	13,40
10	100	98,16	16,52

**Построение чертежа детальной разбивки круговой кривой способом прямоугольных координат.** Пользуясь вычисленными значениями  $X$  и  $Y$ , построение детальной разбивки кривой осуществляют следующим образом. От точек начала  $HK$  и конца кривой  $KK$  на тангенсах по направлению к вершине угла поворота последовательно откладывают величины абсцисс  $X_N$  в масштабе. В полученных точках строят перпендикуляры, по которым последовательно откладывают соответствующие ординаты  $Y_N$  в масштабе. Концы ординат отмечают точками, которые будут обрисовывать положение кривой. При этом расстояния между точками по длине кривой должны быть равны интервалу разбивки (для рассматриваемого случая 10м), что является контролем производства детальной разбивки. Разбивка кривой приведена на рис.4.2.



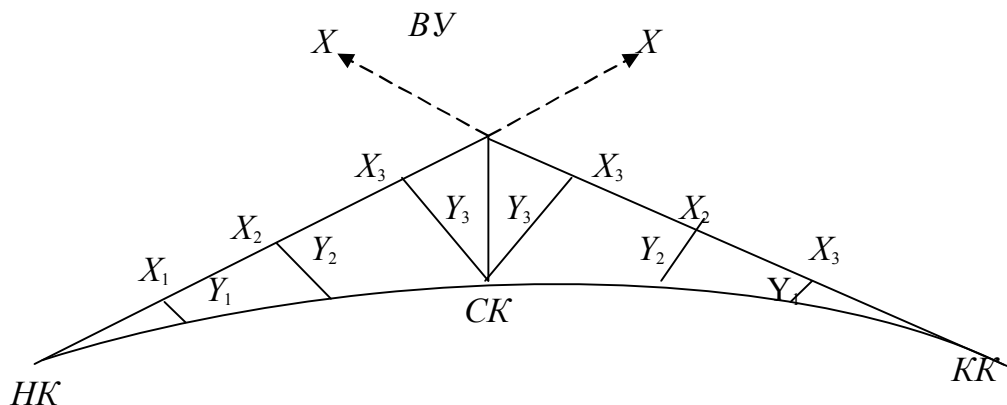


Рис. 4.2. Детальная разбивка горизонтальной круговой кривой

Масштаб чертежа (из ряда 1:500, 1:1000, 1:2000) подбирается самостоятельно с таким расчетом, чтобы значение тангенса изобразилось отрезком не менее 10 см. Для построения кривой на листе ватмана необходимого формата откладывают значение тангенсов, которые необходимо расположить под заданным углом поворота, при этом один из тангенсов можно располагать параллельно продольной стороне чертежа.

Отложенные от  $BV$  тангенсы обозначают точки начала  $NK$  и конца кривой  $KK$ . Затем строят биссектрису внутреннего угла сопряжения трассы, по которой откладывают численное значение биссектрисы  $B$ . Дальнейшая разбивка кривой производится аналогично выносу пикетов на кривую. Значения  $X_N$  откладывают от  $NK$  или  $KK$ , а  $Y_N$  в перпендикулярном направлении. Построенные смежные точки соединяют плавной линией, которая представит разбиваемую кривую. Контролем построения является равенство отрезков между точками по кривой (равное интервалу разбивки) и прохождение дуги кривой через ранее построенную точку  $SK$ .

**Вынос пикетов на кривую.** Кроме детального обозначения точками кругового сопряжения на кривую должны быть вынесены пикеты (смотри раздел 4.4. пункт 8).

**Оформление графической части работы.** Графическая часть задания выполняется карандашом, необходимые надписи и цифры подписываются техническим шрифтом.

В графической части задания должны быть отражены следующие данные:

1. Название работы (дается вверху чертежа с высотой букв не менее 6 мм).

2. Чертеж кругового сопряжения (масштаб выбирается с условием изображения тангенса отрезком не менее 10 см).

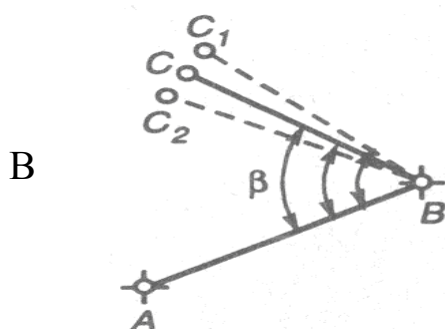
3. Расчет пикетажных значений главных точек кривой (по основной и контрольной формулам).
4. Таблица основных элементов кривой.
5. Таблица координат для детальной разбивки кривой.
6. Таблица координат для выноса пикетов на кривую.
7. Численный масштаб.
8. Угловой штамп с указанием фамилии выполнившего работу и номера бригады.

## Глава 5. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Основными элементами разбивочных работ при строительстве инженерных сооружений является построение проектных расстояний, вынесение в натуру проектных высот, а также линии и плоскости проектного уклона.

Задания по решению инженерно-геодезических задач выдаются бригаде преподавателем.

*Построение проектного горизонтального угла  $\beta$*  осуществляют от известного направления между пунктами разбивочной основы или от известной оси сооружения. Для этого устанавливают теодолит над вершиной переносимого в натуру угла, приводят его в рабочее положение и берут отсчет по горизонтальному кругу при одном из положений вертикального круга. К полученному отсчёту прибавляют проектный угол  $\beta$  и открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчёт. На некотором расстоянии от теодолита фиксируют в створе его визирной оси точку  $C_1$  на местности.



Аналогичное построение выполняют при другом положении вертикального круга и получают точку  $C_2$  в качестве искомого проектного угла принимают угол между исходным направлением и отмеченной на местности точкой  $C$  в середине между точками  $C_1$  и  $C_2$ , полученными при двух полуприемах.

Рис. 5.1 Вынос проектного угла

Для контроля правильности построения проектного угла его измеряют одним полным приемом.

Если для построения проектного угла не требуется высокой точности, нередко используют способ совмещения нулей. Для этого на горизонталь-

ном круге устанавливают отсчёт, равный  $0^{\circ} 00'$  и в этом положении закрепляют алидаду. Открыв лимб, ориентируют прибор на исходное направление и закрепляют лимб. Открыв алидаду, устанавливают отсчёт по горизонтальному кругу, равный значению проектного угла  $\beta$  и отмечают точку на местности. Аналогичные действия повторяют при другом положении вертикального круга. За окончательное положение берут точку посередине между двумя построениями.

Для построения на местности угла с повышенной точностью используют способ приближений  $\Delta d = d \cdot \Delta\beta'' / \rho$   $\rho = 206265''$

В этом случае строят угол на местности одним из изложенных выше способов и затем измеряют его с заданной точностью (обычно способом повторений). Полученный результат  $\beta_1$  как правило отличается от проектного значения  $\beta$ . Вычислив отклонение  $\Delta\beta = \beta - \beta_1$ , вычисляют длину отрезка  $CC_1$ ,  $CC_1 = d \cdot \Delta\beta / \rho$  (где  $\Delta\beta$  – отклонение угла в секундах;  $\rho = 206265''$ ).

Отложив на местности отрезок  $CC_1$  перпендикулярно к линии  $BC_1$  получают искомую точку  $C$ . В заключении повторяют контрольное измерение полученного угла с заданной точностью.

**Отложение проектного расстояния** в общем случае заключается в определении и закреплении на местности наклонного расстояния  $D$ , соответствующего проектному горизонтальному расстоянию  $d$ .

Перед работой мерный прибор должен быть прокомпарирован.

