

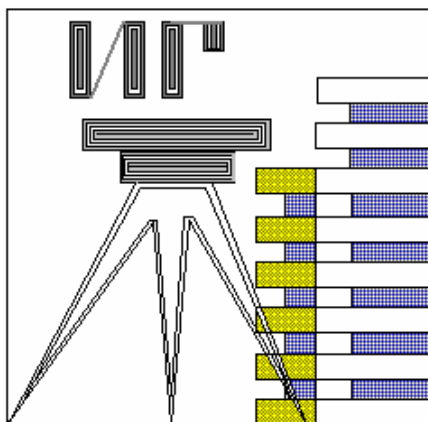
МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра инженерной геодезии

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



НОВОСИБИРСК, 1999 г.

УДК 528.48

А 912

Учебное пособие составлено доцентами В.Д. Астраханцевым, Г.Е. Стрельниковым, ст. преподавателями П.Н. Губониным и В.Я. Шипулиным; под общей редакцией д.т.н. профессора Г.Г. Асташенкова.

Приводятся сведения об основных геодезических приборах и правилах работы с ними. Даются указания по выполнению топографических съемок, геометрическому нивелированию, вертикальной планировки участков и разбивочных работ на строительной площадке.

Пособие предназначено для студентов дневного отделения направления "Строительство".

Утверждено методической комиссией ОТСФ.

Рецензенты:

- И.И. Золотарев, к.т.н. профессор (СГГА)
- В.С. Редьков, к.т.н. доцент (СГУПС)

О Г Л А В Л Е Н И Е

<u>Предисловие</u>	6
<u>Введение</u>	7
<u>Топографическая съемка участка</u>	15
1. <u>Предварительные занятия</u>	15
Компарирование ленты.....	15
Поверки и юстировки теодолита.....	16
Измерение горизонтальных углов.....	17
Измерение углов наклона.....	19
Измерение линий местности мерной лентой.....	19
Измерение расстояний нитяным дальномером.....	20
Определение превышений методом тригонометрического нивелирования.....	21
2. <u>Съемка участка</u>	21
Рекогносцировка участка и закрепление на местности точек съемочного обоснования.....	21
Измерение горизонтальных углов и сторон теодолитных ходов.....	22
Определение превышений между точками хода.....	23
Съемка ситуации и рельефа.....	25
3. <u>Обработка результатов полевых измерений и составление топографического плана участка</u>	29
Проверка полевых вычислений и определение поправок в измеренные длины линий.....	29
Вычисление координат точек теодолитных ходов.....	31
Вычисление отметок точек хода и линейных точек.....	35
Построение топографического плана.....	37
Определение площади участка аналитическим и механическим способами.....	37
<u>Геометрическое нивелирование</u>	39
1. <u>Предварительные занятия</u>	39
Поверки и юстировки нивелира.....	39
Упражнения в определении превышений.....	41
Порядок работы на станции.....	42
2. <u>Продольное нивелирование трассы</u>	43
Разбивка пикетажа.....	43
Нивелирование трассы.....	44
Привязка трассы к реперам.....	46
3. <u>Обработка результатов нивелирования и построение профиля</u>	46
Проверка полевых вычислений.....	46
Вычисление отметок связующих и промежуточных точек.....	47
Построение профиля.....	48
Проектирование по профилю.....	49
Оформление профиля.....	50
4. <u>Нивелирование строительной площадки</u>	52
Построение сетки квадратов.....	52
Нивелирование площадки.....	52
Обработка результатов нивелирования.....	54
Построение плана в горизонталях.....	55
Оформление плана.....	56
<u>Геодезические задачи, решаемые на местности при строительстве</u>	57
1. <u>Перенесение на местность проектного горизонтального угла</u>	57

2. Перенесение на местность проектной линии.....	59
3. Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом прямоугольных координат с использованием строительной сетки.....	60
4. Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом полярных координат.....	62
5. Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом линейных засечек.....	65
6. Подготовка разбивочных элементов и разбивка на местности круговых кривых.....	68
7. Определение неприступного расстояния.....	71
8. Определение высоты сооружения.....	73
9. Перенесение на местность проектной отметки.....	74
10. Перенесение на местность линии заданного уклона.....	76
11. Передача отметки на дно глубокого котлована.....	77
12. Проектирование и разбивка горизонтальной площадки.....	78
13. Проектирование наклонной площадки.....	82
14. Определение вертикальной колонны методом наклонного проектирования.....	83
15. Контроль установки ряда колонн методом бокового нивелирования.....	85
Инструкция по технике безопасности.....	87

ПРЕДИСЛОВИЕ

Возведение жилых домов, общественных зданий, заводов и гидроэлектростанций, водопроводных, тепловых и газовых сетей, других сооружений требует от инженеров-строителей глубоких знаний по инженерной геодезии. Поэтому студенты строительных специальностей должны иметь хорошую геодезическую подготовку, хорошо знать современные геодезические приборы, применяемые на производстве, уметь выполнять топографическую съёмку, нивелирование трассы линейного сооружения, составлять план, профиль и свободно пользоваться ими, уметь решать геодезические задачи в процессе проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Вышеперечисленные вопросы инженерной геодезии изучаются студентами в процессе лекций и лабораторных занятий, при подготовке к экзаменам. Учебная практика имеет целью закрепить знания студентов в условиях, максимально приближенных к производственным.

Учебная геодезическая практика включает в себя выполнение следующих видов работ:

- топографическая съёмка участка местности;
- геометрическое нивелирование;
- геодезические задачи, решаемые на местности при строительстве.

Подробное содержание каждого вида работ и распределение времени на их выполнение приводится в программе учебной практики по инженерной геодезии.

В период учебной практики наиболее успевающие студенты выполняют дополнительно учебно-исследовательские работы, как правило, связанные с проведением экспериментов в полевых условиях. По результатам исследований в конце практики проводится студенческая научно-техническая конференция, которая способствует повышению знаний студентов по инженерной геодезии.

ВВЕДЕНИЕ

В курсе геодезической подготовки инженера-строителя большое место занимает изучение геодезических приборов, используемых на строительной площадке. Точность результатов геодезических измерений, выполняемых в процессе строительства, будет зависеть, наряду с другими факторами, от технического состояния используемых приборов и во время учебной геодезической практики, студенты должны твердо соблюдать методику обращения с этими приборами.

ПОРЯДОК ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ИХ СО СЛАДА

Для выполнения программы учебной геодезической практики каждая бригада должна получить в геокамере следующие геодезические приборы и принадлежности:

1. Штатив.
2. Теодолит 2Т30 или 2Т30П.
3. Нивелир НЗ или НВ-1.
4. Мерную ленту с набором шпилек.
5. Две нивелирные рейки.
6. Три вешки.
7. Нитяной отвес.
8. Юстировочную шпильку.
9. Топор или молоток.

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

ШТАТИВ

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

ТЕОДОЛИТ 2Т30 (2Т30П)

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

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

3. При закрепленном положении закрепительных винтов проверить работу наводящих винтов лимба, алидады и трубы. При их вращении труба должна плавно перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, при вращении наводящих винтов как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

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

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

6. Проверить плавность вращения подъемных винтов. Если винты имеют тугий ход, необходимо пригласить из геокамеры учебного мастера для их регулировки.

7. Проверить целостность исправительных винтов цилиндрического уровня и сетки нитей.

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

НИВЕЛИР НЗ (НВ-1)

1. Проверить комплектность принадлежностей нивелира, находящихся в упаковочном ящике.

2. Вынуть нивелир из ящика и установить на штативе, закрепив станowym винтом.

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

4. Закрепить винт зрительной трубы, проверить работу наводящего винта нивелира.

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

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

МЕРНАЯ ЛЕНТА СО ШПИЛЬКАМИ

1. Мерная лента выдается намотанной на кольцо и закрепленной специальными винтами. Для осмотра ленты винты вывертываются и убираются. Ленту развертывают два студента. Один из них вращает кольцо с лентой, а второй, взяв ленту за ручку постепенно отходит, растягивая ленту. Студент с кольцом, разматывая ленту, внимательно осматривает ее, следя, чтобы на ленте не было следов ржавчины, надломов, грозящих разрыву ленты. Если на ленте обнаруживаются склепанные места, необходимо проверить качество клепки и в случае ненадежной или неправильной (внахлест) клепки ленту следует заменить. Свертывается лента в обратном порядке.

2. Проверить количество шпилек, их должно быть 11 или 6 штук. Толщина шпилек должна соответствовать диаметру вырезов на концах ленты, в которые вставляются шпильки при измерении линий местности. Если шпильки изогнуты, то необходимо их выпрямить молотком.

НИВЕЛИРНЫЕ РЕЙКИ

В комплекте с нивелиром выдаются две двухсторонние нивелирные рейки. При получении реек необходимо проверить, чтобы начало счета (у пятки рейки) по красным сторонам обеих реек было одинаковым. При получении складных реек необходимо рейки развернуть и, опустив скобу вниз, проверить надежность вхождения фиксаторов в соответствующие отверстия.

ВЕШКИ

Вешки заводского изготовления должны быть раскрашены желтыми и красными шашками. На одном конце вешки обязательно должен быть заостренный металлический наконечник для установки вешки на наблюдаемой точке.

НИТЯНОЙ ОТВЕС

Нитяной отвес представляет из себя нить с заостренным грузиком на конце. Для изменения длины отвеса при центрировании теодолита на нити отвеса помещается пластинка с двумя отверстиями. Свободный конец нити проходит через нижнее отверстие пластинки, далее через крючок на станочном винте и закрепляется на верхнем отверстии пластинки. При перемещении пластинки вдоль нити меняется длина отвеса так, чтобы конец отвеса находился возможно ближе к точке, на которой центрируется прибор.

ЮСТИРОВОЧНАЯ ШПИЛЬКА

Толщина юстировочной шпильки должна соответствовать отверстию в головке исправительного винта.

ТОПОР

Топор должен быть плотно насажен на топориче и расклинен металлическими клиньями. Топориче должно быть гладко обстругано, а лезвие топора заточено.

ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ В ПРОЦЕССЕ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ТЕОДОЛИТ 2Т30 (2Т30П)

1. Переноска теодолита от места хранения до участка работы должна производиться только в футляре и в чехле, выполненным в виде рюкзака.

2. Перед установкой теодолита необходимо выдвинуть ножки штатива, закрепить их винтами и поставить штатив над точкой так, чтобы плоскость его головки располагалась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя. Для устойчивости прибора ножки штатива не должны быть расположены близко друг от друга, а наконечники штатива слегка утоплены в землю с помощью упоров, имеющихся в нижней части штатива.

3. При установке теодолита на штатив необходимо, не снимая футляра, закрепить его станочным винтом. После снятия футляра следует проверить, чтобы все наводящие винты находились в среднем положении. при работе с этими винтами нельзя применять усилий.

4. Если подъемные винты вращаются с трудом, слегка ослабить станочный винт. После окончания работы с подъемными винтами станочный винт снова закрепить, однако не затягивая его слишком туго.

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

6. При переходе на короткие расстояния (с точки на точку) теодолит разрешается переносить закрепленным на штативе. При этом трубу теодолита поворачивают объективом вниз, все крепежные винты закрепляются, ножки штатива сдвигаются вместе и держатся в вертикальном или слегка наклонном положении. Переносить штатив с теодолитом в горизонтальном положении не допускается.

7. При перерыве в работе нельзя оставлять теодолит без присмотра. В случае кратковременного дождя необходимо на теодолит одеть футляр или прикрыть его зонтом. В случае продолжительного дождя работа прекращается. Если на теодолит попала влага, при возвращении на базу его необходимо протереть сухой мягкой тряпкой и дать просохнуть, после чего убрать в футляр.

8. После окончания полевых измерений теодолит укладывается в футляр (см. ч.1, Теодолит 2Т30, п.8) и в чехол-рюкзак. Переносить теодолит на склад и хранить его там без футляра не допускается.

НИВЕЛИР НЗ (НВ-1)

1. Все перечисленные правила обращения с теодолитом 2Т30 в процессе полевых измерений, в основном, относятся и к нивелиру.

2. Перед совмещением концов пузырька цилиндрического уровня видимых в поле зрения окуляра предварительно, наблюдая в осветительное окно, необходимо элевационным винтом привести пузырек цилиндрического уровня примерно на середину трубки уровня. Окончательное приведение пузырька уровня на середину производится смещением концов пузырька уровня элевационным винтом при рассмотрении их в окуляр.

МЕРНАЯ ЛЕНТА

1. Держать ленту в развернутом виде можно только при измерении линий местности. В остальных случаях она должна быть намотана на кобыцу.

2. При переноске ленты, намотанной на кольцо, следует держать ее не за ручку ленты, а за кольцо.

3. При размотке ленты и при измерении линий местности категорически не допускается образование петель на ленте во избежание ее поломки.

4. При измерении линий местности лентой шпильки необходимо втыкать в землю отвесно и на достаточную глубину, чтобы при натяжении ленты они не наклонялись и не смещались со своего положения.

5. После работы в мокрую погоду ленту, перед свертыванием, необходимо протереть сухой тряпкой.

НИВЕЛИРНЫЕ РЕЙКИ РН-3, РН-3С, ВЕШКИ

1. Не разрешается сидеть на нивелирных рейках. Необходимо предохранять деления шкалы рейки от стирания о грунт.

2. При работе со складными рейками в начале работы следует проверить надежность крепления реек фиксаторами.

3. Нельзя кидать вешки, так как при ударе о грунт вешки легко переламываются.

ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ СДАЧИ ИХ НА СКЛАД

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

– мягкой тряпкой протереть от пыли теодолит и нивелир, футляр теодолита и упаковочный ящик нивелира также требуется привести в порядок;

– очистить от грязи и пыли металлические части штатива и вешек, протереть влажной тряпкой нивелирные рейки;

– мерную ленту, шпильки и топор очистить от ржавчины песком и протереть тряпкой, смоченной маслом.

2. За утерю или поломку геодезических приборов и оборудования студенты несут материальную ответственность. Если виновный в утере или поломке не обнаружен, материальную ответственность несут все члены бригады на равных основаниях.

3. При полном расчете студенческой бригады с геокамерой заведующий геодезической лабораторией выдает бригадире справку. При отсутствии такой справки зачет по геодезической практике студентам данной бригады не ставится.

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЁМКА УЧАСТКА

Съёмка строительного участка выполняется с целью получения топографической основы для проектирования зданий или сооружений и подготовки геодезических данных для вынесения их на местность.

Основными этапами работ при топографической съёмке являются: рекогносцировка участка, закрепление на местности вершин углов поворота теодолитных ходов, измерение горизонтальных углов и углов наклона линий в ходах, измерение длин линий в прямом и обратном направлениях, привязка теодолитного хода к геодезической сети, определение превышений между точками хода, съёмка ситуации и рельефа, камеральная обработка результатов измерений и составление плана.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Во время предварительных занятий студенты должны выполнить компарирование мерной ленты, поверки и юстировку теодолита, научиться измерять горизонтальные углы и углы наклона, измерять длины линий мерной лентой и нитяным дальномером, определять превышения методом тригонометрического нивелирования.

Компарирование ленты.

