

Министерство образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

С. И. Акиншин

ГЕОДЕЗИЯ

Лабораторный практикум

*Рекомендовано редакционно-издательским советом Воронежского ГАСУ
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению 270800.62 «Строительство»*

Воронеж 2012

УДК 528.48 (075.8)
ББК 26.1я73
А39

Рецензенты:

*кафедра «Автоматизированное проектирование машиностроительного
производства» ВГТУ;
Д.Е. Барабаш, д.т.н. проф., кафедры изысканий
и проектирования аэродромов*

Акиньшин, С.И.

А39 Геодезия : лабораторный практикум / С.И. Акиньшин; Воронежский ГАСУ.
– Воронеж, 2012. – 144 с.

ISBN 978-5-89040-421-3

Практикум составлен с целью облегчения самостоятельной работы студентов при подготовке и проведении лабораторных работ.

Изложены полевые поверки и юстировки теодолитов и нивелиров на примере приборов 2Т-30, Н-3, Н-3К. Рассмотрены угловые, линейные и высотные измерения, основные способы плановой и высотной разбивки. Даны примеры решения задач по оценке точности результатов геодезических измерений, подготовке разбивочных данных для выноса проекта в натуру (на примере красной линии застройки) и уравниванию нивелирной сети из трех полигонов.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 270800.62 «Строительство».

Ил. 44. Табл. 9. Библиогр.: 16 назв.

УДК 528.48 (075.8)
ББК 26.1я73

ISBN 978-5-89040-421-3

© Акиньшин С.И., 2012
© Воронежский ГАСУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геодезические работы являются чрезвычайно важной и неотъемлемой частью всего комплекса работ по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации инженерных сооружений. Инженер-строитель должен в совершенстве знать методы теодолитной, тахеометрической и нивелирной съемок, приемы и способы производства разбивочных работ, обязан уметь организовать и выполнять работы по выносу проекта в натуру и геодезическому обеспечению строительного-монтажных работ.

Практикум содержит девять лабораторных работ, имеющих целью закрепить теоретические знания по дисциплине, изучить конструкции основных геодезических приборов и приемов работы на них, получить навыки в решении задач по вычислительной обработке результатов полевых измерений основных видов топографических съемок и подготовке разбивочных данных для выноса проекта в натуру. Изложение учебного материала построено таким образом, чтобы максимально облегчить самостоятельную работу студентов при изучении практических основ геодезии.

Автор надеется, что данный практикум поможет студентам в освоении курса геодезии.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЯМИ

Геодезические приборы требуют осторожного обращения, поэтому при работе с ними допускаются лица, знающие их общее устройство и изучившие правила обращения с ними.

Осмотр приборов при получении

При получении приборов необходимо убедиться в исправности футляров. Не следует извлекать прибор из футляра пока не установлено его положение в нём. Извлечение и обратная укладка прибора в футляр должна производиться без усилий. При получении прибора следует убедиться в наличии принадлежностей приборов их описи, а также в исправности подъемных, наводящих и закрепительных винтов. Осматривая штатив особое внимание уделить целостности деревянных частей, исправности затяжных винтов, а также металлических наконечников ног штатива. Перед укладкой приборов в футляр следует изучить порядок укладки по паспорту.

Приведение приборов в рабочее положение

Перед началом работы с геодезическими приборами необходимо внимательно изучить техническое описание конструкции, особенности эксплуатации, а также основные правила ухода и хранения.

Геодезические приборы устанавливаются на штатив. Осаживают ножки штатива нужно плавным нажатием на башмак. При работе с теодолитом высоту штатива подбирают по росту наблюдателя таким образом, чтобы можно было производить центрирование прибора над точкой при помощи зрительной трубы.

Прежде чем извлечь прибор из футляра необходимо еще раз ознакомиться с тем, как он уложен, в каком положении находится зрительная труба, где располагаются головки закрепительных и микрометрических винтов, куда укладываются отдельные принадлежности: отвертка, шпильки, ключ, бленда.

Для того, чтобы достать теодолит Т-30, 2Т-30 из футляра нужно открыть замки крышки футляра по стрелке и осторожно отделить её от основания. Затем отвинчивается колпачок основания и закрепляется на специальном месте на

крышке. После этого теодолит устанавливают на головку штатива и, придерживая его рукой, закрепляют станковым винтом.

Приведение в рабочее положение других приборов такое же, как и для теодолита Т-30. При извлечении из футляра нивелира, его следует брать за подставку и придерживать зрительную трубу, чтобы исключить возможность удара объектива о футляр.

После установки прибора в рабочее положение проводят внешний осмотр. При этом обращают внимание на следующее:

- плавно ли работают подъемные винты подставки, нет ли срыва резьбы закрепительных и микрометрических винтов прибора;
- плавно ли вращается прибор вокруг зрительной оси и зрительная труба теодолита вокруг горизонтальной оси, при отпущенных зажимных винтах;
- исправны ли юстировочные винты сетки нитей и уровней.

Переноска приборов

Переноска приборов от мест их хранения к учебным полям производится в футлярах. Во время выполнения практических работ при переходах между станциями разрешается теодолиты и нивелиры переносить на штативах, держа в положении, близком к вертикальному. На объектив при этом должна быть надета крышка, зажимные винты завернуты. У теодолита труба фиксируется при положении объектива вниз.