Вычисляется длина отрезка  $D$ , который нужно отложить на местности.

$$D = d + \Delta d + \Delta k + \Delta t$$

$d$  – горизонтальное проектное расстояние.

$\Delta d$  – поправка за наклон местности:

$$\Delta d = 2d \sin \frac{2v}{2} \text{ или } \Delta d = \frac{h^2}{2d},$$

если известно превышение  $h$  между начальной и конечной точками линии

$\Delta k$  – поправка за компарирование:  $\Delta k = \frac{d}{N} \cdot \Delta l$

$\Delta k$  – имеет знак + если длина мерного прибора короче номинала  $N$

$\Delta t$  – поправки за температуру:  $\Delta t = k \cdot d(t_0 - t)$

$k$  – температурный коэффициент линейного удлинения мерного прибора (сталь  $k = 0,0000125$ )

$t_0$  – температура при компарировании

$t$  – температура при выносе линии

$V$  – угол наклона местности.



ют визирку. Обычно это делают при вертикальной планировке, при строительстве земляного полотна автодорог, при укладке трубопровода подземных сетей.

Во всех этих случаях должны быть известны величина проектного уклона  $i$ , положение исходной точки А (рис.5.3), направление створа и длина линии  $d$  с разбивкой ее на участки (по указанию преподавателя).

При выносе линии с помощью теодолита поступают следующим образом (смотри рис. 5.3., в):

1. В точке А устанавливают теодолит и измеряют высоту инструмента «I».
2. Устанавливают микрометрическим винтом зрительной трубы отсчет по вертикальному кругу (КЛ), соответствующий проектному уклону  $v = \arctg i$ , например:

Задан проектный уклон  $i=11\%$ , по формуле  $v = \arctg i$  находим значение угла наклона  $v = 0^\circ 37' 49''$  и вычисляем отсчет по вертикальному кругу, соответствующий этому углу наклона  $KL = v + MO$

3. Рейку поднимают до уровня, соответствующего отсчёту, равному высоте инструмента «I». Под пятку забивают колышек.

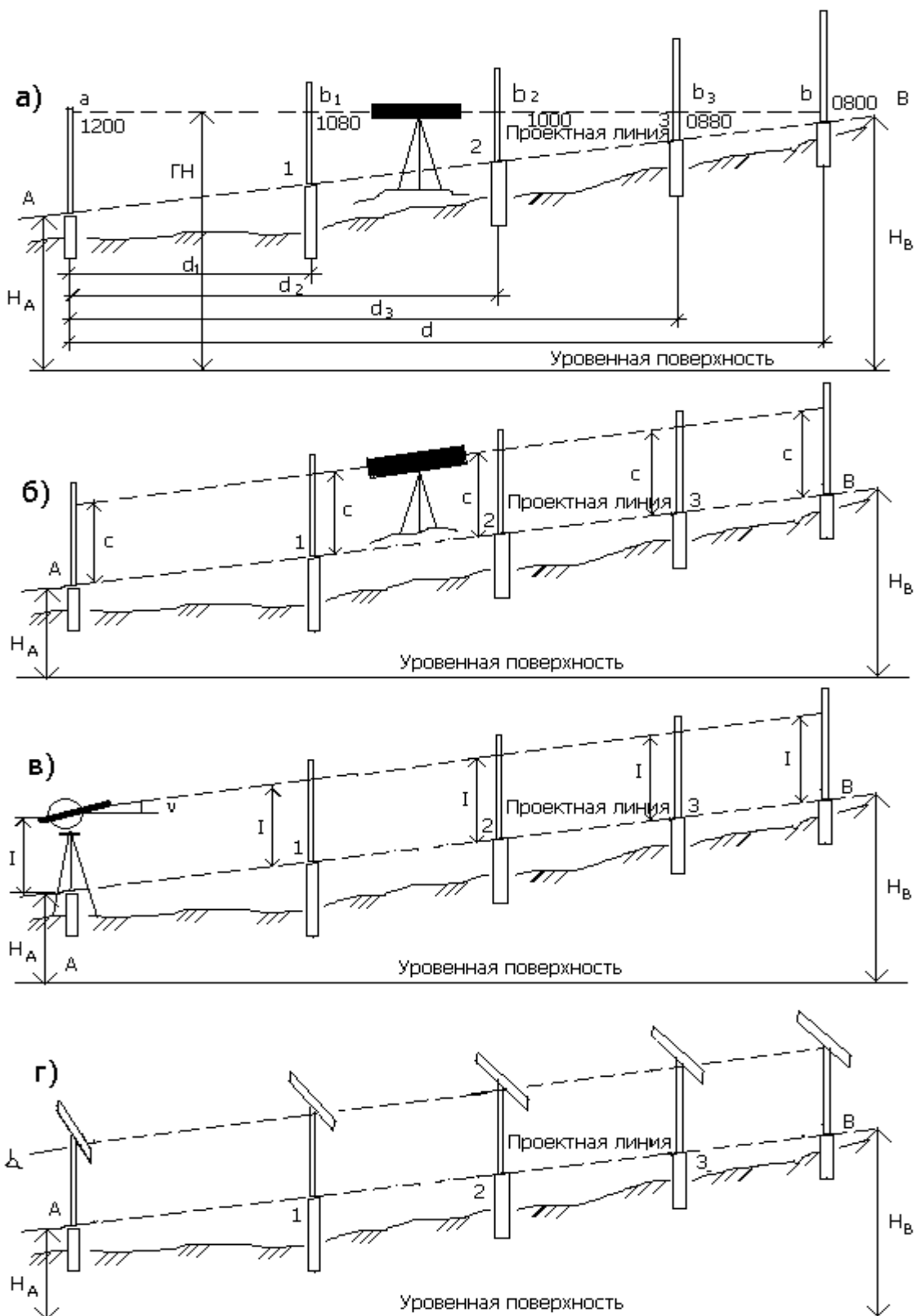


Рис. 5.3. Схемы разбивки линии заданного уклона: а) нивелиром; б) наклонно установленным нивелиром; в) теодолитом; г) с помощью визирок

При выносе линии с помощью нивелира (горизонтальным лучем визирования):

Проектную отметку  $H_B$  конечной точки В вычисляют по формуле:

$$H_B = H_A + id$$

и выносят ее в натуру с помощью нивелира, как было сказано выше. При этом отметка горизонта нивелира определяется по формуле:

$$ГИ = H_A + a$$

где  $a$  – отсчет по черной стороне рейки на исходной точке А. Отсчет по рейке на точке В определяют по формуле:

$$v = ГИ - H_B$$

Отметку точки В фиксируют на местности верхним срезом кола, забиваемого на такую глубину, чтобы отсчет по рейке был равен "b" (см. рис. 5.3, а).

Промежуточные точки 1, 2, 3...к, выносят по их отстояниям  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_k$  от начальной точки и вычисляют соответствующие отсчеты на рейках по формуле:

$$v = a \pm id$$

где  $v$  – отсчет по рейке в данной точке;  $a$  – отсчет по рейке в начальной точке,  $i$  – заданный уклон,  $d$  – расстояние от начальной точки до данной. Знак "плюс" берется при отрицательном уклоне, а знак "минус" – при положительном.

#### При выносе линии наклонным лучом визирования нивелира.

При малых уклонах ускорение работы достигается установкой нивелира в наклонное положение (рис. 5.3.,б). Нивелир ставят как можно ближе к проектной линии так, чтобы два его подъемных винта располагались по направлению, ей параллельному. Действуя подъемными винтами, наклоняют нивелир, добиваясь, чтобы отсчеты по рейкам, установленным на кольях, закрепляющих концы проектной линии, были одинаковы. Устанавливают рейку в любой точке створа АВ и, поднимая или опуская ее, добиваются, чтобы отсчет был равен отсчету на конечных точках. Эту линию закрепляют кольями, забивая их на соответствующую глубину.