Компарирование мерных лент выполняется на компараторе, на концах которого закреплены шкалы с миллиметровыми делениями. Компарлируемая лента укладывается на компаратор и при натяжении ленты силой 10 кг берутся отсчеты по шкалам относительно начального и конечного штрихов ленты. Компарирование выполняется три раза, каждый раз лента сдвигается вдоль шкал компаратора. За фактическую длину ленты l_f принимают среднее из всех определений. Поправка за компарирование Δl определяется как

$$\Delta l = l_f - l_0$$

где l_0 - номинальная длина ленты.

Поверки и юстировка теодолита.

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

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

Перед выполнением следующих поверок приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Для этого уровень ставят параллельно двум подъемным винтам и с их помощью приводят пузырек уровня на середину ампулы. Поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом вновь приводят пузырек уровня на середину. После этого при любом положении алидады пузырек уровня не должен отклоняться от середины более, чем на одно деление.

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

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

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

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

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}$$

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

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

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

Измерение горизонтальных углов.

Измерению горизонтального угла предшествует установка теодолита в рабочее положение, которая складывается из следующих действий: центрирование прибора, приведение плоскости лимба в горизонтальное положение, установка трубы для наблюдений.

Центрирование выполняется при помощи нитяного отвеса. Перемещением штатива вместе с теодолитом добиваются, чтобы отвес находился примерно над точкой, обозначающей вершину измеряемого угла. После этого, нажимая ногой на упоры, имеющиеся в нижней части штатива, уточняют положение отвеса, одновременно следя за тем, чтобы головка штатива была примерно горизонтальна. Окончательного совмещения острия отвеса с точкой достигают перемещением теодолита по головке штатива, открепив предварительно становой винт, после чего этот винт снова закрепляют.

Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение (вертикальной оси прибора в отвесное положение) выполняется с помощью подъемных винтов при подставке и фиксируется по уровню, расположенному на алидаде горизонтального круга.

Установка трубы для наблюдений складывается из установки трубы по глазу вращением диоптрийного кольца и по предмету - с помощью кремальеры.

Измерение горизонтального угла выполняется способом приемов. Измеряются обычно правые по ходу углы. Закрепив лимб, вращением алидады наводят зрительную трубу на правую веку, причем наведение делается на нижнюю часть вехи. Взяв отсчет по горизонтальному кругу (a), вращением алидады зрительную трубу наводят на левую веку и берут отсчет (c). Величина измеряемого угла $\beta = a - c$. Выполненные действия составляют один полуприем. Между полуприемами переводят трубу через зенит и смещают лимб примерно на $1-2^\circ$. Закрепив лимб и открепив алидаду, снова наводят трубу на правую и левую вехи. Расхождение между двумя значениями угла, полученными в каждом полуприеме, не должно превышать двойной точности отсчетного устройства. Для теодолита 2Т30 предельная величина расхождения равна $1'$. При удовлетворении этого условия находят среднее значение угла из двух полуприемов с округлением до $0.1'$. Пример записи измерения горизонтального угла в журнал приведен в табл.1.

Измерение углов наклона.

Для измерения угла наклона наводят горизонтальную нить сетки на определяемую точку при двух положениях вертикального круга слева и справа от трубы, беря отсчеты по шкале вертикального круга (КЛ и КП). При наведении на точку необходимо следить, что бы пузырек уровня при алидаде горизонтального круга был на середине.

По полученным отсчетам вычисляют место нуля (МО) вертикального круга и угол наклона (ν) по формулам:

$$MO = \frac{KL + KP}{2}; \quad \nu = KL - MO; \quad \nu = MO - KP.$$

Таблица 1

№№ стан-ций	№№ точек визи-рования	Отсчеты по гори-зонт. кругу		Угол из полу-приемов		Среднее значе-ние угла	
		°	'	°	'	°	'
2	1	236	32.5	73	23.5	73	23.2
	3	163	09.0				
	1	58	30.5	73	23.0		
	3	345	07.5				

Измерение линий местности мерной лентой.

Измерение линий местности мерной лентой выполняют два мерщика - передний и задний. При первом укладывании ленты передний мерщик берет в левую руку ручку ленты и десять штук шпилек, обращенных колечками в правую сторону. Одиннадцатая шпилька и кольцо, на которое надеваются шпильки, должны находиться у заднего мерщика. В начале измерений задний мерщик втыкает в землю свою шпильку у начальной точки, вставляет вырез ленты в шпильку и выставляет переднего мерщика в створ так, чтобы конец ленты проектировался на вешку в конце линии. Передний мерщик энергично встряхивает ленту и, натянув ее, берет правой рукой шпильку, вставляет ее в вырез ленты и втыкает в землю. После этого задний мерщик вынимает свою шпильку и надевает ее на кольцо. Лента протягивается вперед по линии, задний мерщик вставляет вырез ленты в шпильку, воткнутую в землю, снова выставляет переднего мерщика в створ линии. Далее работа выполняется аналогично. Передний мерщик выставляет шпильки, а задний их собирает и надевает на кольцо. Если у заднего мерщика набирается 11 шпилек, то это означает, что измерено 200 метров. В этом случае следует передача 10 шпилек переднему мерщику и измерения продолжают. У конца линии по ленте отсчитывается остаток, т.е. расстояние от последней шпильки до конца линии. При измерении остатка необходимо проверить, чтобы нулевой штрих ленты был сзади, т.е. у заднего мерщика. Кроме того, следует быть внимательным при фиксировании цифр 6 и 9, обращая внимание на соседние цифры.

Общая длина измеренной линии может быть подсчитана по формуле:

$$D = 200N + 20n + r,$$

где N - число передач по 10 шпилек;

n - число шпилек у заднего мерщика, не считая шпильки, находящейся в земле при последней ленте;

r - остаток.

Каждая линия измеряется два раза в прямом и обратном направлениях. Расхождение в полученных значениях длин линий не должно превышать 1/1500 длины для средних условий измерений. В случае недопустимого расхождения линия измеряется еще раз и неверный результат отбраковывается.

Измерение расстояний нитяным дальномером.

При использовании нитяного дальномера теодолита горизонтальные проекции линий местности определяются по формуле:

$$d = k \cdot n \cdot \cos^2 \nu,$$

где k - коэффициент дальномера;

n - отсчет, соответствующий числу делений дальномерной рейки, видимых в трубу между дальномерными нитями;

ν - угол наклона линии местности.

Для определения коэффициента дальномера на горизонтальном участке местности от закрепленной точки откладывают мерной лентой отрезки длиной 20, 40 и 60 м. Установив теодолит над исходной точкой, последовательно устанавливают рейку в конце каждого отрезка и берут отсчеты n между дальномерными нитями. Для каждого отсчета определяется коэффициент дальномера по формуле $k = d/n$ и из полученных значений берется среднее. Обычно $k = 100$. Тогда при определении расстояний по горизонтальной местности число сантиметров, находящихся между дальномерными нитями, выразит искомое расстояние в метрах. При определении горизонтальных проекций наклонных расстояний следует пользоваться специальными таблицами или микрокалькулятором.

Определение превышений методом тригонометрического нивелирования.

В начале линии устанавливают теодолит, отмечают на дальномерной рейке высоту прибора и ставят её в конце линии. По дальномерной рейке снимают отсчёт n между дальномерными нитями и измеряют угол наклона линии ν наведением на метку, соответствующую высоте прибора, при круге справа и слева от трубы. Превышение между точками начала и конца линии найдётся по формуле:

$$h = \frac{1}{2} \cdot k \cdot n \cdot \sin 2\nu$$

Затем теодолит и рейку меняют местами и определяют превышение в обратном направлении.

Прямое и обратное превышения не должны отличаться по абсолютной величине более, чем на $0.04 D$, где D - длина линии в сотнях метров.

2. СЪЕМКА УЧАСТКА

Рекогносцировка участка и закрепление на местности точек съёмочного обоснования.

В процессе рекогносцировки (осмотра) студенты знакомятся с участком местности, подлежащем съёмке, намечают положение вершин углов поворота основного и диагонального теодолитных ходов, выявляют наличие пунктов опорной геодезической сети. В вершинах ходов забиваются колышки на 2-3 см ниже поверхности земли. Вокруг колышка делается окопка в виде круга, квадрата или треугольника. Во время рекогносцировки составляется схема расположения вершин теодолитных ходов и схема их привязки к опорной геодезической сети (рис.1).

Измерение горизонтальных углов и сторон теодолитных ходов.

В теодолитных ходах измеряются правые по ходу горизонтальные углы при обходе полигона по часовой стрелке. Для этого зрительную трубу теодолита наводят сначала на заднюю, а затем на переднюю вехи и из отсчета на заднюю веху вычитают отсчет на переднюю. Наведение делается на нижнюю часть вехи. Каждый угол измеряется двумя полуприемами. Расхождение в углах между полуприемами не должно превышать удвоенной точности отсчета. При большем расхождении запись в журнале аккуратно зачеркивается, лимб смещается на произвольное число градусов и измерения повторяются.

На пункте опорной геодезической сети кроме внутреннего угла β_1 (рис.1а,б) измеряются примычные углы β_1' , β_1'' также полным приемом каждый. Контролем измерений будет являться сходимость $\beta_1 + \beta_1' + \beta_1'' = 360^\circ$ (рис.1а) или $\beta_1' + \beta_1'' = \beta_1$ (рис.1б).

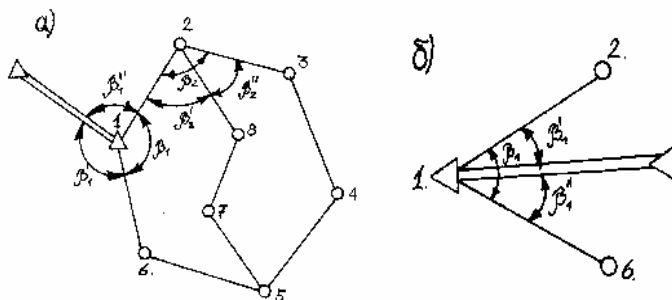


Рис. 1.

Допустимое отклонение определяется по формуле:

$$f_{\text{впред}} = 1' \sqrt{n}$$

В примычных точках диагонального хода (точки 2 и 5 рис.1а) кроме внутреннего угла основного хода измеряются также правый и левый углы (β_2' и β_2'') с контролем по сходимости суммы этих двух углов с внутренним углом (β_2).

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

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

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}.$$

Образец записи в журнале измерений приводится в табл.2.

Определение превышений между точками хода.

При создании высотной основы топографической съёмки участка определяются превышения между вершинами углов поворота основного и диагонального ходов методом тригонометрического нивелирования. Для этого с каждой точки хода измеряются дальномерные расстояния и углы наклона на переднюю и заднюю точки хода. Углы наклона измеряются при положении вертикального круга слева и справа от зрительной трубы. Контролем правильности измерения углов наклона является постоянство места нуля в пределах двойной точности отсчёта.

Превышение между точками находится по формуле:

$$h' = \frac{1}{2} \cdot k \cdot n \cdot \sin 2v$$

Таблица 2

№№ стан-ций	№ то-чек визи-рова-ния	Отсчеты по гори-зонтально-му кругу		Угол из полуприём-мов		Среднее значение угла		Длина линии, м .	Угол наклона	Приме-чания	
		о	'	о	'	о	'				
1	6	261	11.0	101	10.0	101	10.5	335.39	+1 ⁰ 13 ¹		
	2	160	01.0								
	6	80	36.0	101	11.0						
	2	339	25.0								
2	1	175	26.5	118	02.5	118	03.0	335.35			
	3	57	24.0								
	1	357	04.5	118	03.5			177.81			+0 ⁰ 34 ¹
	3	239	01.0								
3	2	246	47.0	103	32.0	103	32.0	177.77			
	4	143	15.0								
	2	68	38.0	103	32,0			257.31			-0 ⁰ 37 ¹
	4	325	06.0								
								257.26			

Если известно горизонтальное проложение линии d между точками хода, превышение может быть вычислено по формуле:

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu.$$

Превышения вычисляются на микрокалькуляторе или определяются по тахеометрическим таблицам.

Если при измерении угла наклона невозможно сделать наведение на метку, расположенную на высоте прибора, наводят горизонтальную нить трубы на верх дальномерной рейки. В этом случае необходимо измерить рулеткой или рейкой высоту прибора i от колышка до оси вращения зрительной трубы и высоту визирования l с точностью до 0.01 м. Тогда превышение будет равно

$$h = h' + i - l.$$

Превышения определяются в прямом и обратном направлениях. Прямое и обратное превышения не должны отличаться по абсолютной величине более, чем на $0.04D$ см, где D - длина линии в сотнях метров. Результаты измерений заносятся в журнал тахеометрической съемки (табл.3)

Съемка ситуации и рельефа.

Съемка ситуации производится следующими способами: перпендикуляров, полярным, угловых и линейных засечек. Результаты измерений при съемке ситуации заносят в абрис, составляемый для каждой стороны теодолитного хода.

Способ перпендикуляров применяется в основном при съемке вытянутых контуров, расположенных вблизи сторон теодолитного хода. Ближайшая к контуру сторона теодолитного хода (2-3 рис.2) принимается за ось абсцисс, начало линии (точка 2) - за начало координат.

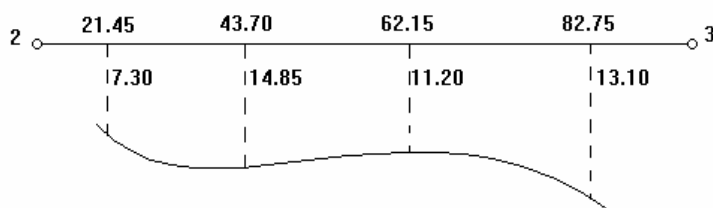


Рис.2.

Таблица 3

Тахеометрический журнал

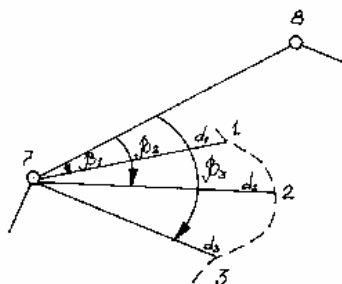
№№ точек визи- рова- ния	Отсчеты			Угол наклона	Горизон- тальное рассто- яние	h	Н	Приме- чания	Абрис
	по даль- номеру	по гори- зонтальн. кругу.	по вертик. кругу.						
II	Станция I	МО= +0°01'	i=1	Н _о = 129,13					
		0°00'	КП-1°12.0'	+1°12.8'	335.29	+7.10			
			КЛ+1°13.5'						
VI			КП+0°29.5'	-0°28.2'	132.12	-1.09			
		101°10.0'	КЛ- 0°27.0'						
1	82.0	2°31'	КЛ+2°01'	+2°00'	81.9	+2.86	131.99		
2	150.0	13°30'	+1°20'	+1°19'	150.0	+3.45	132.58		
3	110.8	44°03'	+0°40'	+0°40'	110.8	+1.29	130.42		
4	65.5	89°35'	-0°15'	-0°16'	65.5	-0.30	128.83		

Из характерных точек, определяющих положение контура, на сторону опускаются перпендикуляры. Расстояние от точки 2 до основания перпендикуляра (абсцисса) и длина перпендикуляра (ордината) определяют положение каждой точки контура. Абсциссы измеряются стальной лентой, ординаты - рулеткой. Перпендикуляры опускаются на линию на глаз или с помощью эккера. Длины перпендикуляров в зависимости от масштаба съемки не должны быть больше приведенных в табл.4.