#### При выносе линии с помощью визирки.

При разбивке коротких линий, когда не требуется высокая точность, для выноса промежуточных точек 1, 2, 3... (рис. 5.3,г) пользуются визирками –вешками одинаковой длины с прибитыми сверху горизонтальными планками. Установив две визирки на кольях А и В на концах проектной линии заданного уклона, третью ходовую визирку ставят в точках 1, 2, 3.... Коля под ходовую визирку забивают по указаниям наблюдателя, находящегося перед точкой А или за точкой В, так, чтобы верх всех трех визирок оказался на одной прямой. Тогда и торцы забитых колев будут расположены на прямой, имеющей проектный уклон. Точность такого метода 1–2 см.

**Построение проектной плоскости ABCD** осуществляют при планировке горизонтальных либо наклонных площадок следующим образом.

Вначале выносят в натуру точки А, В, С и D, принадлежащие проектной плоскости и строят их проектные высоты. Нивелир устанавливают вблизи одной из точек (например, вблизи точки А), таким образом, чтобы два подъемных винта располагались параллельно линии АВ, а третий винт – по направлению D.

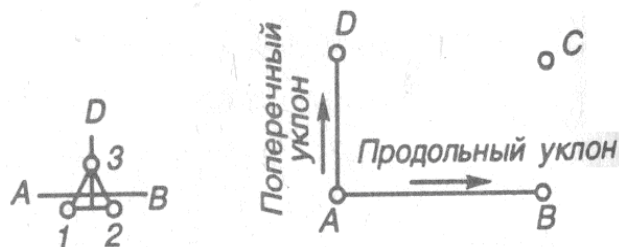
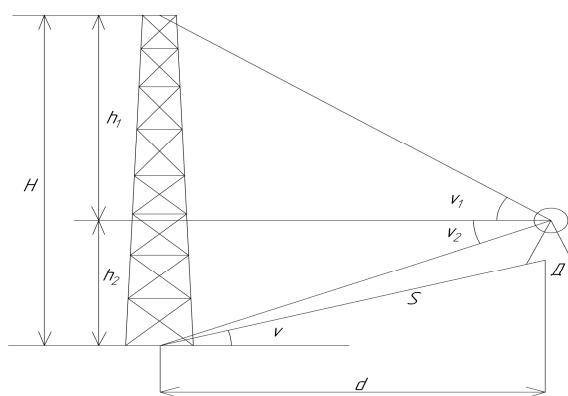


Рис.5.4 Построение проектной плоскости.

Измеряют высоту прибора  $i$  и подъемными винтами 1 и 2 наклоняют зрительную трубу так, чтобы отсчет по рейке В был равен « $i$ ». Установив затем рейку в точке D, вращением подъемного винта 3 устанавливают отсчет по рейке, равный « $i$ ». Для контроля берут отсчет по рейке, установленной в точке С, который также должен быть равен « $i$ ». В необходимых точках планируемого участка устанавливают рейку и забивают колья таким образом, чтобы отсчеты по рейке были равны « $i$ ». Построение плоскости можно производить и с помощью теодолита.

### Определение высоты сооружения



Эта задача может быть решена несколькими способами.

1. Расстояние от центра инструмента до центра сооружения может быть непосредственно измерено.

Для определения высоты сооружения в точке D устанавливают теодолит, измеряют вертикальные углы  $v_1$   $v_2$  и стальной лентой расстояние  $S$ , а

Рис.5.5. Определение высоты сооружения

также угол наклона  $v$  линии  $S$  к горизонту (наведением на высоту инструмента), тогда:

$$d = S \cos v,$$

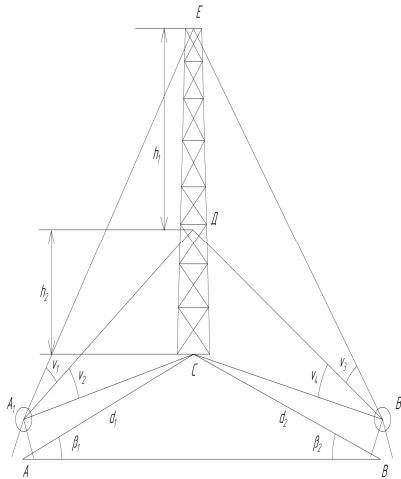
$$h_1 = d \cdot \operatorname{tg} v_1, \quad h_2 = d \cdot \operatorname{tg} v_2.$$



А высота сооружения:  $H = |h_1| + |h_2|$ .

Для контроля измерения повторяют при другом  $S$ .

2. Если расстояние от центра инструмента до центра сооружения измерить невозможно. В этом случае разбивают базис « $d$ » в стороне от сооружения, желателно перпендикулярно к нему (рис. 5.6.)



Затем теодолит последовательно устанавливают в точке А и В, измеряют вертикальные углы  $\nu_1 \nu_2$  в точке А и  $\nu_3 \nu_4$  в точке В и горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

Базис измеряют стальной лентой дважды и из двух измерений находят среднее значение. Из решения треугольника АВС получают значение сторон  $d_1$  и  $d_2$ .

$$d_1 = \frac{d \cdot \sin \beta_2}{\sin \beta_3} \quad d_2 = \frac{d \cdot \sin \beta_1}{\sin \beta_3}$$

угол  $\beta_3$  вычисляют как дополнение до  $180^\circ$

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$$

Рис.5.6. Определение высоты сооружения с косвенным определением расстояния до него

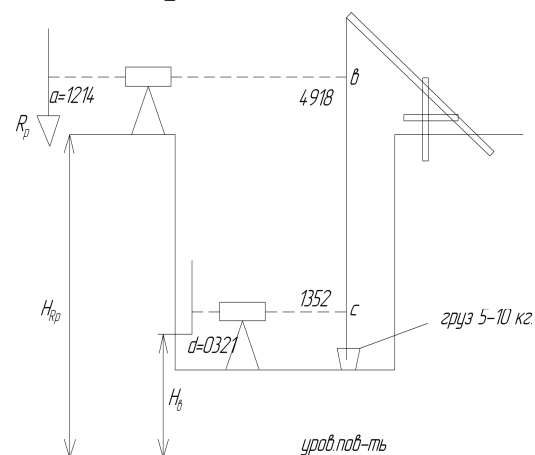
Затем решают треугольники  $A_1DE$ ,  $A_1DC$  и получают стороны  $h_1$  и  $h_2$

$$h_1 = d_1 \cdot \operatorname{tg} \nu_1 \quad h_2 = d_1 \cdot \operatorname{tg} \nu_2$$

Для контроля решают треугольники  $B_1DE$  и  $B_1DC$

$h'_1 = d_2 \cdot \operatorname{tg} \nu_3 \quad h'_2 = d_2 \cdot \operatorname{tg} \nu_4 \quad H' = h'_1 + h'_2$  высоты сооружения, полученные с точек А и В не должны отличаться более чем на 1/1000 величины  $H_{cp} = (H + H') / 2$ .

### Передача отметки на дно глубокого котлована (рис. 5.7)



$$H_e = H_{Rp} + a - (b - c) - d$$

$$H_{Rp} = 114.381\text{м}$$

$$a = 1214, b = 4918, c = 1352, d = 0321$$

$$H_e = 114,381 + 1,214 - (4,918 - 1,352)$$

$$- 0.321 = 111,708\text{м}$$

Рис.5.7. Передача отметки на дно котлована.