Таблица 4

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

Полярный способ применяется для съемки контурных точек достаточно удаленных от точек теодолитного хода. Ближайшая к контуру линия принимается за полярную ось, начало линии - за полюс. Положение точек контура 1, 2, 3 ... (рис.3) определится полярными углами $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ и соответствующими расстояниями $d_1, d_2, d_3 \dots$



	7-8	0°00'
1.	61.8	18°20'
2.	72.3	24°17'
3.	56.0	32°12'

Рис.3.

Углы измеряются теодолитом одним полуприемом. Расстояния измеряются по дальномеру с точностью до 0.1 м. Перед измерениями лимб ориентируется по стороне хода. Для этого при положении вертикального круга слева от трубы совмещают нули алидады и лимба и вращением лимба наводят трубу теодолита на конечную точку стороны хода. Открыв алидаду, последовательно визируют на выбранные контурные точки, производя отсчеты по дальномеру и по горизонтальному кругу. Полученные отсчеты записывают в абрис теодолитной съемки. Последнее наведение делается снова на начальное направление. Отсчет при этом не должен отличаться от нуля более 2'.

Способ линейных засечек применяется в условиях местности, удобной для линейных измерений. Положение точки контура в этом случае определяется как вершина треугольника, в котором известны длины сторон (рис.4). Эти стороны измеряются лентой или рулеткой и записываются в абрис. Форма треугольника должна быть по возможности близка к равносторонней.

Способ угловых засечек применяется на открытых участках, где невозможно производить измерение расстояний. Положение контурной точки определяется горизонтальными углами β_1, β_2 между стороной хода и направлениями на определяемую точку (рис.5).

Углы измеряются теодолитом одним полуприемом. Угол засечки γ должен быть не менее 30° и не более 150°

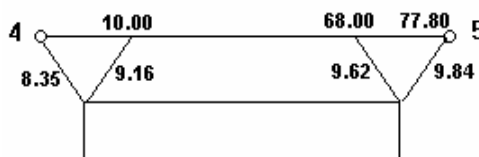


Рис.4.

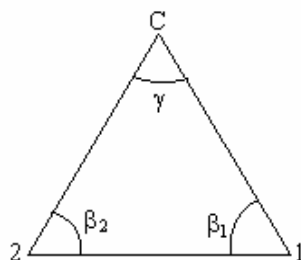


Рис.5.

Съемка рельефа.

Для съемки рельефа на местности выбираются пикетные точки на характерных перегибах рельефа. Эти точки не закрепляются, на них лишь ставится дальномерная рейка. Съемка производится полярным способом. Лимб теодолита ориентируется по передней станции. При наведении трубы на пикетную точку делается три отсчета: по нитяному дальномеру, по горизонтальному кругу, по вертикальному кругу. Все три отсчета берутся при положении круга слева. Отсчеты записываются в тахеометрический журнал (табл.3). В абрисе дается примерное положение пикетов и стрелками показывается направление скатов.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА

Проверка полевых вычислений и определение поправок в измеренные длины линий.

Камеральные работы при теодолитной съемке начинаются с проверки правильности вычислений в полевом журнале. После этого вычисляются средние значения длины каждой линии из результатов прямого и обратного измерений. В полученные значения линий D вводятся поправки за компарирование ленты и за наклон линии.

Горизонтальное проложение d вычисляется по формуле:

$$d = D + \Delta D_k - \Delta D_v,$$

Таблица 5

Поправки за наклон линии

Угол накло- на	D, м.										Угол накло- на
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1°00'	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	1°00'
10'	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	10'
20'	3	5	8	11	14	16	19	22	24	27	20'
30'	3	7	10	14	17	21	24	27	31	34	30'
40'	4	8	13	17	21	25	30	34	38	42	40'
50'	5	10	15	20	26	31	36	41	46	51	50'
2°00'	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61	2°00'
10'	7	14	21	29	36	43	50	57	64	72	10'
20'	8	17	25	33	42	50	58	66	75	82	20'
30'	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95	30'
40'	11	22	32	43	54	65	76	87	98	108	40'
50'	12	24	37	49	61	73	86	98	110	122	50'
3°00'	14	27	41	55	68	82	96	110	123	137	3°00'
10'	15	30	46	61	76	92	107	122	137	153	10'
20'	17	34	51	68	85	102	118	135	152	169	20'
30'	19	37	56	75	93	112	131	149	168	186	30'
40'	20	41	61	82	102	123	143	164	184	205	40'
50'	22	45	67	90	112	134	157	178	201	224	50'
	24	49	73	97	122	146	170	195	219	244	

Угол накло- на	D, м.										Угол накло- на
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4°00'	26	53	79	106	132	159	185	211	238	264	4°00'
10'	29	57	86	114	143	172	200	229	257	286	10'
20'	31	62	92	123	154	185	216	247	277	308	20'
30'	33	66	100	133	166	199	232	265	298	332	30'
40'	36	71	107	142	178	213	249	284	320	356	40'
50'	38	76	114	152	190	228	266	304	342	380	50'
5°00'	46	92	138	184	230	276	322	368	414	460	5°00'
30'	55	110	164	219	274	329	384	438	493	548	30'
6°00'	64	129	193	257	321	386	450	514	578	643	6°00'
30'	74	149	224	298	373	447	522	596	671	745	30'
7°00'											7°00'

где $\Delta D_k = \frac{D}{20} \Delta l$ и $\Delta D_v = 2D \cdot \sin^2(v/2)$.

Поправка за наклон может быть вычислена с помощью микрокалькулятора или выбрана из таблицы 5. Поправки вводятся, если $\Delta l > 3$ мм и $v > 1^\circ$.

Вычисление координат точек теодолитных ходов.

Выполняют в координатной ведомости (табл.6). Из теодолитного журнала в графу 2 ведомости выписывают измеренные углы замкнутого хода и подсчитывают угловую невязку f_β по формуле

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм.}} - 180^\circ(n-2).$$

Полученную невязку сравнивают с предельной $f_{\text{пред}} = 1' \sqrt{n}$, где n - число углов хода. Если полученная невязка меньше или равна предельной, то ее распределяют поровну на все углы с противоположным знаком, округляя до 0.1'. В противном случае углы должны быть измерены заново. Сумма исправленных углов должна быть точно равна теоретической сумме.

По данным привязки вычисляют дирекционный угол начальной стороны хода. Дирекционные углы последующих сторон вычисляются по формуле

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}},$$

т.е. дирекционный угол линии последующей равен дирекционному углу линии предыдущей плюс 180° и минус правый угол, заключенный между этими сторонами. Контролем правильности вычислений будет являться получение в конце вычислений дирекционного угла исходной стороны. По дирекционным углам вычисляются румбы сторон хода.

Приращения координат (графы 7 и 8, табл.6) вычисляются по формулам: $\Delta x = d \cdot \cos r$; $\Delta y = d \cdot \sin r$. Знаки приращений координат определяются в зависимости от названия румба.

Невязки в приращениях координат для замкнутого хода найдутся по формулам: $f_x = \sum \Delta x$; $f_y = \sum \Delta y$.

№ т о ч е к	У г л ы				Азимуты или дирекци-		Р у м б ы				П р и р а щ е н и я			
	измеренные		онные углы								вычисленные			
	°	'	°	'	°	'	назв.	°	'		±	ΔX	±	ΔY
1	2		3		4		5			6	7		8	
1	101	+2 10,5	101	10,7	10	40,0	СВ	10	40,0	335,29	+	+10 329,50	+	- 2 62,06
2	118	+2 03,0	118	03,2										
3	103	+2 32,0	103	32,2										
4	123	+2 22,0	123	22,2										
5	131	+2 01,5	131	01,7										
6	142	+2 49,8	142	50,0										
1					291	50,7	СЗ	68	09,3	132,12	+	+4 49,16	-	122,63
Σβ _п	719	58,8	720	00					<i>p</i> = 1254,88		+	431,79	+	363,994
Σβ _т	720	0,00									-	432,16	-	363,89
f _р		-01,2									-	0,37	+	0,05
f _{вnp}		02,4									$f_p = \nu(0.37)^2 + (0.05)^2 = 0.37$ $\frac{f_p}{p} = \frac{0.37}{1254,88} = \frac{1}{3400} < \frac{1}{2000}$			
4														
5	75	+3 10,2	75	10,5	205	42,4								
7	112	+3 42,8	112	43,1	310	31,9	СЗ	49	28,1	134,02	+	- 4 87,10	-	- 8 101,86
8	240	+3 55,2	240	55,5	17	48,8	СВ	17	48,8	94,30	+	- 3 89,78	+	- 5 28,85
2	64	+3 16,2	64	16,5	316	53,3	СЗ	43	06,7	216,54	+	- 6 158,08	-	- 12 147,99
3					72	36,8			<i>p</i> = 444,86		+	0,13	+	0,25
Σβ _п	493	04,4	493	05,6							$f_p = \nu(0.13)^2 + (0.25)^2 = 0.28$ $\frac{f_p}{p} = \frac{0.28}{444.86} = \frac{1}{1600} < \frac{1}{1000}$			
Σβ _т	493	05,6												
f _р		- 1,2												
f _{вnp}		2,0												

Таблица 6

координат				Кординаты				Разности				Произведения			
исправленные															
±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y	±	Y _{k+1} - - Y _{k-1}	±	X _{k+1} - - X _{k-1}	±	X _k (Y _{k+1} - - Y _{k-1})	±	Y _k (X _{k+1} - - X _{k-1})
9		10		11		12		13		14		15		16	
+	329,60	+	62,04	+	500,00	+	500,00	-	60,59	-	378,80	-	30295,0	-	189400,0
+	53,18	+	169,66	+	829,60	+	562,04	+	231,70	-	382,78	+	192218,3	-	215137,7
-	220,63	+	132,20	+	882,78	+	731,70	+	301,86	+	167,45	+	266476,0	+	122523,2
-	167,38	-	80,61	+	662,15	+	863,90	+	51,59	+	388,01	+	334160,3	+	335201,8
-	43,97	-	160,66	+	494,77	+	783,29	-	241,27	+	211,35	-	119373,2	+	165548,3
+	49,20	-	122,63	+	450,80	+	622,63	-	283,29	-	5,23	-	127707,1	-	3256,3
+	431,98	+	363,90	+	500,00	+	500,00	+	585,15	+	766,81	+	492854,6	+	623273,3
-	431,98	+	363,90					-	585,15	-	766,81	-	277375,3	-	407794,0
	0,00		0,00					0,00		0,00		215479,3		215479,3	
										Π = 107	739,6 м² = 10	,77	га.		
+	87,06	-	101,94	+	494,77	+	783,29								
+	89,75	-	28,80	+	581,83	+	681,35								
+	158,02	-	148,11	+	671,58	+	710,15								
+	334,83	-	221,15	+	829,60	+	562,04								
+	334,83	-	221,15												
+	0,00	-	0,00												

Для определения допустимости невязок подсчитывают абсолютную линейную невязку f_p в периметре

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

и относительную невязку f_p/p , которая должна быть меньше 1/2000.

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

$$\delta_x = -\frac{f_x}{p} d_i \quad \text{и} \quad \delta_y = -\frac{f_y}{p} d_i$$

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

По координатам исходной точки, полученным в результате привязки хода к геодезической сети, и исправленным приращениям координат определяют координаты всех точек по формулам:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{\text{испр.}}; \quad y_i = y_{i-1} + \Delta y_{\text{испр.}}$$

Контролем правильности вычисления координат является получение в конце вычислений координат исходной точки.

Вычисление координат точек разомкнутого (диагонального) хода производят в той же последовательности, что и для замкнутого хода.

Угловая невязка находится в этом случае по формуле:

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм.}} - [(\alpha_n - \alpha_k) + 180^\circ \cdot n]$$

где α_n и α_k - дирекционные углы сторон, к которым примыкает разомкнутый теодолитный ход. В примере (табл.6) $\alpha_n = \alpha_{4-5} = 205^\circ 42.4'$ и $\alpha_k = \alpha_{2-3} = 72^\circ 36.8'$.

После распределения невязки и вычисления исправленных значений углов находят дирекционные углы и румбы сторон хода и вычисляют приращения координат. Невязки в приращениях координат для разомкнутого хода находят по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_k - x_n); \quad f_y = \sum \Delta y - (y_k - y_n),$$

где x_n , y_n , x_k , y_k - известные координаты начальной и конечной точек хода.

Дальнейшие вычисления координат выполняются так же, как и для замкнутого хода.

Вычисление отметок точек хода и пикетных точек.

Вычисление отметок точек хода выполняют в специальной ведомости (табл.7). В графу 2 выписывают из координатной ведомости горизонтальные расстояния, в графы 3 и 4 - прямые и обратные превышения между точками хода. В графу 5 записывают средние (по абсолютному значению) превышения, оставляя знак прямого превышения. Невязка в превышениях замкнутого хода будет равна $f_h = \sum h_{\text{ср.}}$. Невязка разомкнутого (диагонального) хода

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} - (H_k - H_n),$$

где H_n и H_k - отметки точек, между которыми проложен ход.

Предельная невязка в превышениях подсчитывается по формуле:

$$f_{h\text{пред}} = 0.04P / \sqrt{n} \text{ см.},$$

где P - длина хода;

n - число станций.

Если полученная невязка допустима, то она распределяется на средние превышения с противоположным знаком пропорционально расстояниям между точками хода. Сумма исправленных превышений (графа 6) должна быть равна теоретической сумме. Отметки точек хода (графа 7) подсчитывается по формуле $H_i = H_{i-1} + h_{\text{испр.}}$.

Для вычисления отметок пикетных точек в тахеометрический журнал (табл.3) выписывают полученные отметки каждой станции (H_0). Отметки пикетных точек на станции вычисляют по формуле:

$$H_{\text{пик}} = H_0 + h_i.$$

Таблица 7

Ведомость вычисления отметок точек хода

№№ точек.	Рассто- яние.	П р е в ы ш е н и я				Отметки		
		h _{пр.}	h _{обр.}	h _{ср.}	h _{испр.}		Н	
1	2	3	4	5	6	7		
1	335.29	+7.10	- 6.99	+7.04	-7.01	129.13		
2						136.14		
3						133.53		
4						129.76		
5						127.59		
6						128.06		
1						132.12	+1.07	- 1.09
1	1254.88	f _h = +0.12 м.; f _{hпред.} = 0.04 · 1254.88 / √6 = 21 см.	Σh _{ср} = +0.12		0.00	127.59		
5	Диагональный ход							
7	134.02		+2.28	- 2.32	+2.30		+2.28	129.87
8	94.30		+1.54	- 1.55	+1.54		+1.53	131.40
2	216.54		+4.74	- 4.80	+4.77		+4.74	136.14
	444.86				+8.61		+8.55	
	f _h = 8.61 - (136.14 - 127.59) = +0.06 м. f _{hпред.} = 0.04 · 444.86 / √3 = 10 см.							

Построение топографического плана.

На листе чертежной бумаги с помощью линейки Дробышева строят координатную сетку сторонами 10x10 см. Правильность построения сетки проводится сравнением длин сторон и диагоналей каждого квадрата при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Отклонение от номинального значения не должно превышать 0.2 мм. Координаты сетки подписываются таким образом, чтобы участок съемки поместился в пределах листа. В заданном масштабе на план наносят по координатам точки теодолитного хода, контролируя правильность их нанесения путем сравнения длин сторон хода, измеренных на плане, с их размерами, записанными в координатной ведомости. Ситуация наносится на план в соответствии с абрисами теодолитной съемки. Пикеты наносят по измеренным горизонтальным углам и горизонтальным расстояниям с помощью транспортира и масштабной линейки. По отметкам станций и пикетных точек производят интерполирование. Соединяя точки с одинаковыми отметками, полученные при интерполировании, плавными линиями, получают изображение рельефа горизонталями.

План оформляется тушью в строгом соответствии с условными знаками, утвержденными для данного масштаба плана.

Определение площади участка аналитическим и механическим способами.

При аналитическом способе площадь участка теодолитной съемки определяется по координатам его вершин по формулам:

$$P = 0.5 \sum_{i=1}^n x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad \text{и} \quad P = 0.5 \sum_{i=1}^n y_i \cdot (x_{i-1} - x_{i+1})$$

Вычисление площади выполняется в координатной ведомости (табл.6, графы 13-16).

Определение площади механическим способом производится с помощью планиметра. Для определения цены деления планиметра обводят квадрат координатной сетки по ходу часовой стрелки дважды, записывая отсчеты перед и после каждого обвода фигуры (u_1, u_2). Разности отсчетов при первом и втором измерениях не должны различаться более, чем на 5 делений на 1000 делений разности. После этого снова обводят квадрат сетки, но при другом положении счетного механизма относительно линии полюс-обводная марка. Цена деления планиметра будет равна

$$C = \frac{P}{(u_2 - u_1)_{\text{ср.}}}$$

где P - площадь квадрата в м^2 .

Участок обводится дважды при двух положениях счетного механизма. Площадь участка определяется по формуле:

$$P = (u_2 - u_1)_{\text{ср.}} \cdot C.$$

Пример записи в журнал при измерении площади приводится в табл.8.

Таблица 8

Журнал измерения площади планиметром						
Планиметр N 1836		R = 150.0		C = 36.97 м^2		
Название участка	Положение счетного механизма	Отсчеты		$U_2 - U_1$	$(U_2 - U_1)_{\text{ср}}$	Площадь, га
		U_1	U_2			
Квадрат (определение C)	Влево	4720	5803	1083	1082	4.00
		2352	3432	1080		
	Вправо	4805	5886	1081		
		5647	6731	1084		
Участок №1	Влево	6652	8101	1449	1447	5.35
	Вправо	8794	10239	1445		

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Геометрическое нивелирование выполняется для проектирования сооружений линейного типа (дорог, каналов, газопроводов, водопроводных и тепловых сетей и т.п.), для составления проектов вертикальной планировки участков местности, подлежащих застройке, для передачи отметок от точек высотной геодезической сети на строительную площадку, для разбивки сооружений по высоте и установки конструкций в проектное положение.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ

В процессе предварительных занятий студенты должны выполнить:

- а) поверки и юстировку нивелира;
- б) упражнения в определении превышений между точками замкнутого контура (треугольника) с вычислением невязки и определения её допустимости.

Поверки и юстировка нивелира.

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.

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

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

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

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

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

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

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Поверка этого главного условия нивелира выполняется способом нивелирования "вперед" линии длиной около 50м, закрепленной кольшками (рис.6).

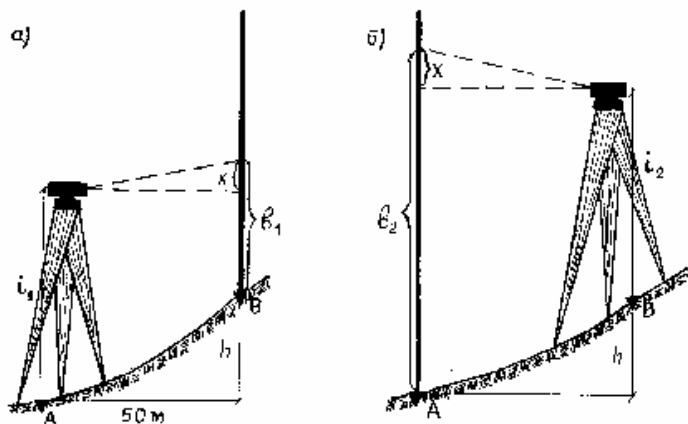


Рис.6.

Нивелир устанавливают над одним из кольшков так, чтобы окуляр зрительной трубы находился над ним. Приводят с помощью круглого уровня ось вращения в отвесное положение и измеряют высоту прибора i_1 по рейке от кольшка до центра окуляра. Затем элевационным винтом совмещают изображения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет b_1 по рейке, установленной на другом кольшке.

Аналогично устанавливают нивелир на другом конце линии, измеряют высоту прибора i_2 и берут отсчет по рейке b_2 , находящейся на 1-ом кольшке.

Ошибку в отсчетах по рейке x , вызванную непараллельностью визирной оси и оси цилиндрического уровня, вычисляют по формуле:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}$$

При $|x| \leq 4$ мм следует считать, что главное условие выполняется. При $|x| > 4$ мм необходимо устранить непараллельность визирной оси и оси уровня. Для этого вычисляют отсчет "b", при котором визирная ось трубы занимает горизонтальное положение, подставляя величину x с учетом ее знака в формулу:

$$b = b_2 - x,$$

а затем элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет "b" и вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня добиваются совпадения изображений концов его пузырька.

После исправления главного условия поверка должна быть повторена.

Упражнения в определении превышений.

На участке с небольшими уклонами размещают точки так, чтобы они образовали треугольник со сторонами 50 - 70 м и забивают в его вершинах колышки. Эти точки нумеруют по ходу часовой стрелки.

Нивелирование начинают со стороны 1-2. Нивелир устанавливают примерно на равных расстояниях от ее концов и приводят его в рабочее положение.

Для установки прибора в рабочее положение необходимо:

- привести ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью круглого уровня;
- установить зрительную трубу "по глазу" (диоптрийным кольцом) и по рейке (кремальерой).

Порядок работы на станции:

- Отсчет по черной стороне задней рейки (точка 1) $a_{\text{ч}}$.
- Отсчет по черной стороне передней рейки (точка 2) $b_{\text{ч}}$.
- Отсчет по красной стороне передней рейки - $b_{\text{кр}}$.
- Отсчет по красной стороне задней рейки - $a_{\text{кр}}$.

Перед каждым отсчетом по рейке обязательно производится совмещение изображений концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом. Отсчеты по рейке записывают в журнал установленной формы (табл.9).

Превышения вычисляются по формулам:

$$h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}},$$

$$h_{\text{кр}} = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}}.$$

Контроль измерений на станции: $|h_{\text{ч}} - h_{\text{кр}}| \leq 5$ мм.

Если разность превышений в допуске, то вычисляют среднее превышение, округляя его до целых миллиметров

$$h_{1-2} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}}}{2}.$$

Таблица 9

№№ стан-ций	№№ пи-кетов	Отсчеты по рейке			Превышения				Горизонт при-бора	Отметки
		зад-ние	пе-ред-ние	про-ме-жуточ-ные	по черной стороне	по красной стороне	сред-ние	исправ-ленные		
	1	1283	(1)							
1		6084	(4)		-1078	-1075	-1076			
	2		2361	(2)						
			7159	(3)						

Примечание: цифры в скобках показана последовательность взятия отсчетов.

В противном случае измерения повторяют.

После этого нивелир устанавливают между точками 2 и 3, приводят в рабочее положение. Реечник с точки 1 переходит на точку 3 и измерения превышений по черным и красным сторонам реек выполняются в последовательности, описанной для стороны 1-2. В таком же порядке выполняется нивелирование стороны 3-1. Для контроля нивелирования по треугольнику вычисляют невязку в превышениях $f_{\text{н}} = \sum h_{\text{изм.}} - \sum h_{\text{теор.}}$. Для замкнутого хода $\sum h_{\text{теор.}} = 0$, а $\sum h_{\text{изм.}} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-1}$.

Полученную невязку сравнивают с предельной

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

где $n = 3$ - количество станций в ходе.

Если $|f_h| \leq f_{h\text{пред.}}$, то невязка считается допустимой. В случае $|f_h| > f_{h\text{пред.}}$ измерения должны быть повторены.

2. ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Разбивка пикетажа.

При техническом нивелировании трассы линейного сооружения, выполняемом для составления продольного профиля, предварительно производится разбивка пикетажа - разбивка на стометровые отрезки и закрепление концов отрезков кольшками-пикетами. Для разбивки используется двадцатиметровая стальная лента и шесть шпилек.

Измерения производятся в одном направлении. При этом необходимо получать горизонтальные проложения линий, для чего на наклонных участках трассы ленте придают горизонтальное положение, поднимая один ее конец над поверхностью земли. Передача шпилек осуществляется после отложения стометрового отрезка, который закрепляется кольшком (пикетом) у шпильки, воткнутой в землю. Пикеты забиваются вровень с поверхностью земли и вырубается дерн вокруг него. Пикеты нумеруют, начиная с нуля, в возрастающем порядке до конца трассы.

Перегибы рельефа отмечают кольшками, как и пикеты, но в их обозначении указывают номер предыдущего пикета плюс число метров до точки перегиба. Например: ПК 2+26, ПК 10+42 и т.д. Такие точки носят название "плюсовых".

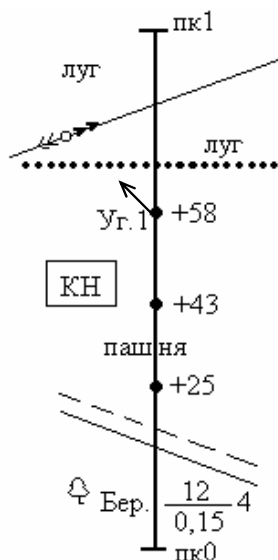


Рис. 7.

Одновременно с разбивкой пикетажа теодолитом полным приемом измеряют в точках поворота трассы правые по ходу углы и выполняют съемку полосы местности шириной 20-40 метров в обе стороны от оси, применяя простейшие способы (например, способ перпендикуляров, линейных засечек) и приборы (эккер, рулетка). Результаты съемки заносят в пикетажный журнал в масштабе 1:1000 (рис.7).

Нивелирование трассы.

При нивелировании трассы различают "связующие" и "промежуточные" точки.

Связующими точками являются все пикетные, а также "иксовые" точки, используемые при нивелировании крутых склонов, когда невозможно с одной постановки нивелира сделать отсчеты по рейкам, установленным на смежных пикетах.

К "промежуточным" точкам относятся плюсовые.

Превышения между связующими точками определяют нивелированием из середины с контролем превышений, вычисленным по отсчетам по черным и красным сторонам реек.

Таблица 10

№№ стан-ций	№№ пикетов	Отсчеты по рейке			Превышения				Горизонт прибора	Отметки
		задние	передние	промежуточные	по черной стороне	по красной стороне	средние	исправленные		
	Рп 1	1935					- 2			135,500
		6723			+1542	+1540	+1541	+1539		
1	ПК 0		0393							
			5183							
	ПК 0	1723					- 2			137,034
2		6510			- 789	- 790	- 790	- 792	138,76 2	
	X ₁		2512							
			7300							
	+25			1638						137,124
	+43			2106						136,656
	X ₁	1493					- 2			136,247
3		6280			+667	+665	+666	+664	137,74 0	
	ПК 1		0826							
			5615							
	+58			1726						136,014
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	ПК 5	0539					- 2			141,017
9		5237			- 1492	- 1494	- 1493	- 1495		
	Рп 2		2031							139,522
			6721							
		Σ	70000	61920		Σh _{кр}	+4040	+4022		
						Σh _т	+4022			

Постраничный контроль: $f_h = +18\text{мм}$.

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{70000 - 61920}{2} = +4040 \quad f_{\text{нпред}} = 50\text{мм} \sqrt{L}; L=640\text{м}.$$

$$f_{\text{нпред}} = 40\text{мм}.$$

После определения превышений между связующими точками приступают к нивелированию промежуточных точек. Задний реечник последовательно ставит рейку на колышки всех плюсовых точек, имеющих между пикетами, уже пронивелированными с данной станции, при этом необходимо: а) не изменять высоту нивелира после выполнения отсчетов по связующим точкам; б) отсчеты на промежуточные точки делать только по черной стороне рейки; в) перед каждым отсчетом на промежуточные точки контролировать положение пузырька цилиндрического уровня.

Результаты измерений записывают в журнал установленной формы (таблица 10).

По окончании измерений на станции нивелир переносят на следующую станцию, передний реечник остается на своей точке (пикетной или иксовой), а задний реечник идет на следующий пикет и нивелирование продолжается.

Привязка трассы к реперам.

Для контроля измерений и вычислений отметок начало и конец трассы должны быть привязаны к реперам высотной геодезической сети. Привязка заключается в измерении превышений между реперами и этими пикетами способом нивелирования из середины с контролем измерений по черным и красным сторонам реек.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ

Проверка полевых вычислений.

Обработку результатов продольного нивелирования начинают с контроля полевых вычислений - постраничного контроля.

На каждой странице журнала суммируют задние отсчеты по черным и красным сторонам реек - $\sum a$, передние отсчеты - $\sum b$, алгебраически средние превышения - $\sum h_{\text{ср}}$. Контроль вычислений на странице заключается в следующем:

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

Расхождение, вызываемое только ошибками округления, не должно превышать 2 мм.

Вычисления отметок связующих и промежуточных точек.

Вычисления начинают с определения невязки хода

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

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

$H_{\text{нач.}}$, $H_{\text{кон.}}$ - отметки реперов, к которым привязаны нулевой и конечный пикеты трассы.

Предельная допустимая невязка определяется по формулам:

$$f_{h\text{пред.}} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L},$$

или

$$f_{h\text{пред.}} = 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n},$$

где L - длина хода в километрах, n - число станций в ходе.

Допустимой считается невязка

$$|f_h| \leq f_{h\text{пред.}}$$

Невязку распределяют поровну на все превышения с противоположным знаком, округляя поправки до целых миллиметров. Контролем распределения невязки является равенство суммы поправок невязке хода с противоположным знаком.

Сумма исправленных превышений $\sum h_{\text{испр.}}$ должна быть равна разности отметок конечных точек хода ($\sum h_{\text{испр.}} = H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}$). После этого вычисляют отметки точек

$$H_i = H_{i-1} + h_i$$

где H_{i-1} - отметка предыдущей точки;

H_i - отметка последующей точки;

h - исправленное превышение между этими точками.

Отметки промежуточных точек вычисляют способом горизонта прибора (ГП), определяемого на каждой станции, где есть промежуточные точки (рис.8), по формуле

$$\text{ГП} = H_A + a.$$

Отметка промежуточной точки

$$H_C = \text{ГП} - c.$$

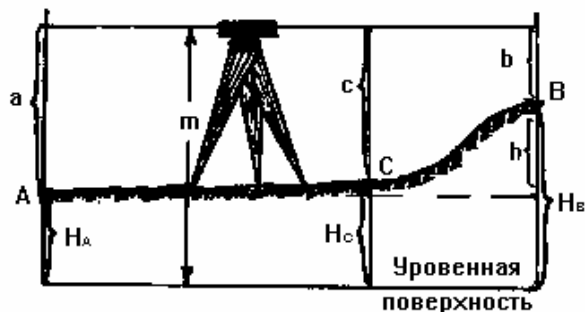


Рис. 8.