## Передача отметки на высокие части сооружения

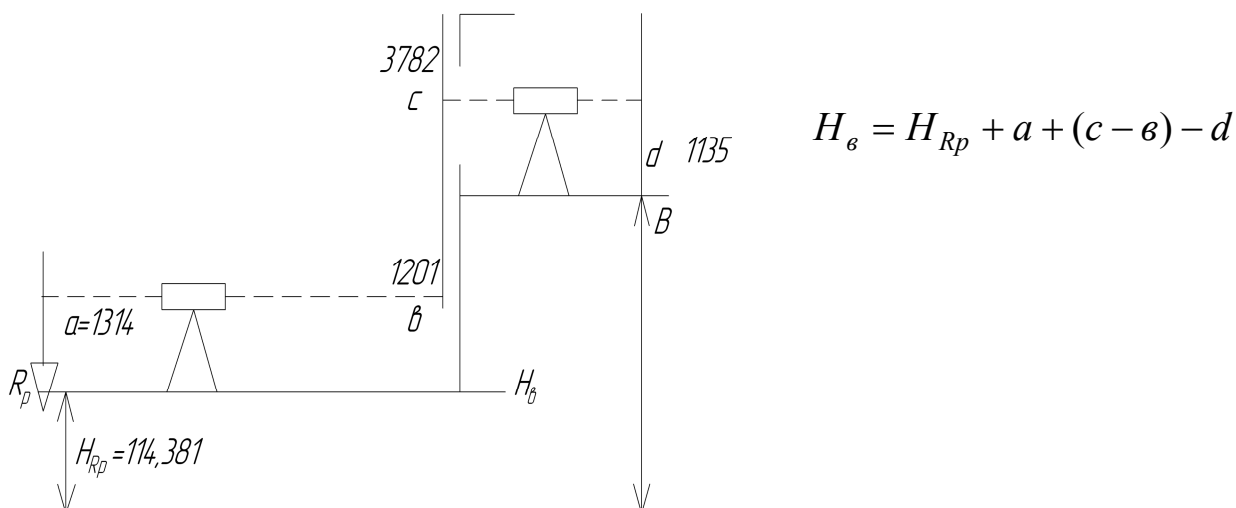


Рис.5.8. Передача отметки  
на 2 этаж

$$H_{Rp} = 114,381, a = 1314, в = 1201, c = 3782, d = 1135$$

$$H_в = 114.381 + 1.314 + (3782 - 1201) - 1.135 = 117.141\text{ м}$$

## Глава 6. ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ПОД НАКЛОННУЮ ПЛОСКОСТЬ

Вертикальная планировка – это комплекс работ, выполняемых с целью преобразования существующего рельефа для обеспечения нормальных условий эксплуатации осваиваемых территорий.

Проведение этих работ обусловлено необходимостью организации поверхностного стока выпадающих на землю осадков, обеспечения нормальной эксплуатации различных видов транспорта, создания удобств для пешеходов и т. д.

Например, при строительстве промышленных предприятий необходимо одновременно решать вопросы о водоотводе, создании горизонтальных площадок для складирования материалов, площадок с минимальным уклоном для транспортных средств и т.д. Искусственный рельеф, создаваемый на территории современных городов, должен отвечать определенным инженерно-транспортным и архитектурным требованиям.

### 6.1. Полевые работы при площадном нивелировании.

Для вертикальной планировки участка выполняют ряд мероприятий:

1. Площадку разбивают на квадраты в зависимости от масштаба съемки и рельефа местности и закрепляют углы квадратов кольями, забитыми вровень с поверхностью земли. Построение сетки квадратов осуществляют по принципу от «общего к частному», то есть сначала строят внешний контур сетки: с помощью теодолита откладывают углы, лентой или рулеткой измеряют расстояния. Внутренние точки квадратов получают как створные. Составляют схему сетки квадратов, на которой производят нумерацию узлов.

2. От ближайшего репера передается отметка на одну из угловых точек участка и производится нивелирование по внешнему контуру участка с уравниванием превышений и вычислением отметок связующих точек. Отметки всех остальных узлов сетки получают через горизонт инструмента с одной или нескольких станций в зависимости от выполняемого нивелирования. На схеме отмечают границы нивелирования для каждой станции. На схему могут записываться в узлы отсчеты по рейке при нивелировании.

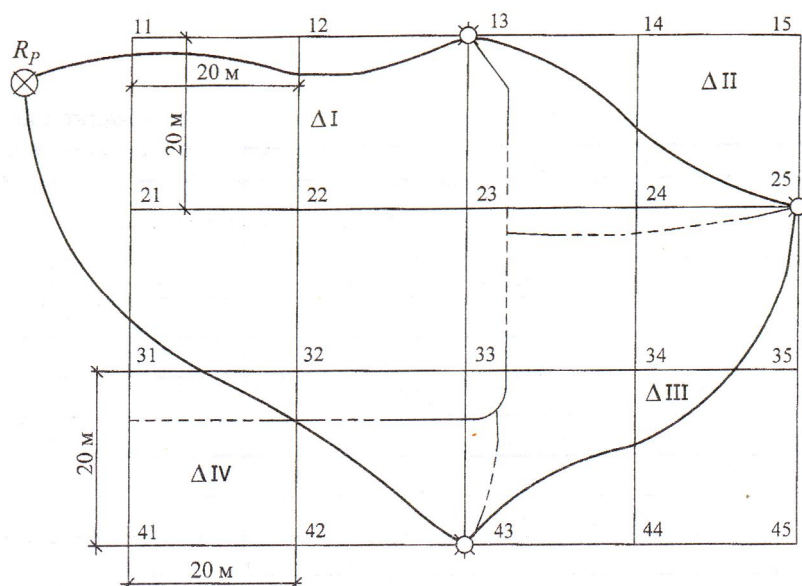


Рис. 6.1 Пример схемы нивелирования площадки по квадратам:

----- - границы нивелирования по станциям;  $\otimes$  - репер;

$\odot$  - связующая точка;  $\Delta$  - станция нивелирования

## 6.2. Камеральные работы по обработке результатов площадного нивелирования

1. Исходными данными для камеральной обработки служат результаты нивелирования поверхности, занесенные в журнал нивелирования.

2. Схема с границами нивелирования для каждой станции приведена.

## Обработка журнала нивелирования

Последовательность выполнения работы:

1. Вычисляется пятка рейки для каждой связующей точки.

$$\text{Пятка} = O_{\text{кр}} - O_{\text{чер}},$$

где  $O_{\text{кр}}$  - отсчет по красной стороне рейки;  $O_{\text{чер}}$  - отсчет по черной стороне рейки.

Вычисленное значение пятки рейки не должно отличаться от фактического значения пятки более чем на 5 мм.

2. Вычисляются превышения на каждой станции:

$$h_1 = Z_{\text{кр}} - П_{\text{кр}},$$

$$h_2 = Z_{\text{чер}} - П_{\text{чер}},$$

где  $Z_{\text{кр}}, Z_{\text{чер}}$  - отсчеты на заднюю рейку соответственно по красной и по черной сторонам рейки;  $П_{\text{кр}}, П_{\text{чер}}$  - отсчеты на переднюю рейку соответственно по красной и по черной ее сторонам.

Разность ( $h_1 - h_2$ ) должна быть не более 5 мм (по абсолютному значению).

3. Вычисляется среднее превышение  $h_{\text{ср}}$  на станции.