Построение профиля.

По результатам продольного нивелирования составляется профиль трассы.

Профиль строится на миллиметровой бумаге в заданном масштабе, удобном для проектирования. Вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального. Сначала вычерчивается сетка профиля, размеры которой и содержание отдельных граф показаны на рисунке 9.

На построенной сетке профиля, в принятом горизонтальном масштабе, наносят пикеты и плюсовые точки, очерчивая их вертикальными линиями в графе "расстояния". В этой же графе записывают расстояния между пикетами и плюсовыми точками. В графе "пикеты" пишут номера пикетов. Отметки точек, полученные по результатам нивелирования, выписываются из журнала в графу фактических отметок против соответствующих пикетных или плюсовых точек, округляя их до 0.01 метра. Эти отметки в вертикальном масштабе откладывают от линии условного горизонта, выбираемой с таким расчетом, чтобы от нее до точки профиля с минимальной отметкой было не менее 5-6 сантиметров. Полученные точки соединяют прямыми, образующими ломаную линию - профиль.

2,0 см.	План трассы
1,5 см.	Проектные работы
1,0 см.	Уклоны/ расстояния
1,5 см.	Фактические отметки
1,0 см.	Расстояния
0,5 см.	Пикеты

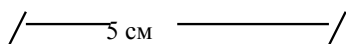


Рис.9.

В графу "план трассы" из пикетажного журнала переносят результаты съемки ситуации. Ось трассы располагают в середине графы, а углы поворота показывают стрелками, направленными под произвольными углами вверх или вниз от оси, что соответствует повороту влево или вправо.

Проектирование по профилю.

После составления профиля выполняется проектирование линейного сооружения (дороги, трубопровода и т.п.). Для этого на профиль наносят проектную линию. При задании проектной линии необходимо соблюдать ряд технических условий, задаваемых соответствующими нормативными документами. Так, например, при проектировании дорог ставятся требования соблюдения предельно допустимых уклонов, минимальных объемов земляных работ при их нулевом балансе.

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

$$u = \frac{H_{кон.} - H_{нач.}}{d}$$

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

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

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

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

Вычисленные проектные отметки округляют до 0.01 метра и записывают в соответствующую графу. Рабочие отметки, характеризующие высоту насыпи и глубину выемки на пикете или плюсовой точке получают, вычитая из проектной отметки фактическую.

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

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

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

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

Величина х округляется до 0.01 метра. Ее записывают слева от пунктирной линии, опущенной из точки нулевых работ до линии условного горизонта, справа от этой линии - дополнение х до 100 метров.

Оформление профиля.

Профиль оформляется тушью. Все проектные данные (проектная линия, проектные уклоны и проектные расстояния, проектные и рабочие отметки, а также ось трассы) показывают красным цветом. Точки нулевых работ и расстояния до них - синим; все фактические данные - черным цветом. Данные съемки полосы местности вдоль трассы изображаются соответствующими условными знаками. Обязательно приводится горизонтальный и вертикальный масштабы профиля (рис.10).

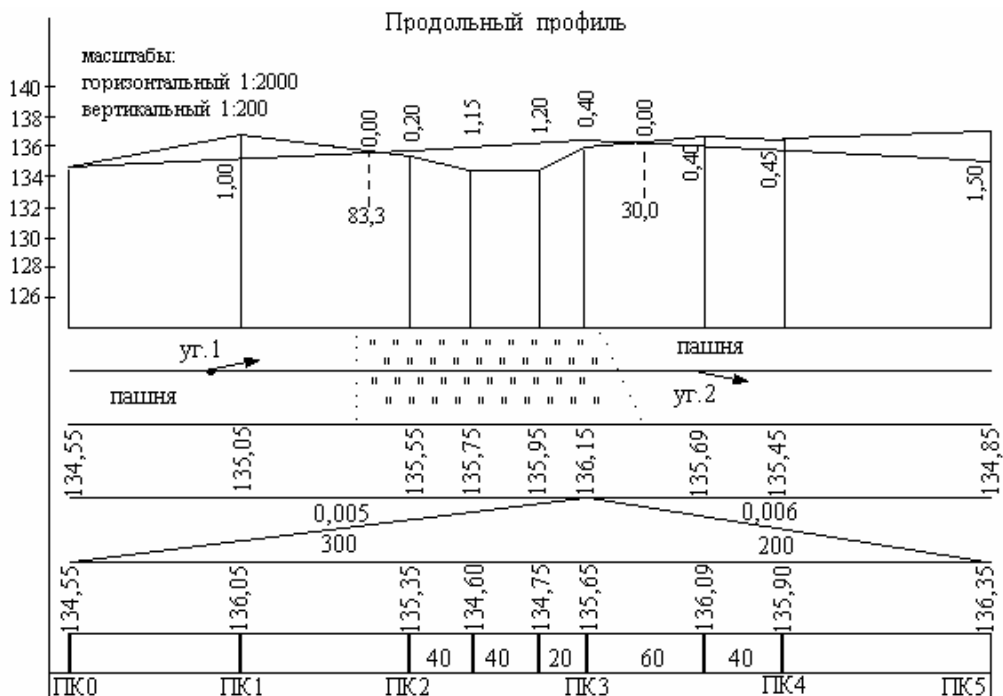


Рис. 10.

4. НИВЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Строительная площадка нивелируется по квадратам со сторонами 20-40 метров. Результаты нивелирования в виде топографического плана используются для вертикальной планировки, т.е. для размещения сооружений по высоте и преобразования рельефа.

Построение сетки квадратов.

Сетку квадратов разбивают мерной лентой и теодолитом. На границе строительной площадки намечают линию, на которой лентой откладывают необходимое количество отрезков по 20 или 40 метров.

Измерение лентой выполняется в одном направлении. Отложенные отрезки закрепляются кольешками, забиваемыми вровень с поверхностью земли, и обозначаются, например, вырубкой дерна для облегчения их отыскания при нивелировании.

На одном из концов линии теодолитом при одном положении вертикального круга строят прямой угол и полученное направление закрепляют вешкой. По этому направлению откладывают отрезки принятой длины. Подобным же образом откладывают отрезки по периметру всей площадки. После этого измеряют расстояние лентой между противоположными сторонами площадки, и закрепляют колышками вершины квадратов.

Составляется схема площадки в произвольном масштабе. На схеме горизонтальные линии обозначаются цифрами, а вертикальные - буквами (рис.11).

Нивелирование площадки.

На площадке прокладывают замкнутый нивелирный ход, состоящий, как минимум, из трех станций (рис.11). Связующими точками являются вершины квадратов. На каждой станции измеряют превышения между связующими точками хода по черным и красным сторонам реек. После этого, не меняя высоты нивелира, делают отсчеты на ближайшие промежуточные вершины квадратов, не являющиеся связующими точками. Отсчеты делаются только по черной стороне рейки (необходимо контролировать перед каждым отсчетом положение пузырька уровня нивелира!). На эти промежуточные точки рейку устанавливает задний реечник, который после обхода всех точек, намеченных для измерений с данной станции, переходит на следующую связующую точку. Нивелир переставляется и измерения продолжают.

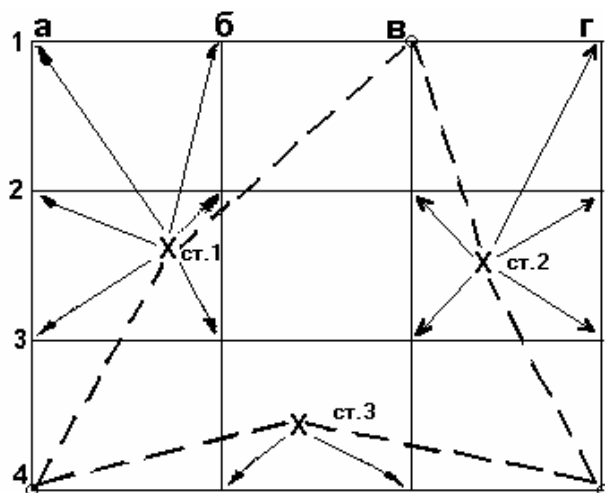


Рис.11.

Запись результатов измерений производится в журнале нивелирования (таблица 11). Точки сетки, на которых взяты отсчеты, отмечаются на схеме.

Для вычисления отметок необходимо выполнить привязку одной из связующих точек хода к ближайшему реперу. Привязка выполняется по методике нивелирования связующих точек в техническом нивелировании.

Таблица 11

№№ стан-ций	№№ пике-тов	Отсчеты по рейке			Превышения				Гори-зонт прибора	Отметки
		задние	перед-ние	проме-жу-точн.	по черной стороне	по крас-ной сторо-не	сред-ние	исправ-ленные		
	4а	2930					- 4			134,251
1		7717			+1003	+1005	+1004	+1000	137,181	
	1в		1927							
			6712							
	3а			0913						136,286
	3б			1664						135,517
	2а			1213						135,968
	2б			0361						136,820
	1а			1742						135,439
	1б			1678						135,503
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

$$\Sigma \frac{25002 - 24978}{2} = +12 \quad f_h = \Sigma h_{cp} = +12 \text{ мм.}$$

$$f_{h\text{пред}} = 10 \text{ мм} \sqrt{L} = 17 \text{ мм.}$$

Обработка результатов нивелирования.

Обработку результатов нивелирования начинают с постраничного контроля измерений по замкнутому ходу. Контролем служит равенство:

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

Различие левой и правой частей равенства не должно превышать 2 мм. Затем определяют невязку хода

$$f_h = \sum h_{изм}.$$

и ее допустимость

$$|f_h| \leq f_{h\text{пред}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где n - количество станций хода.

Если полученная невязка хода допустима, то ее распределяют поровну на все превышения с противоположным знаком. Поправки округляют до целых миллиметров. Контроль введения поправок производится по формулам:

$$\sum h_{испр.} = 0,$$

Отметки связующих точек вычисляют, начиная с отметки точки, полученной из привязки. Отметки последующих точек вычисляют по формуле:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр.},$$

где $h_{испр.}$ - исправленное превышение между предыдущей i -ой точкой и последующей точкой $i+1$. Контроль вычисления отметок - получение отметки исходной точки.

Отметки вершин квадратов, не являющихся связующими точками хода, вычисляют через горизонт прибора, определяемый для каждой станции по формуле:

$$\Gamma П = H_a + a,$$

из которого последовательно вычитают отсчеты по рейкам, взятым с этой станции.

Построение плана в горизонталях.

На листе чертежной бумаги вычерчивается сетка квадратов в заданном масштабе. В вершинах квадратов выписываются отметки, округленные до 0.01 метра.

Горизонтали проводят с использованием палетки, построенной на миллиметровке. Для ее построения (рис.12) проводят две вертикальные линии на расстоянии, равном ширине квадрата сетки. У левой вертикальной линии через сантиметр снизу вверх подписывают отметки через интервал, равный высоте сечения, охватывающие весь диапазон отметок площадки, начиная с минимальной. Отложив на палетке отметки соседних вершин квадрата и, соединив эти точки прямой, отыскивают ее пересечения с линиями надписанных горизонтальных линий, которые проецируют вниз на сторону квадрата сетки. Полученные таким образом точки, имеющие одинаковые отметки постепенно соединяют плавными кривыми - горизонталями. Внутри квадратов горизонтали проводятся так, чтобы они правильно изображали рельеф местности.

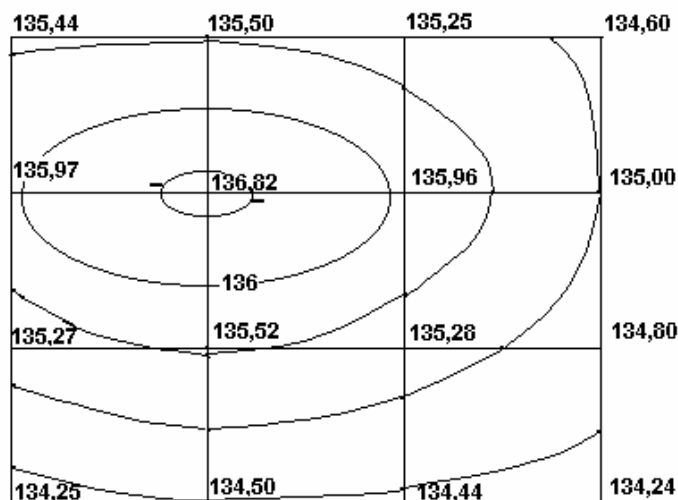


Рис.12.

Оформление плана.

Сетка квадратов вычерчивается тонкими линиями синей тушью. Отметки, округленные до 0.01 метра, выписывают у вершин квадратов черной тушью. Горизонтали вычерчивают коричневым цветом тонкими линиями. При высоте сечения равном 0.5 метра утолщается вдвое каждая четвертая горизонталь кратная 2 метрам, а при высоте сечения 1 метр - каждая пятая. В таких горизонталях делается разрыв и пишется ее отметка в целых метрах, при этом верх цифр должен быть направлен в сторону возрастания отметок горизонталей. В наиболее характерных местах проводят бергштрихи. Образец оформления плана показан на рисунке 13.

ПЛАН НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ



Масштаб 1:1000
Высота сечения 0,5 м.

Рис.13.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НА МЕСТНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

I. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА

Для перенесения на местность проектного горизонтального угла β в точке N вправо от исходной линии NM (рис.14) необходимо теодолит установить в рабочее положение в точке N, совместить алидаду с лимбом на нулевом отсчете и при закрепленной алидаде ориентировать теодолит по линии NM, закрепить лимб и поворотом алидады вправо установить на лимбе отсчет, равный проектному углу β . В створе визирной оси установить вежу в точке A₁.

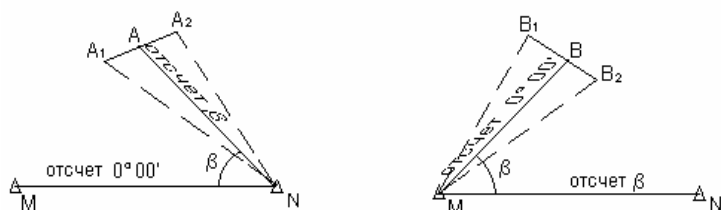


Рис.14.

Аналогично, при другом положении вертикального круга, установить вежу в точке A₂. Расстояние между точками A₁ и A₂ разделить пополам и закрепить точку A колышком. Угол между направлениями NM и NA будет проектным горизонтальным углом β .

При перенесении проектного угла β в точке M влево от исходной линии MN задача решается в такой же последовательности, но отсчет по лимбу при ориентировании по линии MN должен быть равен проектному углу β , а отсчет в створе визирной оси при повороте алидады влево равным 0°00'.

Порядок записи проектных углов и их контрольные измерения показаны в таблице 12 и 13.