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2) / 2.$$

4. После вычисления средних превышений на всех станциях хода вычисляется практическая невязка хода.

$$fh_{\text{нр}} = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{теор}},$$

где  $\sum h_{\text{ср}}$  - сумма средних превышений по ходу;

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}},$$

где  $H_{\text{к}}, H_{\text{н}}$  - отметки конечного и начального реперов хода.

Так как в рассматриваемом примере ход замкнутый, то  $H_{\text{к}} = H_{\text{н}}$  и  $\sum h_{\text{теор}} = 0$ , поэтому  $fh_{\text{нр}} = \sum h_{\text{ср}}$ .

Полученная невязка должна удовлетворять требованию

$$fh_{\text{нр}} \leq fh_{\text{дон}},$$

$$fh_{\text{дон}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n},$$

где  $n$  - число станций.

5. Если  $fh_{\text{нр}} < fh_{\text{дон}}$ , то в нивелирном ходе грубых ошибок нет и полученную невязку можно распределить поровну с обратным знаком на все средние превышения, т.е. вычислить поправки  $\delta_h$  к средним превышениям. Поправка вычисляется в целых миллиметрах:

$$\delta_h = \frac{-fh_{\text{нр}}}{n},$$

Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком:

$$\sum \delta_h = -fh_{\text{нр}}.$$

6. Вычисляются исправленные превышения.

$$h_{испр} = h_{ср} + \delta_h.$$

Контроль правильности вычислений:  $\sum h_{испр} = \sum h_{теор}.$

7. Вычисляются отметки всех связующих точек.

$$H_{j+1} = H_j + h_{испр(j \rightarrow j+1)}.$$

Контролем правильности вычислений служит точное получение отметки репера, расположенного в конце хода.

8. Вычисляют отметки горизонта инструмента для каждой станции, имеющей промежуточные точки:

$$ГИ = H_3 + Z_{чер} \text{ или } ГИ = H_n + П_{чер},$$

где  $ГИ$  - горизонт инструмента;  $H_n, H_3$  - отметки передней и задней точек на станции;  $Z_{чер}$  - отсчеты на заднюю рейку по черной стороне рейки;  $П_{чер}$  - отсчеты на переднюю рейку по черной стороне рейки.

9. Вычисляют отметки промежуточных точек (узлов сетки)  $H_i$ ,

$$H_i = ГИ - O_i,$$

где  $O_i$  - отсчеты по рейке в узлах сетки квадратов.

### Построение высотного плана участка

По результатам нивелирования площадки строят высотный план в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5м. На листе бумаги строят сетку квадратов в масштабе 1:500, в узлы сетки вписывают отметки из журнала с округлением до 0,01 м.

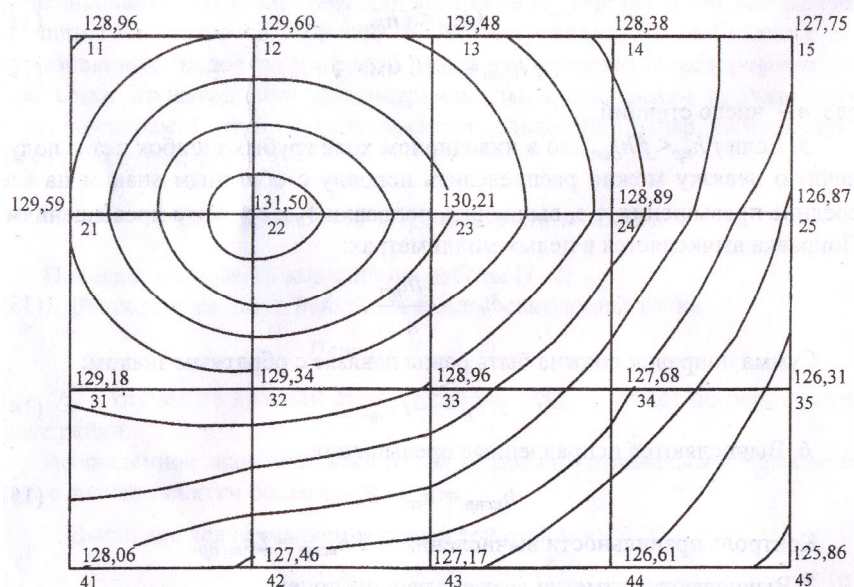


Рис.6.2. Пример высотного плана М 1:500  
Сплошные горизонталы проведены через 0,5 м

Горизонталы строят путем интерполяции между соседними отметками на каждой стороне квадрата. На рис. 6.2 приведен пример построения высотного плана участка.

### 6.3. Исходные данные для проектирования участка под наклонную плоскость

1. Уклон площадки  $i_0$  задается преподавателем.
2. Дирекционный угол направления уклона  $\alpha_0$  задается преподавателем.
3. Размер стороны квадрата задается преподавателем.
4. Значения координат для юго-западного угла сетки квадратов условно примем  $x = 0$ ;  $y = 0$  и отметим, что значения  $x$  возрастают с юга на север, а значения  $y$  - с запада на восток.

### 6.4 Определение координат центра тяжести участка

Найдем координаты центра тяжести участка по формулам:

$$x_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$
$$y_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n},$$

где  $x_i$  и  $y_i$  - координаты центра тяжести отдельного квадрата;  $n$  - число квадратов.

Для примера приведенного на рис.6.3 координаты центра тяжести будут равны:

$$x_{ц} = \frac{20 + 20 + 60 + 60 + 60 + 100 + 100 + 100}{8} = 65;$$
$$y_{ц} = \frac{20 + 20 + 20 + 60 + 60 + 60 + 100 + 100}{8} = 55.$$

### 6.5. Определение проектных уклонов по осям

Зная направление уклона  $\alpha_0$  и его значение  $i_0$ , можно вычислить значения уклонов по осям  $X$  и  $Y$  ( $i_x$  и  $i_y$ ).

$$i_x = i_0 \cdot \cos\alpha_0; \quad i_y = i_0 \cdot \sin\alpha_0.$$

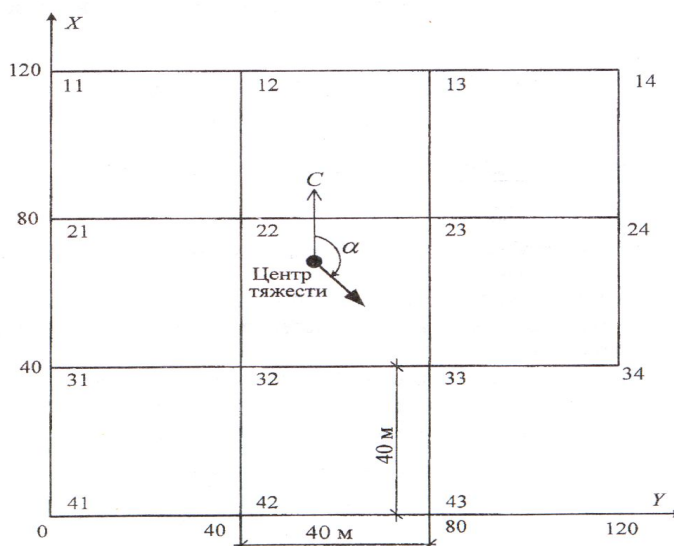


Рис. 6.3. Направление уклона участка с координатами центра тяжести (М 1:1000)

### 6.6. Вычисление проектных отметок

Отметка центра тяжести участка вычисляется по формуле:

$$H_u = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n}$$

где  $H_1, H_2, H_3, H_4$  - отметки земли узлов сетки, принадлежащие одновременно 1, 2, 3, 4 квадратам.