Таблица 12

Проектные углы

Точки стоя- ния	Проектный угол β		Контр.измерение β'		$\Delta = \beta - \beta'$
	°	'	°	'	
N	30	15	30	14.5	+0.5"
M	45	25	45	25.5	- 0.5"

Таблица 13

Точки стоя- ния	Точки Визиро- вания	Отсчеты по лимбу		Угол		Среднее из углов	
		°	′	°	′	°	′
N	A	67	38	30	15	30	14.5
	M	37	23				
	A	248	54	30	14		
	M	218	40				
M	N	24	11	45	25	45	25.5
	B	338	46				
	N	205	33	45	26		
	B	160	07				

2. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ
ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ

Для перенесения на местность проектной линии d необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении наклонное расстояние D , горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Наклонное расстояние вычисляется по формуле $D=d + \Delta$, где Δ - сумма поправок за наклон линии, компарирование мерного прибора и температуру, т.е. $\Delta = \Delta d_v + \Delta d_k + \Delta d_t$, где

$$\Delta d_v = 2 \cdot d \cdot \sin^2 \frac{\nu}{2}$$

$$\Delta d_k = \frac{d}{I} \cdot (I - I_r)$$

$$\Delta d_t = \alpha \cdot d \cdot (t_0 - t).$$

В этих формулах:

ν - угол наклона линии;

I - номинальная длина ленты, например, 20 м;

I_r - фактическая длина ленты;

$\alpha = 0.0000125$ - температурный коэффициент для стали;

t - температура при измерении линии;

t_0 - температура при компарировании ленты.

Пример вычисления наклонного расстояния

$$l_r = 19.98; l = 20 \text{ м};$$

$$t = +12^\circ; t_0 = +22^\circ;$$

п/п	d, м.	v	Поправки в метрах			Δ , м.	Δ , м.
			Δd_v	Δd_k	Δd_t		
1	77.64	$4^\circ 10'$	+0.206	+0.078	+0.010	+0.088	77.73

Примечание: поправки вычисляются до третьего знака после запятой, а вычисленное значение Δ округляют до сотых долей метра.

3. ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ И РАЗБИВКА ЗДАНИЯ СПОСОБОМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ

Способ применяется при наличии на местности строительной сетки. Координаты вершин сетки выражены в условной системе. Оси здания параллельны линиям строительной сетки.

Задаваясь координатами точки А и зная размеры здания (рис.15), вычисляем координаты точек В, С, D и записываем результаты в таблицу 15.

Пользуясь координатами табл.15, вычисляем данные для разбивки: $\Delta x_A = 18.00 \text{ м}$; $\Delta y_A = 6.00 \text{ м}$; $\Delta x_B = 18.00 \text{ м}$; $\Delta y_B = 36.00 \text{ м}$. Полученные данные наносят на разбивочный чертеж (рис. 16). Разбивочный чертеж - это схема на которой показаны пункты разбивочной основы, выносимые на местность точки и разбивочные элементы. Разбивочные элементы - это элементы которые необходимо построить на местности для обозначения проектных точек (углы, длины линий, проектные отметки). Далее, производим разбивку здания, для чего на местности с помощью теодолита и ленты откладываем отрезки $pm = \Delta y_A = 6.00 \text{ м}$. и $pn = \Delta y_B = 36.00 \text{ м}$. и закрепляем колышками точки m и n.

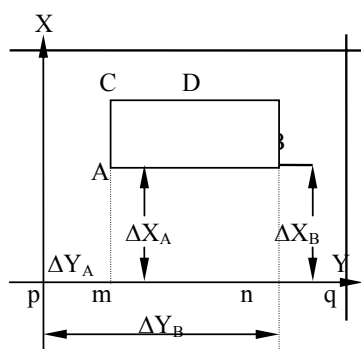


Рис.15.

Таблица 15

Точки	Координаты, м.	
	x	y
A	98.00	46.00
B	98.00	76.00
C	110.00	46.00
D	110.00	76.00

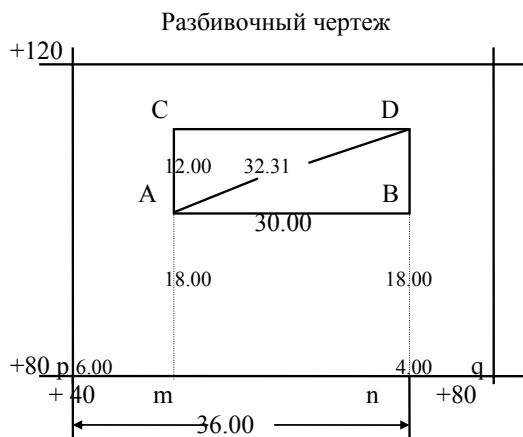


Рис.16.

Строим с помощью теодолита прямые углы в этих точках, откладываем линии $mA = \Delta x = 18.00$ м. и $mC = 18 + 12 = 30.00$ м, $nB = \Delta x = 18.00$ м. и $nD = 18 + 12 = 30.00$ м. и закрепляем колышками точки А и С, В и D.

Для контроля следует измерить длины сторон здания АВ и CD, а также диагонали AD и BC, и убедиться, что ошибки в линиях не превышают 1:2000.

4. ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ И РАЗБИВКА ЗДАНИЯ СПОСОБОМ ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ

Способ применяется на открытой и удобной для измерения линий местности. Пусть на плане, например, масштаба 1:1000 запроектировано здание, ось АВ которого непараллельна исходной линии MN (рис.17). Необходимо вычислить разбивочные элементы: углы β_1 и β_2 и длины линий d_1 и d_2 , которые нужны для разбивки здания на местности.

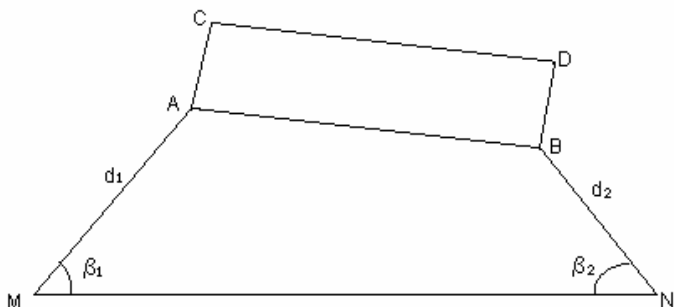


Рис.17.

Задача решается в такой последовательности: координаты x_1 и y_1 точки А и дирекционный угол α_{AB} определяются графически, координаты x_2 и y_2 точки В вычисляются по формулам:

$$x_2 = x_1 + d \cdot \cos r, \quad y_2 = y_1 + d \cdot \sin r,$$

где $d = AB$ - ось здания.

Решая обратные геодезические задачи, вычисляются дирекционные углы и длины линий МА и NB. Определение координат точек А и В. Координаты исходных точек М и N и дирекционный угол линии MN известны из результатов обработки теодолитного хода.

Пример вычисления для разбивки полярным способом $d = 80.00$ приведен в табл.16, 17.

Таблица 16

Параметры	А, В
α_{AB}	$70^\circ 15'$
румб r	СВ: $70^\circ 15'$
x_1	+810.40
Δx	+27.03
x_2	+837.43
y_1	+494.20
Δy	+75.29
y_2	+569.49

Разбивочный чертеж

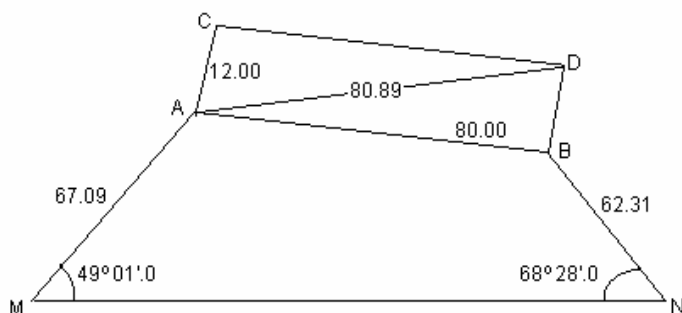


Рис.18.

Таблица 17

Вычисление дирекционных углов и длин линий MA и NB

Параметры	MA	NB	Исходные данные
x_1	+750.35	+787.04	$x_M = +750.35$
x_2	+810.40	+837.43	$y_M = +464.28$
$\Delta x = x_2 - x_1$	+60.05	+50.39	$x_N = +787.04$
y_1	+464.28	+606.15	$y_N = +606.15$
y_2	+494.20	+569.49	$\alpha_{MN} = 75^\circ 30'$
$\Delta y = y_2 - y_1$	+29.92	- 36.66	$\alpha_{NM} = 255^\circ 30'$
$\text{tg } r$	+0.49825	- 0.72753	Координаты точек А и В взяты из табл. 16.
$\text{румб } r$	СВ:26°29.1'	СВ:36°02.2'	$x_A = +810.40$
α	26°29.1'	323°57.8'	$y_A = +494.20$
$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$	67.09	62.31	$x_B = +837.43$
$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}$	67.09	62.31	$y_B = +569.49$
$\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA} = 49^\circ 00.9'$			$\beta_2 = \alpha_{NB} - \alpha_{NM} = 68^\circ 27.8'$

По данным разбивочного чертежа (рис.18) на местности строят углы β_1 и β_2 , откладывают расстояния d_1 и d_2 и получают точки А и В, которые закрепляют кольями.

Для контроля измеряют линию АВ, затем построением прямых углов в точках А и В и линий АС и ВD получают точки С и D, которые закрепляются кольями.

Для контроля измеряются ось здания CD и диагонали AD и BC. Относительная ошибка разности между измеренной и проектной линией должна быть не более 1:2000.

5. ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ И РАЗБИВКА ЗДАНИЯ СПОСОБОМ ЛИНЕЙНЫХ ЗАСЕЧЕК

Способ линейных засечек применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния d_1, d_2, d_3, d_4 (рис.19) не превышают длины мерного прибора.

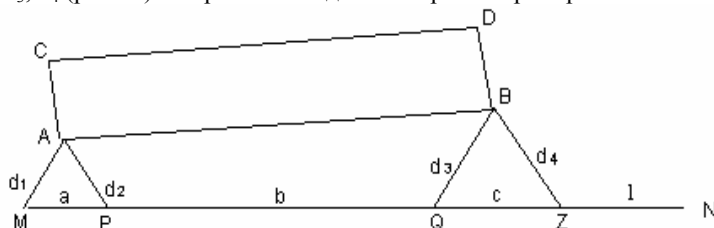


Рис.19.

Координаты точек М и N и длина линий d_{MN} известны (табл.18).

Для решения задачи сначала необходимо определить координаты точек А и В.

Координаты точки $A(x_A, y_A)$ определяются графически по плану с использованием поперечного масштаба и измерителя. Координаты точки В определяются по формуле:

$$x_B = x_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}$$

$$y_B = y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}$$

где d_{AB} - проектная длина здания,

α_{AB} - дирекционный угол линии, определяемый транспортиром по плану.

Результаты вычислений координат точки В даются в табл.19.

Затем определяются координаты точек Р, Q, Z. Для этого:

1. Отрезки a, b, c снимаются с плана, а отрезок l вычисляется по формуле:

$$l = d_{MN} - (a + b + c).$$

2. Вычисляются значения коэффициентов k_x, k_y (табл.20.) по формулам:

$$k_x = \frac{x_N - x_M}{d_{M-N}}; \quad k_y = \frac{y_N - y_M}{d_{M-N}};$$

3. Используя расстояния a, b, c и значения коэффициентов k_x, k_y определяются координаты точек Р, Q, Z по формулам:

$$x_P = x_M + k_x \cdot a; \quad y_P = y_M + k_y \cdot a;$$

$$x_Q = x_P + k_x \cdot b; \quad y_Q = y_P + k_y \cdot b;$$

$$x_Z = x_Q + k_x \cdot c; \quad y_Z = y_Q + k_y \cdot c.$$

Для контроля вычисляются координаты точки N.

$$x_N = x_Z + k_x \cdot l; \quad y_N = y_Z + k_y \cdot l.$$

Результаты вычислений координат точек Р, Q, Z приводятся в табл.21.

Решая обратные геодезические задачи, находят проектные расстояния d_1, d_2, d_3, d_4 (табл.22) и наносят их на разбивочный чертеж (рис.20).

Полевые работы по перенесению на местность точки А способом линейной засечки выполняются в таком порядке.

В точке М закрепляется нулевое деление рулетки и радиусом, равным d_1 , прочерчивают на местности дугу, затем нулевое деление рулетки закрепляют в точке Р и прочерчивают дугу радиусом d_2 . Точка пересечения дуг является искомой проектной точкой А.

Аналогично находим на местности точку В. Для удобства нахождения точек на местности А и В применяют два мерных прибора. Затем построением прямых углов в точках А и В и линий АС и ВD получают точки С и D.

Таблица 18

Исходные данные

Название точек	Координаты		Длина
	x	y	
М	1197.07	2402.06	72.32
N	1236.61	2463.80	

Таблица 19

Определение координат точки В.

Параметры	А, В
α румб r d	$53^{\circ}00.0'$ СВ: $53^{\circ}00.0'$ 40.00
x_1 Δx x_2	+1206.60 +24.07 +1230.67
y_1 Δy y_3	+2405.20 +31.94 +2437.14

Таблица 20

Определение коэффициентов k_x и k_y .

x_N	+1236.61
x_M	+197.07
Δx	+39.54
d	73.62
k_x	+0.53928
y_N	+2463.80
y_M	2402.06
Δy	+61.74
d	73.62
k_y	+0.84206

Таблица 21

Определение координат точек Р, Q, Z

	М - Р	Р - Q	Q - Z	Z - N
d	12.00	28.00	13.00	20.32
x_1	+1197.07	+1203.54	+1218.64	+1225.65
Δx	+6.47	+15.10	+7.01	+10.96
x_2	+1203.54	+1218.64	+1225.65	+1236.61
y_1	+2402.06	+2412.16	+2435.74	+2446.69
Δy	+10.10	+23.58	+10.95	+17.11
y_2	+2412.16	+2435.74	+2446.69	+2463.80

Таблица 22

Определение d_1, d_2, d_3, d_4

	М - А	Р - А	Q - В	Z - В
x_1	+1197.07	+1203.54	+1218.64	+1225.65
x_2	+1206.60	+1206.60	+1230.67	+1230.67
$\Delta x = x_2 - x_1$	+9.53	+3.06	+12.03	+5.02
y_1	+2402.06	+2412.16	+2435.74	+2446.69
y_2	+2405.20	+2405.20	+2437.14	+2437.14
$\Delta y = y_2 - y_1$	+3.14	- 6.96	+1.40	- 9.55
d	10.03	7.60	12.11	10.79

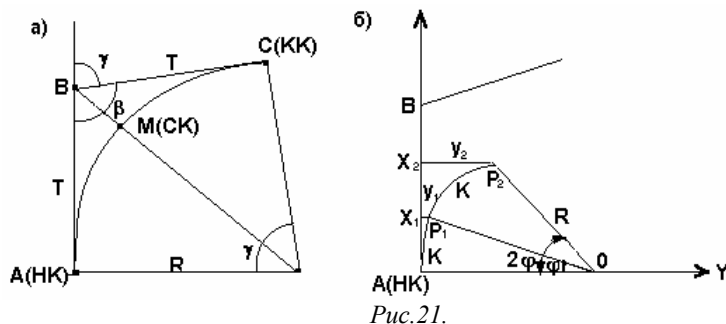


Для контроля измеряются оси здания AB и CD, а также диагонали AD и CD.

6. ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАЗБИВКА НА МЕСТНОСТИ КРУГОВЫХ КРИВЫХ

При строительстве линейных сооружений, при возведении отдельных зданий, имеющих закругленные части, возникает необходимость разбивки на местности круговых кривых.