Зная координаты центра тяжести участка и его проектную отметку, вычисляем проектную отметку  $H_B$  ближайшей по координатам к центру тяжести вершины квадрата.

В примере, приведенном на рис 6.3 такой вершиной является 22-я точка.

Отметку этой вершины найдем по формуле

$$H_B = H_u + i_x(x_B - x_u) + (y_B - y_u)$$

Проектные отметки остальных вершин квадратов вычисляем по формуле

$$H_{ij} = H_B + i_x \cdot (x_{ij} - x_B) + i_y \cdot (y_{ij} - y_B),$$

где  $x_{ij}, y_{ij}$  - координаты вершины, для которой определяется проектная отметка  $H_{ij}$ .

Вычисленные величины заносим на схему участка в соответствующие вершины. На рис. 6.4. приведен пример вычисленных проектных отметок.

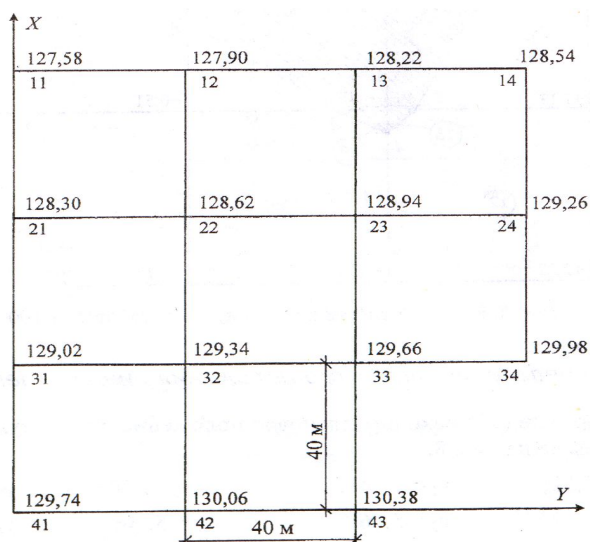


Рис. 6.4. Проектные отметки участка с уклоном:  
 $i_0 = 0,02$ ,  $\alpha_0 = 155^\circ$  (М 1:1000)

### 6.7. Вычисление рабочих отметок

Имея проектные отметки каждой вершины и их отметки земли, вычисляем рабочие отметки по формуле:

$$h_{\text{раб.ij}} = H_{ij}^{\text{проект}} - H_{ij}^{\text{земли}} .$$

и заносим их на схему как показано на рис. 6.5.

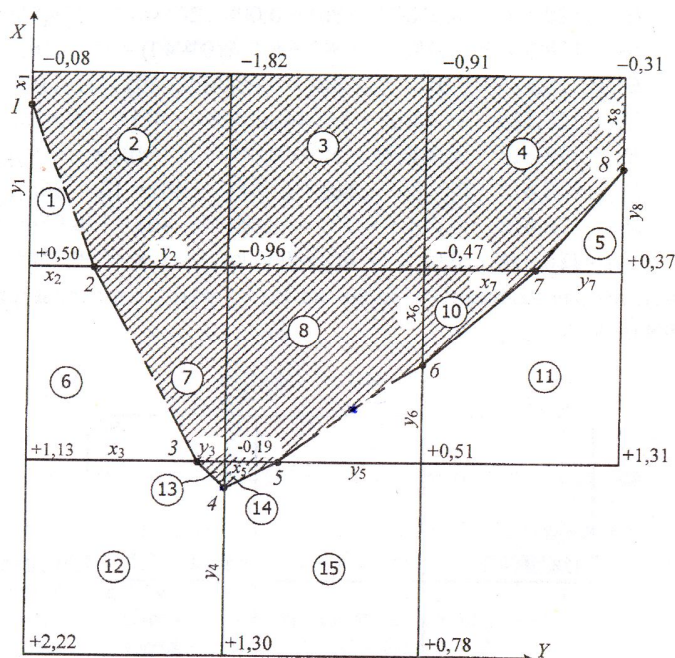


Рис. 6.5. Рабочие отметки и линия нулевых работ (М 1:1000)



## 6.8. Определение планового положения линии нулевых работ

Плановое положение точки нулевых работ на сторонах квадрата определяют по формулам:

$$x_0 = \frac{|a| \cdot d}{|a| + |b|}, \quad y_0 = \frac{|b| \cdot d}{|a| + |b|},$$

Контролем служит равенство

$$x_0 + y_0 = d,$$

где  $a, b$  - рабочие отметки на концах стороны квадрата;  $d$  - длина стороны квадрата;  $x_0$  - расстояние от точки  $A$  до точки нулевых работ в метрах;  $y_0$  - расстояние в метрах от точки нулевых работ до точки  $B$ .

Плановое положение линии нулевых работ показываем на схеме. Пример смотри на рис.6.5.

## 6.9. Составление картограммы земляных масс

По результатам проекта планировки вычисляют объемы земляных работ. Объемы для каждой фигуры  $V_i$  вычисляют по формуле

$$V_i = S_i \cdot h_{\text{раб.ср.}i},$$

где  $S$  - площадь фигуры;  $h_{\text{раб.ср.}i}$  - средние рабочие отметки.

$$h_{\text{раб.ср.}i} = \frac{\sum_1^m h_{\text{раб}}}{m},$$

где  $m$  - число вершин фигуры.

Вычисление объемов земляных работ производится в табл. 6.1.

Таблица 6.1

№ фигуры	Площадь фигуры $S$	Средняя рабочая отметка $h_{\text{раб.ср}}$	Объем $V$	
			выемки	насыпи
1				
2				
...				
$\Sigma =$			$\Sigma V_{\text{в}} =$	$\Sigma V_{\text{н}} =$

Баланс земляных масс подсчитывается по формуле:

$$\frac{|V_{\text{в}} - V_{\text{н}}|}{|V_{\text{в}} + V_{\text{н}}|} \cdot 100\% \leq 3\%.$$

## Глава 7. ВЫНОС ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ

Разбивочные работы являются одним из основных видов инженерно-геодезической деятельности. Выполняют их для определения на местности планового и высотного положения характерных точек осей и плоскостей строящегося сооружения в соответствии с рабочими чертежами проекта.

Проект сооружения составляют на топографических планах крупных масштабов. Определяют расположение проектируемого сооружения относительно окружающих предметов и сторон света. Кроме того, топографический план определяет систему координат, задающую положение характерных точек и осей проектируемого сооружения относительно этой системы.

Разбивочные работы диаметрально противоположны съёмочным. При съёмке на основании натуральных измерений определяют координаты точек относительно пунктов опорной сети.

При разбивке же, наоборот, по координатам, указанным в проекте, находят на местности положение точек сооружения. При разбивочных работах углы, расстояния и превышения не измеряют, а откладывают на местности. В этом основная особенность разбивочных работ.

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая, в свою очередь задается осями. Относительно осей сооружения в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения.

Главными осями линейного сооружения служат продольные оси этих сооружений. В промышленном и гражданском строительстве в качестве главных осей принимают оси симметрии зданий.

Основными называют оси, определяющие форму и габариты зданий и сооружений.

Промежуточные или детальные оси – это оси отдельных элементов зданий и сооружений.

На строительных чертежах оси обозначают цифрами или буквами в кружках.

Указанные в проекте сооружения координаты, углы, расстояния и превышения называют проектными.

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности. В зданиях за условную поверхность (нулевую отметку) принимают уровень первого этажа.

Для выноса в натуру проекта инженерного сооружения необходимо выполнить специальную геодезическую подготовку, которая предусматривает: 1) его аналитический расчет, 2) геодезическую привязку проекта,

3) составление разбивочных чертежей, 4) разработку проекта производства геодезических работ.

В качестве плановой опоры на строительной площадке могут быть приняты точки государственной геодезической сети и сети местного значения (пункты триангуляции, трилатерации, полигонометрии, теодолитных ходов и др., а также строительной сетки.

Все основные оси и узловые точки сооружений, по возможности, должны быть привязаны к опорной сети.

Геодезические разбивочные работы, связанные с перенесением проекта сооружения в натуру, преследуют цель найти и закрепить положение на местности его основных осей и деталей, содержащихся в проекте.

Разбивка основных осей сооружения в плане может быть выполнена следующими способами:

- полярным; прямоугольных координат; прямой угловой засечки; линейной засечки; створной засечки.

Полярный способ применяется тогда, когда разбивочные работы выполняют в открытой местности, и имеется возможность осуществлять промеры от пунктов геодезической основы до точек здания или сооружения.

Перед полевыми работами производят расчет полярных расстояний и горизонтальных углов.

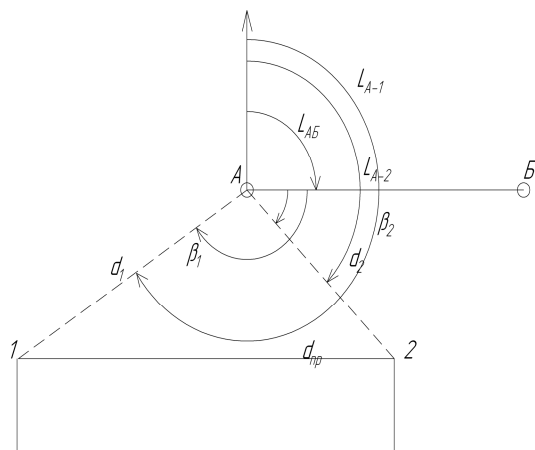


Рис.7.1. Полярные расстояния и горизонтальные углы

$$tgr_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} ; \quad tgr_{A1} = \frac{Y_1 - Y_A}{X_1 - X_A} ; \quad tgr_{A2} = \frac{Y_2 - Y_A}{X_2 - X_A}$$

Перейти от румбов к дирекционным углам, используя знаки приращений координат.

Пример:

Точки А и В – точки геодезической сети с координатами  $X_A, Y_A, X_B, Y_B$ . Точки здания 1 и 2 заданы проектными координатами  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$ , снятыми с плана графически или вычисленные по проектным данным.

Порядок вычисления:

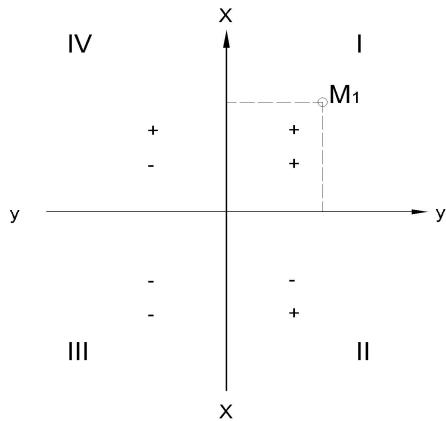
1. Вычислить дирекционные углы линий АВ, А1 и А2 из решения обратных геодезических задач. Находим вначале румбы:

2. Вычислить горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2$  как разность дирекционных углов:

$$\beta_1 = \alpha_{A1} - \alpha_{AB}; \quad \beta_2 = \alpha_{A2} - \alpha_{AB}$$

3. Вычислить горизонтальные расстояния  $d_1, d_2$  от полярной точки А до точки 1 и точки 2 по формулам

$$d_1 = \left| \frac{\Delta X_{A1}}{\cos r_{A1}} \right| = \left| \frac{\Delta Y_{A1}}{\sin r_{A1}} \right| = \sqrt{\Delta x_{A1}^2 + \Delta y_{A1}^2}$$



$$d_2 = \left| \frac{\Delta X_{A2}}{\cos r_{A2}} \right| = \left| \frac{\Delta Y_{A2}}{\sin r_{A2}} \right| = \sqrt{\Delta x_{A2}^2 + \Delta y_{A2}^2}$$

4. Вычислить расстояния  $S_1$  и  $S_2$  на поверхность земли от точки А до точки 1 и точки 2, если угол наклона более  $1^\circ$   
 $S = d + \Delta d$

$$\Delta d = 2d \sin^2 \nu / 2 \quad \text{или} \quad \Delta d = h^2 / 2d$$

Рис.7.2 Знаки приращений координат

5. Вычислить дирекционный угол линии 1-2 и расстояние между точками 1-2 по координатам этих точек и сравнить с проектным расстоянием  $d_{пр}$ .

$$\operatorname{tgr}_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad r_{1-2} \rightarrow \alpha_{1-2}$$

$$d_{1-2} = \left| \frac{\Delta x_{1-2}}{\cos r_{1-2}} \right| \quad d_{1-2} \text{ должно быть равно } d_{пр}.$$

6. Составить разбивочную схему и выписать значения углов  $\beta_1, \beta_2$  и расстояний  $d_1, d_2$ . Пример разбивочного чертежа приведен на рис.7.3.

Теперь можно приступить к перенесению точек 1 и 2 в натуру.

Для этого необходимо:

1. Установить теодолит в точке А и привести его в рабочее положение.
2. От направления АБ построить при помощи теодолита углы  $\beta_1, \beta_2$ .
3. Отложить мерным прибором по земле расстояния  $S_1$  и  $S_2$ .
4. В конце отмеренных линий закрепить точки 1 и 2.