Разбивка кривой начинается с разбивки главных точек, т.е. начала кривой А, конца кривой С и середины кривой М (рис.21а).



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

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

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

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

Элементы кривой могут быть также выбраны из специальных таблиц по аргументам γ и R.

Пример: При угле поворота $\gamma = 45^\circ 16'$ и радиусе кривой $R=100\text{м}$ находим элементы кривой: $T = 41.69\text{м}$, $K=79.00$, $B = 8.34\text{м}$.

Полученные разбивочные элементы для разбивки главных точек наносят на разбивочный чертеж (рис.22а).

Отложив на местности от вершины В отрезки $BA=BC=T$, получим начало кривой (НК) и конец кривой (КК). Построив угол $\beta/2$ и отложив величину биссектрисы B, получим СК. Точки А, М, С на местности закрепляются колышками.

Детальная разбивка кривой производится способом прямоугольных координат. Сущность способа заключается в нахождении точек $P_1, P_2, \dots$, лежащих на кривой радиуса R, через равные рас-

стояния К. Положение этих точек можно определить прямоугольными координатами. Угол φ , соответствующий заданной дуге К, равен

$$\varphi = (180^\circ / \pi R) \cdot K$$

Из рис.21б видно, что

$$x_1 = R \cdot \sin\varphi; \quad y_1 = R - R \cdot \cos\varphi = 2R \cdot \sin^2(\varphi / 2)$$

$$x_2 = R \cdot \sin 2\varphi; \quad y_2 = 2R \cdot \sin^2 2(\varphi / 2)$$

$$x_n = R \cdot \sin n\varphi; \quad y_n = 2R \cdot \sin^2 n(\varphi / 2)$$

Величины x_i и y_i могут быть также выбраны из специальных таблиц по аргументам R и K . Пример определения данных для разбивки приведен в табл.23.

Таблица 23

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

Точки кривой	Расстояние точек от НК	х, м.	у, м.
P_1	10	9.98	0.50
P_2	20	19.87	1.99
P_3	30	29.55	4.47

Затем эти элементы наносят на разбивочный чертеж (рис.22б).

Детальную разбивку кривой ведут от начала и конца кривой к середине. Абсциссы и ординаты откладывают по касательной к кривой и перпендикулярно к ней при помощи рулетки и ленты. Полученные точки закрепляют колышками.

Детальную разбивку кривой ведут от начала и конца кривой к середине. Абсциссы и ординаты откладывают по касательной к кривой и перпендикулярно к ней при помощи рулетки и ленты. Полученные точки закрепляют колышками.

Разбивочный чертеж

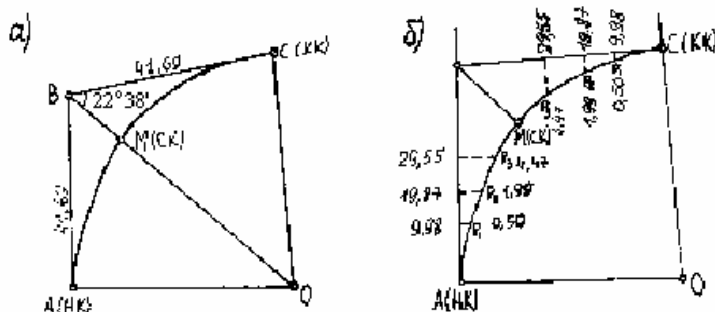


Рис.22.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНОГО РАССТОЯНИЯ

а) по теореме синусов

В практике геодезических измерений бывают случаи, когда измерить непосредственно линию на местности нельзя, например, через реку, овраг и т.д. (рис.23). В таком случае задачу можно решать по теореме синусов. Для определения расстояния $AB = d$ измеряют лентой расстояние $AC = b_1$, называемое базисом, и теодолитом горизонтальные углы β_1 и β_2 между базисом и направлением на точку В. Длину базиса выбирают так, чтобы угол при точке В был близок к 90° . Искомое расстояние найдется из треугольника ABC по формуле:

$$d = \frac{b_1 \cdot \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

Для контроля определения расстояния d произвольно смещают на небольшое расстояние точку С в положение C' и в полученном треугольнике ABC' производятся аналогичные измерения, т.е. измеряют базис b_2 и горизонтальные углы β_1' и β_2' . Расстояние d' будет равно:

$$d' = \frac{b_2 \cdot \sin \beta_2'}{\sin(\beta_1' + \beta_2')}$$

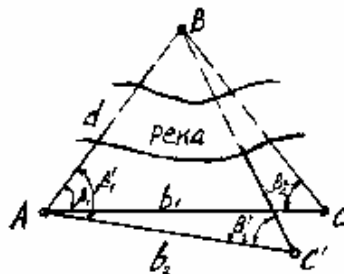


Рис.23.

Расхождение между расстояниями, полученными из двух треугольников, не должно превышать 1:1500 определяемого расстояния, т.е.

$$\frac{d - d'}{d} \leq \frac{1}{1500}$$

За окончательное принимается среднее из двух определений.

б) по теореме косинусов

Если между точками А и В нет взаимной видимости, то для определения расстояния АВ может быть использовано другое построение (рис.24). Разбивается два базиса с общей точкой С так, чтобы из этой точки была видимость на точки А и В. Оба базиса а и б измеряют стальной лентой и теодолитом измеряют горизонтальный угол β . Тогда искомое расстояние можно определить по теореме косинусов:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta}$$

Для контроля аналогичным образом выбирается точка C_1 и производятся вновь измерения базисов a_1 , b_1 и угла β_1 и вычисляется искомое расстояние

$$d' = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 - 2a_1b_1 \cdot \cos \beta_1}$$

При расхождении полученных значений d и d' не более 1:1500 находится средняя величина расстояния АВ.

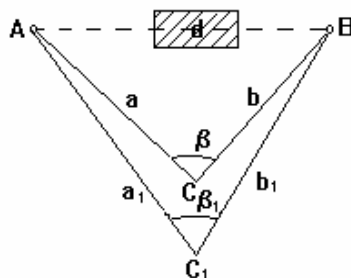


Рис.24.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СООРУЖЕНИЯ

Для определения высоты сооружения, например, здания (рис.25), в точке А, расположенной на расстоянии примерно 1.5 высоты сооружения, устанавливают теодолит и измеряют углы наклона v_1 и v_2 , визируя на верхнюю и нижнюю точки здания. Измеряют расстояние $AB = d$ и определяют высоту здания по формуле:

$$h = d \cdot (\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2).$$

При использовании формулы необходимо учитывать знак угла наклона.

Если линия местности АВ наклонна и равна D , то нужно измерить ее наклон v_D и вычислить горизонтальное проложение d .

За окончательное значение h берут среднее, если расхождение не более 1: 300 высоты измеряемого сооружения.

Пример определения высоты сооружения приведен в таблице 24. Углы наклона измерялись теодолитом 2Т30.

Относительная ошибка определения высоты сооружения получилась равной

$$\frac{h - h_1}{h_{cp}} = \frac{1}{460} < \frac{1}{300}.$$

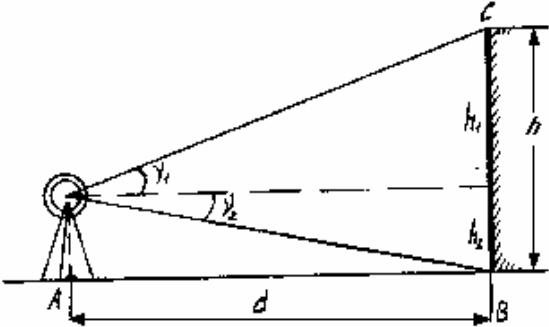


Рис.25.

Таблица 24

Определение высоты сооружения														
Точки стояния	Точки наблюдения	Отсчеты по микро-скопу				МО		v		tg v	d, м	h, м.	h _ф , м.	
		КП		КЛ										
		о	и	о	и	о	и	о	и					
А	С	-21	17	+21	10	-0	03.5	+21	13.5	+0.38838				
	В	+4	11	- 4	19	-0	04.0	- 4	15.0	- 0.07431				
А ₁										046269	20.00	9.25	9.24	
	С	-26	54	+26	46	-0	04.0	+26	50.0	+0.44837				
	В	+5	21	- 5	28	-0	03.5	- 5	24.5	- 0.09467	17.00	9.23		
										0.54304				

9. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТНОЙ ОТМЕТКИ

Перенесение на местность проектной отметки производится при выносе в натуру проектов вертикальной планировки, при установке на заданную отметку отдельных деталей конструкций зданий и сооружений.

Пусть требуется перенести на местность проектную отметку Н_в, т.е. забить в точке В кол, верхний срез которого будет иметь отметку Н_в (рис.26).

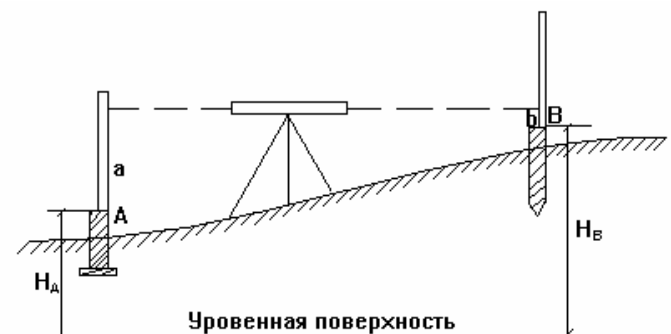


Рис. 26.

Для этого между репером А с известной отметкой H_A и точкой В устанавливают нивелир. По рейке, стоящей на репере, производят отсчет а и вычисляют отсчет $b = H_A + a - H_B$. После этого в точке В забивают кол так, чтобы отсчет по рейке, установленной на нем, был равен вычисленному b, при котором высота пятки рейки и будет равна проектной отметке.

Пример:

Таблица 25

№ п/п	Фамилия студента	H_A , м.	a, мм.	$H_A + a$, м.	H_B , м.	b, мм.	$h = H_B - H_A$, мм.	контр. h' , мм.
1	Иванов В.Н.	159.200	1925	161.125	160.50 0	0625	+1300	+1302

Контролем выноса отметки является сравнение превышения между точками А и В, которое получается теоретически, как $h = H_B - H_A$, и практически, как разность отсчетов по рейкам, установленным на точках А и В, т.е. $h = a' - b'$. В примере (табл. 25 и 26) $h = +1300$, $h' = +1302$.

Таблица 26

Фамилия	a'	b'	контр. h'
Иванов В.Н.	1525	0223	+1302

10. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ЛИНИИ ЗАДАННОГО УКЛОНА

Задача перенесения на местность линии заданного уклона возникает при строительстве линейных сооружений (дорог, трубопроводов и т.п.), при вертикальной планировке площадок и т.п.

Допустим, требуется от точки А на местности с отметкой H_A разбить линию АВ с уклоном i (рис.27). Проектная отметка H_B конца линии найдется по формуле:

$$H_B = H_A + i \cdot d.$$

В точке В забивают кол с отметкой H_B , используя способ вынесения на местность проектной отметки. Промежуточные точки разбивают при помощи наклонного луча нивелира, теодолита или визирок. Если превышение одной точки над другой невелико, то применяется нивелир, в противном случае - теодолит. Нивелир устанавливают в точке А так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии АВ, а линия, соединяющая два других винта, была перпендикулярна к линии АВ (рис.27), и измеряют высоту прибора i .



Рис.27.

При помощи подъемного винта, расположенного по направлению линии АВ, устанавливают трубу на отсчет по рейке в точке В, равный высоте прибора i . После этого в промежуточных точках С, D и т.д. забивают колья, такой высоты, чтобы отсчет по рейке, поставленной на эти колья равнялся высоте прибора.

При производстве работы заполняется табл. 27.

Таблица 27

№№ п/п	Ф.И.О. студента	H_A , м.	i	d , м.	$i \cdot d$, м.	H_B , м.
1	Иванов В.Н.	150.000	- 0.006	40.00	- 0.240	149.760

11. ПЕРЕДАЧА ОТМЕТКИ НА ДНО ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА

В практике строительства приходится передавать отметки вниз на дно глубокого котлована и вверх на высокие части сооружения. Для передачи отметки, кроме реек и нивелиров, применяют стальную рулетку. Наблюдение ведут одновременно двумя нивелирами, один из которых установлен на поверхности, другой на дне котлована или соответствующем монтажном горизонте. На рисунке 28 изображена передача отметки на дно глубокого котлована.

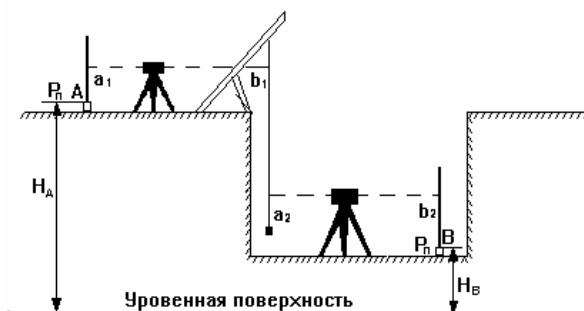


Рис.28.

Над котлованом устанавливают кронштейн, к которому подвешивают рулетку с нулем вверх. Взяв отсчет a_1 по рейке, установленной на репере А, поворачивают трубу по направлению к подвешенной рулетке и одновременно по обоим нивелирам делают отсчеты b_1 и a_2 . После этого наблюдатель, стоящий в котловане, делает отсчет b_2 по рейке, установленной на кол в точке В. Зная отметку H_A репера А, вычисляют отметку верхнего среза кола В по формуле:

$$H_B = H_A + a_1 - (a_2 - b_1) - b_2.$$

Передачу отметки выполняют для контроля дважды с изменением высоты прибора, заполняя соответствующую таблицу:

№№ п/п	Ф.И.О. студентов	H_A , м.	a_1 , мм.	b_1 , мм.	a_2 , мм.	b_2 , мм.	H_B , м.
1	Иванов В.Н.	123.016	1301	0116	4200	0820	119.413
		123.016	1332	0086	41172	0852	119.410

$$H_{\text{Вср}} = 119.412$$

Расхождение отметки H_B из двух измерений не должно превышать 10 мм.

12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗБИВКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Проектирование горизонтальной площадки проводится по результатам нивелирования участка поверхности (рис.29) при условии нулевого баланса земляных работ, т.е. при условии равенства объемов выемок и насыпей.

Проектная отметка площадки вычисляется по формуле:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n}$$

где n - число квадратов;

$\sum H_1$ - сумма отметок вершин, входящих в один квадрат;

$\sum H_2$ - сумма отметок вершин, общих для двух квадратов;

$\sum H_4$ - сумма отметок вершин, общих для четырех квадратов.

Пример вычисления проектной отметки приведен в таблице 28.

Графическим документом по вертикальной планировке является картограмма земляных работ (рис.30). На картограмме указываются фактические, проектные и рабочие отметки, положение линии нулевых работ.

Таблица 28

Вычисление проектной отметки

$\sum H_1$	$2\sum H_2$	$4\sum H_4$	$\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4$	$4n$	H_0
522.6	2097.52	2110.48	4730.66	36	131.41
6					

H_1	H_2	H_2	H_1
H_2	H_4	H_4	H_2
H_2	H_4	H_4	H_2
H_1	H_2	H_2	H_1

Рис.29.

Точки нулевых работ соединяют между собой.

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

$$V_4 = \frac{\sum \Delta h}{4} \cdot S; \quad V_3 = \frac{\sum \Delta h}{3} \cdot S$$

где $\frac{\sum \Delta h}{4}$ и $\frac{\sum \Delta h}{3}$ - высоты призм;
 S - площадь основания призмы.

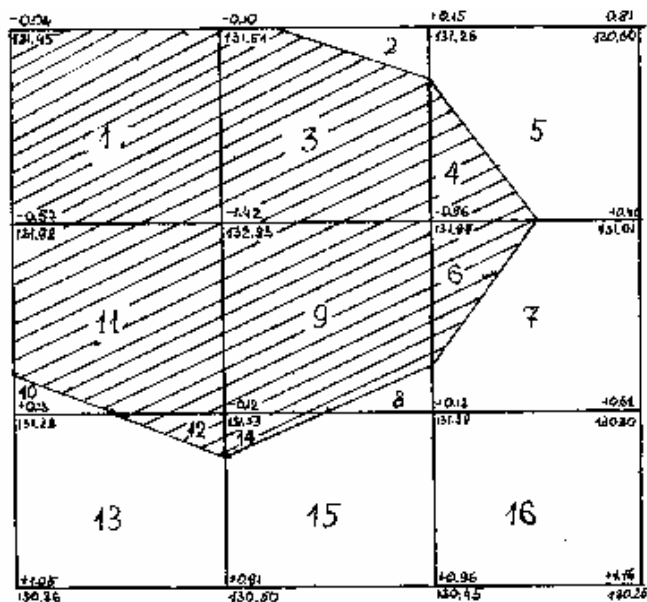


Рис.30.

Объем пятигранных призм в смешанных квадратах целесообразно вычислять как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм

$$V_5 = V_4 - V_3.$$

Проектная отметка любой точки, расположенной на расстоянии d_x и d_y от начальной точки А с отметкой H_A , соответственно в направлении осей абсцисс и ординат, вычисляется по формуле:

$$H_{пр} = H_A + d_x \cdot u_x + d_y \cdot u_y.$$

Пример вычисления объема земляных работ по данным рис.30 приведен в таблице 29.

Таблица 29

Ведомость вычисления объема земляных работ

№ фигур	$\Sigma \Delta h$, м.	$\Sigma \Delta h \cdot k$, м.	S , м ² .	$V_{пр}$, м ³ .	V , м ³	
					насыпь	выемка
1	-2.13		400			213.0
2+3	-1.93		400	-193.0		
2	+0.15	+0.05	25.32		+1.3	
3						194.3
4+5	+0.80		400	+80.0		
4	-0.56	-0.19	92.31			17.5
5					97.5	
6+7	+0.57		400	+57.0		
6	-0.56	-0.19	96.52			17.5
7					74.5	
8+9	-1.98		400	-198.0		
8	+0.12	+0.04	17.50		0.7	
9						198.7
10+11	-1.98		400	-198.0		
10	+0.13	+0.04	19.29		0.8	
11						198.8
12+13	+1.97		400	+197.0		
12	-0.12	-0.04	10.13			0.4
13					197.4	
14+15	+1.87		400	187.0		
14	-0.12	-0.04	10.56			0.4
15					187.4	
16	+2.85		400		285.0	
				Σ	844.6	840.6

Величина расхождения насыпи и выемки в процентах подсчитывается по формуле:

$$\frac{|\Delta V|}{|\Delta V_H| + |V_B|} = \frac{4 \cdot 100}{844.6 + 840.6} = 0.23\%$$

Разница в объемах насыпи и выемки допустима до 3 %.

Для проведения земляных работ по вертикальной планировке площадки рабочие отметки выписывают со знаком плюс или минус на сторожках, забитых в землю в каждой вершине квадрата. Положительная рабочая отметка выражает высоту насыпи, а отрицательная - глубину выемки.

13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАКЛОННОЙ ПЛОЩАДКИ

Проектирование наклонной площадки проводится для обеспечения стока воды с заданным продольным уклоном u_x , поперечным u_y и отметкой исходной точки H_A (рис.31).

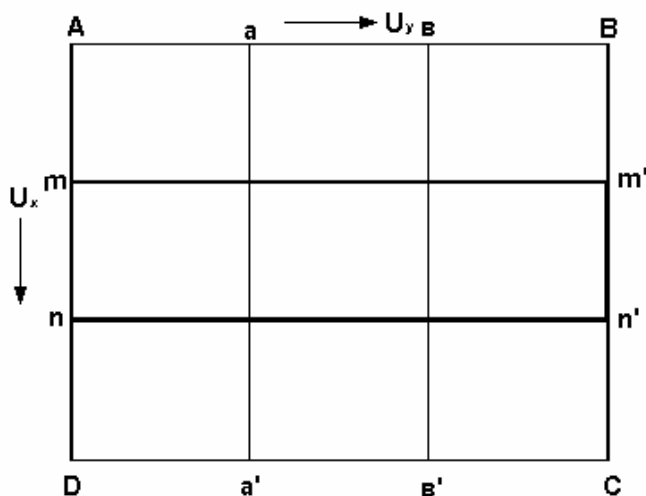
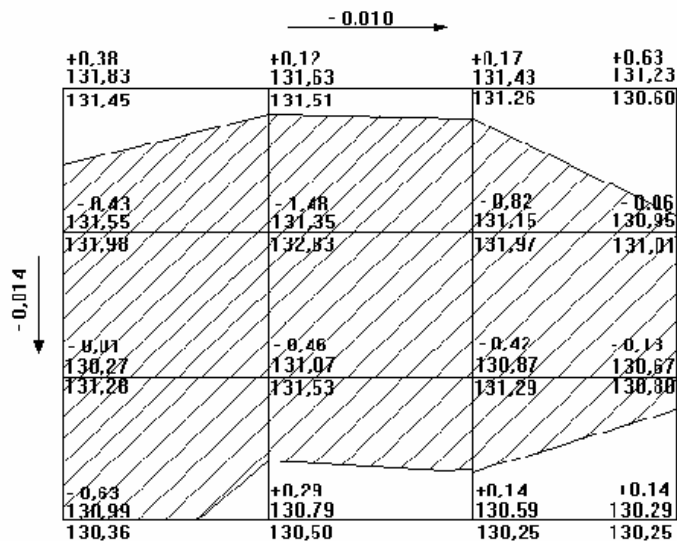


Рис.31.

Рабочие отметки всех вершин квадратов вычисляются как разность проектных и фактических отметок. Вычисленные проектные и рабочие отметки при проектировании наклонной площадки выписывают на план над соответствующими фактическими отметками. Для проведения земляных работ по вертикальной планировке площадки рабочие отметки выписывают со знаком плюс или минус на сторожках, забитых в землю в каждой вершине квадрата. Положительная рабочая отметка выражает высоту насыпи, а отрицательная - глубину выемки.

Пример картограммы земляных работ для наклонной площадки показан на рисунке 32.

Картограмма
земляных работ при проектировании наклонной площадки



$H_A = 131.83$ м., сторона квадрата 20 м

Рис.32.

14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОСТИ КОЛОННЫ МЕТОДОМ НАКЛОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проверка вертикальности колонн, высотой более 5 м проводится способом наклонного проектирования с использованием теодолита. В этом случае строго в створе разбивочной оси на расстоянии от колонны немногим более ее высоты устанавливают теодолит в точке 1 (рис. 33).

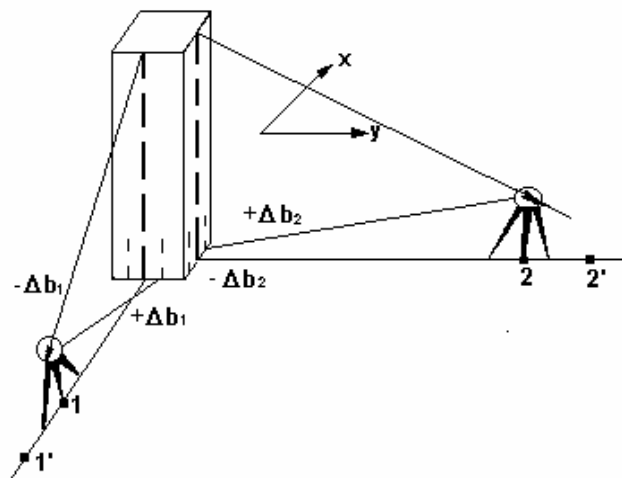


Рис.33.

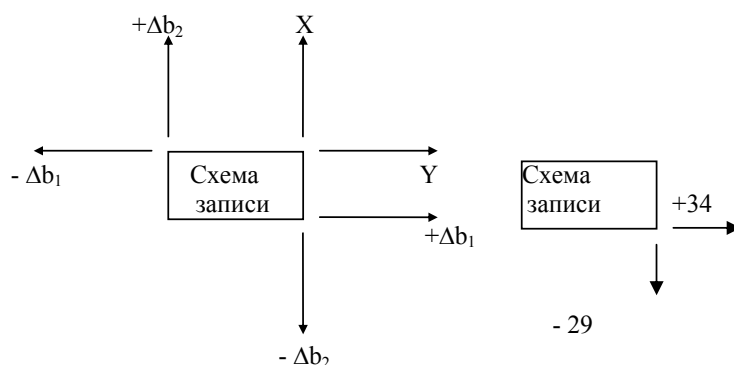
С помощью цилиндрического уровня вертикальная ось вращения теодолита с особой тщательностью приводится в вертикальное положение. Контроль вертикальности проводится путем проектирования верхней осевой риски на нижнюю часть колонны. Проектирование проводится при двух положениях вертикального круга. Для этого к нижней осевой риске прикладывают горизонтально линейку и берут отсчеты, которые записывают в таблицу 30.

После наблюдения составляется исполнительная схема (рис.34)

Таблица 30

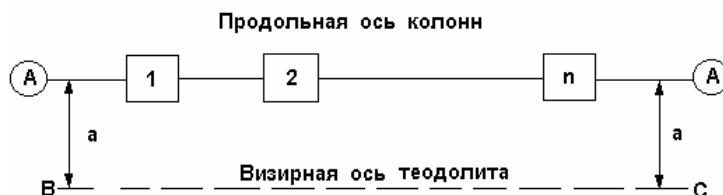
Точка стояния	Δb , мм.			$\Delta b_{\text{ср.}}$
	КЛ	КП	(КЛ+КП)/2	
1	+32	+35	+34	+34
1'	+34	+36	+35	
2	- 28	- 30	- 29	- 29
2'	- 27	- 31	- 29	

Исполнительная схема

Рис.34.

15. КОНТРОЛЬ УСТАНОВКИ РЯДА КОЛОНН МЕТОДОМ БОКОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Выверку вертикальности ряда колонн можно выполнять способом бокового нивелирования. В этом случае параллельно оси колонн разбивают линию ВС на расстояния "а" от оси (рис.35) и закрепляют ее колышками. На одной из точек линии (т.В) тщательно центрируют теодолит, а на второй точке (т. С) устанавливают визирную марку. Визирную ось теодолита ориентируют по направлению ВС наведением зрительной трубы на марку. Перемещая трубу в вертикальной плоскости, берут отсчеты по рейке, пятка которой последовательно прикладывается к осевой риске вверху и внизу каждой колонны (в верх, в низ). Отсчеты берут при двух положениях вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов. При выполнении этой работы осуществляется двойной контроль установки колонн: проверка правильности установки колонн в плановое положение и контроль вертикальности колонн.

Рис.35.

О точности установки колонн в плановое положение судят по отклонениям отсчетов $b_{\text{низ}}$, сделанных по рейке, прикладываемой к осевой риске в нижней части колонны, от расстояния a визирной плоскости теодолита до оси колонн, т.е.

$$\Delta a = a - b_{\text{низ}}.$$

Точность установки колонн в вертикальное положение в направлении, перпендикулярном вертикальной плоскости данного ряда, определяют по разностям отсчетов по рейке, сделанным в верхней и нижней части каждой колонны, т.е.

$$\Delta b = b_{\text{верх}} - b_{\text{низ}}.$$

Результаты наблюдений записывают в таблицу 31 и составляют исполнительную схему (рис.36).

Таблица 31

№№ колонн	Отсчеты по рейке						Δа, мм.	Δb, мм.
	b _{низ}			b _{верх}				
	КЛ	КП	Среднее	КЛ	КП	Среднее		
1	102	104	103	106	104	105	+3	+2
2	98	100	99	96	94	95	- 1	- 4

$a = 100$ мм.

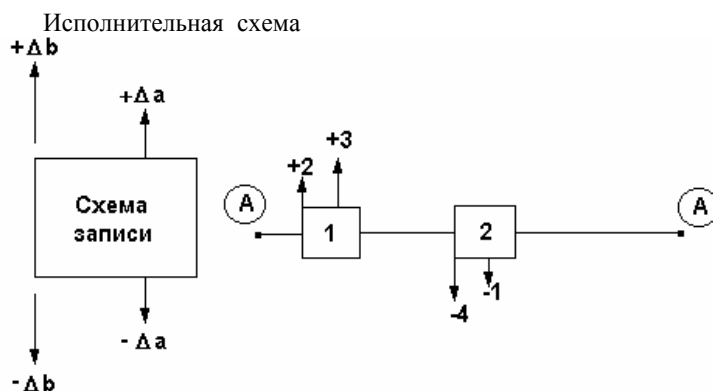


Рис.36.

Инструкция

по технике безопасности для студентов, проходящих учебную практику на геодезическом полигоне.

Студенты обязаны выполнять следующие правила по технике безопасности:

1. Не ходить по территории лагеря и в поле без обуви. Во избежание солнечных ожогов и ударов необходимо проявлять осторожность при загорании и не ходить без головных уборов.
2. Работая топором, нужно быть внимательным, чтобы не нанести травму себе или кому-либо из товарищей.
3. При измерении линий осторожно носить и пользоваться шпильками. Не оставлять шпильки и вешки лежащими в траве во избежание травм ног.
4. Колышки, обозначающие точки, следует забивать ниже поверхности земли на 2-3 см.
5. При переходах с точки на точку штатив должен переноситься, со сложенными ножками и в вертикальном положении.
6. Купание в реке во время работы на геодезическом полигоне строго запрещено.
7. Во время работы и отдыха не рекомендуется заходить в места, заросшие лесом или кустарником во избежание укуса клещом. В течение рабочего дня желательно через 1,5 - 2 часа осматривать друг друга.
8. Желательно добираться до места работы и обратно группами в несколько человек. Не рекомендуется задерживаться на полигоне до позднего времени.
9. Проживание студентов в палатках на территории геодезического полигона не разрешается.
10. Категорически запрещается распивать спиртные напитки и находиться в нетрезвом состоянии на полигоне.
11. Бережно относиться к зеленым насаждениям на территории полигона.
12. На территории полигона соблюдать чистоту. После принятия пищи отходы и мусор складывать в отведенное место.
13. Проникновения на чужие огороды будут строго наказываться в плоть до исключения из университета.
14. Категорически запрещается разведение костров на всей территории полигона.
15. Запрещается самовольно подключать электроприборы к электросети.
16. Запрещается курение в чертежной и других помещениях. Курить можно только в специально отведенных для этого местах.