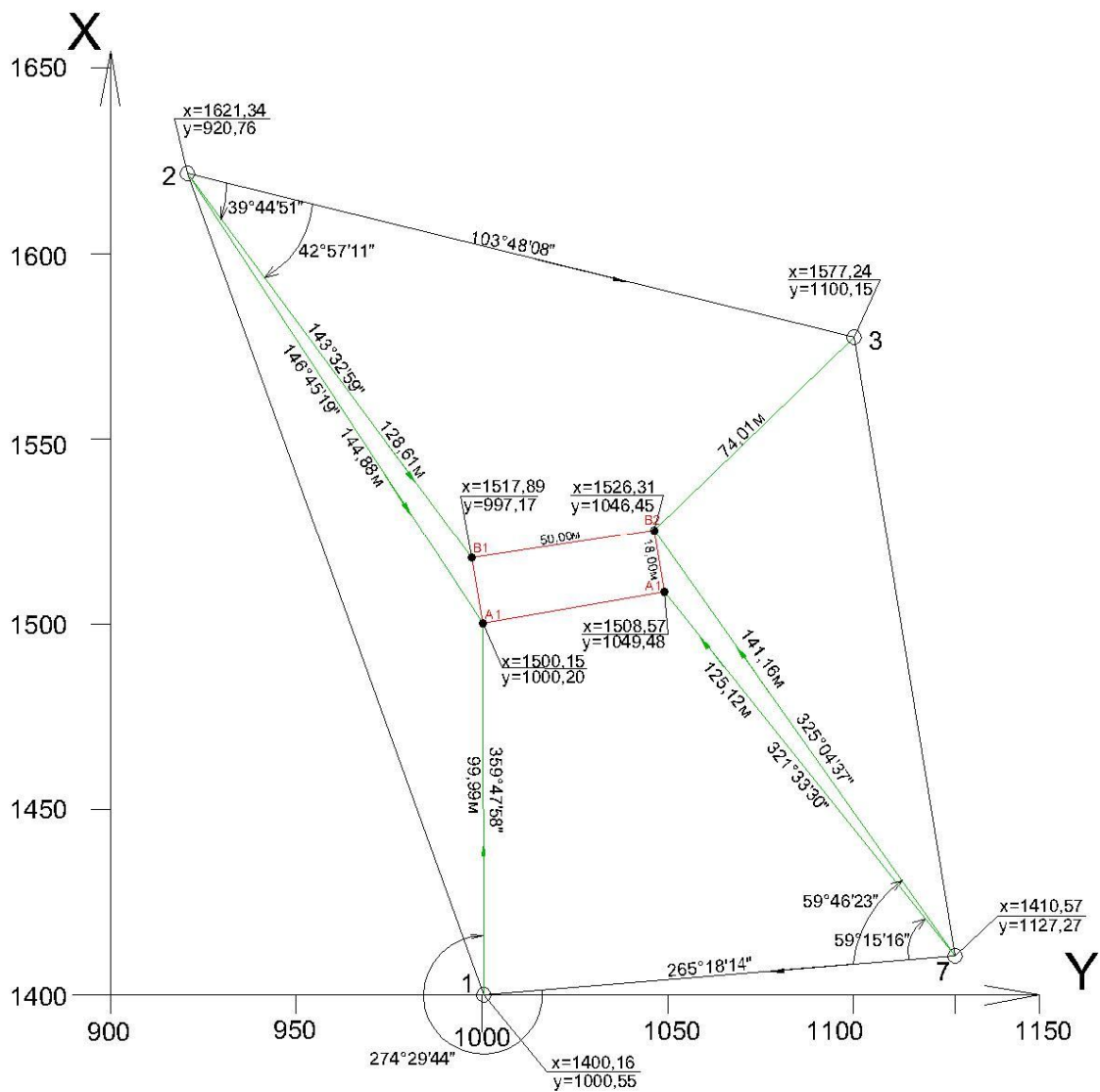


Рис. 7.3 Разбивочный чертеж (М1:500):  
 • - узлы сооружения; о - точки разбивочной основы

## Список использованной литературы

1. Инженерная геодезия: учебник / Г.А.Федотов.– 3-е изд., испр.– М.:Высшая школа, 2006.– 463 с.
2. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия: Учебник для студ. высш.учеб. заведений / Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; Под ред.Д.Ш.Михелева. – 6-е изд., стер.- М.: изд. центр “Академия”, 2006. – 480 с.
3. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Основные положения. - М.: Госстрой СССР, 1981.
4. ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Технологические допуски. - М.: Госстрой СССР, 1983.
5. ГОСТ 21780-2006 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности, МГС, 2007
6. ГОСТ 23615-79. Система обеспечения геометрической точности в строительстве. – М.: Госстрой СССР, 1979.
7. ГОСТ 23616-79. Система обеспечения геометрической точности в строительстве. Общие правила контроля точности. – М.: Госстрой СССР, 1979.
8. ГОСТ Р 21.1701-97. Правила выполнения рабочей документации Автомобильных дорог.
9. Федотов Г.А. Инженерная геодезия: Учебник/Г.А. Федотов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2004.-463 с.
10. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия. Учебник для вузов/Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; Под ред. Д.Ш.Михелева. – 4-е изд., испр. – М.: Изд. центр ”Академия”,2004. – 480 с.
11. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия. Учеб. для вузов /Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; Под ред. Д.Ш.Михелева. – М.: Высш. шк., 2000. – 464 с.
12. Измерение горизонтальных и вертикальных углов: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Инженерная геодезия»/ Сост.: Ю.В. Столбов, А.А. Побережный. – Омск: Изд-во СибАДИ,2005. –19с.
13. Методические указания к лабораторным работам «Построение продольного профиля», «Построение проектной линии продольного профиля»/Сост.: Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина. – Омск: Изд-во СибАДИ,2006. – 27с.
14. Трассирование линейных сооружений: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения/ Сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 34 с.
15. Решение задач на топографических картах: Методические указания и задания к лабораторной работе для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения / Сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 37 с.

16. Производство топографических съёмок: Методические указания для студентов 1 курса на период летней геодезической практики / Сост.: А.В. Виноградов, Т.П.Синютина.– Изд-во СибАДИ, 1997.–16 с.
17. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Инженерная подготовка территорий» / Сост.: Н.С.Воловник, Т.П.Синютина.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2006.– 28с.
18. Методические указания и задания для студентов «Инженерные изыскания для строительства» / Сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2009.– 38с.
19. Инженерное обеспечение строительства (геодезия): учебно-методическое пособие /Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова, Н.С.Воловник. – Омск: СибАДИ, 2012. – 96 с.
20. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1: 2000, 1: 1000, 1:500. М. «Недра», 1989г.
21. Матвеев С.И. Инженерная геодезия и геоинформатика - М. Фонд Мир 2012.
22. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 (ГКИНП-02-033-82).М., ГУГиК,1983г.
23. Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов, ГКИНП 17-195-99 (ГНТА).М.,1999г.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b>	<b>5</b>
1.1. Цель, задачи и порядок проведения учебной практики	5
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	7
1.2.3. Требования безопасности во время работы	8
1.2.4. Требования безопасности в аварийной ситуации	9
1.2.5. Требования безопасности по окончании работы	9
<b>Глава 2. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ</b>	<b>9</b>
2.1. Поверки теодолита	9
2.2. Поверки и юстировки нивелира	13
2.3. Поверки реек	16
2.4. Компарирование лент и рулеток	17
<b>Глава 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	24
3.2. Создание высотной съемочной сети	25
3.2.1. Полевые работы	25
3.2.2. Камеральные работы	28
3.3. Съемка местности	28
3.3.1. Горизонтальная съемка	28
3.3.2. Тахеометрическая съемка	33
<b>Глава 4. ТРАССИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ</b>	<b>42</b>
4.1. Рекогносцировка и закрепление трассы	42



4.2. Расчет элементов горизонтальных круговых кривых	43
4.3. Составление ведомости прямых и кривых	43
4.4. Составление плана трассы	43
4.5. Детальная разбивка горизонтальной круговой кривой	46
<b>Глава 5. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ</b>	<b>49</b>
<b>Глава 6. ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ПОД НАКЛОННУЮ ПЛОСКОСТЬ</b>	<b>57</b>
6.1. Полевые работы при площадном нивелировании	57
6.2. Камеральные работы по обработке результатов площадного нивелирования	58
6.3. Исходные данные для проектирования участка под наклонную плоскость	61
6.4. Определение координат центра тяжести участка	61
6.5. Определение проектных уклонов по осям	61
6.6. Вычисление проектных отметок	62
6.7. Вычисление рабочих отметок	63
6.8. Определение планового положения линии нулевых работ	64
6.9. Составление картограммы земляных масс	64
<b>Глава 7. ВЫНОС ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ</b>	<b>65</b>
<b>Список использованной литературы</b>	<b>69</b>

*Учебное издание*

Тамара Павловна Синютина,

Методические указания по учебной геодезической практике

\*\*\*

Редактор \*\*\*

Подписано к печати \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2013 \_\_\_\_

Формат 60<sup>1</sup>/<sub>2</sub>90 1/16. Бумага писчая

Оперативный способ печати

Гарнитура Times New Roman

Усл. п. л. уч.-изд. л.4,6

Тираж 150 экз. Заказ № \_\_\_\_

Издательство СибАДИ

644099, г. Омск, ул. П.Некрасова, 10

---

Отпечатано в подразделении ОП издательства СибАДИ