Упаковка приборов

Перед укладкой прибора в футляр совмещают метку (красные точки) на колонне теодолита и основании, закрепляют все зажимные винты, завинчивают до ограничения подъемные винты, окуляра зрительной трубы и отсчетного микроскопа. Принадлежности и инструменты для юстировки укладываются в соответствующие гнезда.

Обращение с геодезическими приборами в процессе работы

В процессе работы геодезические приборы необходимо предохранять от дождя, грязи, пыли и нагревания солнцем. При геодезических измерениях при-

боры защищают от солнца и дождя при помощи топографического зонта. Во время наблюдения против солнца надевают на объективную часть зрительной трубы бленду. Во время работы с геодезическими приборами нельзя прикладывать больших усилий или делать резких движений для поворота отдельных его частей, а также для вращения подъемных, закрепительных и микрометрических винтов. Обычно забывают ослабить закрепительные винты перед вращением алидады (лимба) теодолита или зрительной трубы, а подъемные винты слишком много закручивают. В исправном приборе вращение соответствующих частей осуществляется плавно, без рывков и заеданий.

Все недостатки, требующие исправления в мастерской, замеченные во время поверок или работы, записываются в журнал учета технического состояния и эксплуатации прибора

Уход за геодезическими приборами и инструментами

Теодолиты и нивелиры являются сложными и точными измерительными приборами и требуют бережного обращения и тщательного ухода. Геодезические приборы хранятся на стеллажах (или специальных подкладках) в футлярах. Хранение приборов на штативах не допускается. Штативы обычно хранят в вертикальном положении, а рейки - либо в вертикальном, либо укладывают их горизонтально на ребро, чтобы избежать прогибов их полотна. Винты на рейках и штативах ослабляются, чтобы при расширении дерева не появились трещины.

По окончании работы в поле геодезические приборы и инструменты обязательно очищают от пыли и грунта. Удаляют пыль с наружных поверхностей оптических деталей воздушной струей (резиновой грушей) или мягкой кисточкой. После удаления песчинок оптику протирают салфеткой, так как в геодезических приборах применяется просветленная оптика, которая требует особо осторожного обращения. Стальные ленты и рулетки, металлические наконечники штативов и вешек, ежедневно по окончании работ протирают ветошью, а на время хранения очищают от грязи и смазывают машинным маслом.

Если теодолит или нивелир попал под дождь, то прибор протирают салфетками и просушивают в помещении при открытом футляре. После просушки приборы осматривают, протирают, а некрашенные металлические поверхности смазывают.

Запрещается сушить геодезические приборы у источников тепла, так как в результате одностороннего нагрева могут быть значительные деформации деталей, расклейка оптических узлов, повреждение отделки и т.д.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ПОЛЕВЫЕ ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТОВ

Учебные цели:

1. Изучить устройство и порядок установки теодолита на станции.
2. Освоить технику производства отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам.
3. Приобрести навыки выполнения полевых поверок теодолита.

Отрабатываемые вопросы:

1. Устройство и установка теодолита 2Т-30 на станции.
2. Производство отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам.
3. Полевые поверки и юстировки теодолита 2Т-30.

Приборы и принадлежности:

- теодолит 2Т-30 в комплекте со штативом;
- веха геодезическая - 2 шт.;
- колышки - 1 шт.;
- топор - 1 шт.;
- чертежные принадлежности.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Устройство теодолита 2Т-30.
2. Порядок установки теодолита на станции.
3. Главное геометрическое условие теодолита.
4. Условия основных поверок теодолита 2Т-30.

1. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов применяются современные геодезические приборы - оптические теодолиты. В зависимости от точности они подразделяются на три категории: высокоточные, точные и технические. Основные характеристики перечисленных теодолитов приведены в табл. 1.1.

Все типы теодолитов могут также применяться для измерения расстояний по нитяному дальномеру или с помощью укрепленных на корпусе трубы дальномерных насадок.

Технические характеристики теодолитов

Наименование основных характеристик	Типы теодолитов					
	T05	T1	T2	T5	T15	T30
Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом, сек.						
- горизонтального круга	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	$\pm 5,0$	$\pm 15,0$	$\pm 30,0$
- вертикального круга	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	$\pm 12,0$	$\pm 25,0$	$\pm 45,0$
Длина зрительной трубы, мм	390	300	185	185	150	140
Угол поля зрения объектива зрительной трубы, градус	0,7	1	1,5	1,5	1,5	2
Увеличение зрительной трубы, крат	35	30...40	25	25	25	18
Коэффициент нитяного дальномера	--	--	100	100	100	100
Наименьшее расстояние визирования, м	5	5	2	2	1,5	1,2
Диаметр кругов, мм						
- горизонтального круга	200	140	100	100	80	72
- вертикального круга	130	90	72	72	72	72
Цена деления ампулы уровня на 2 мм, сек. при алидаде:						
- горизонтального круга	10	10	10	30	45	45
- вертикального круга	--	10	15	15	--	--
Масса теодолита, кг	22,0	11,0	5	4,5	3,5	2,5

Теодолит 2Т-30 (рис. 1.1, а, б) является модификацией теодолита Т-30 и имеет улучшенные характеристики: увеличение зрительной трубы 20 крат,

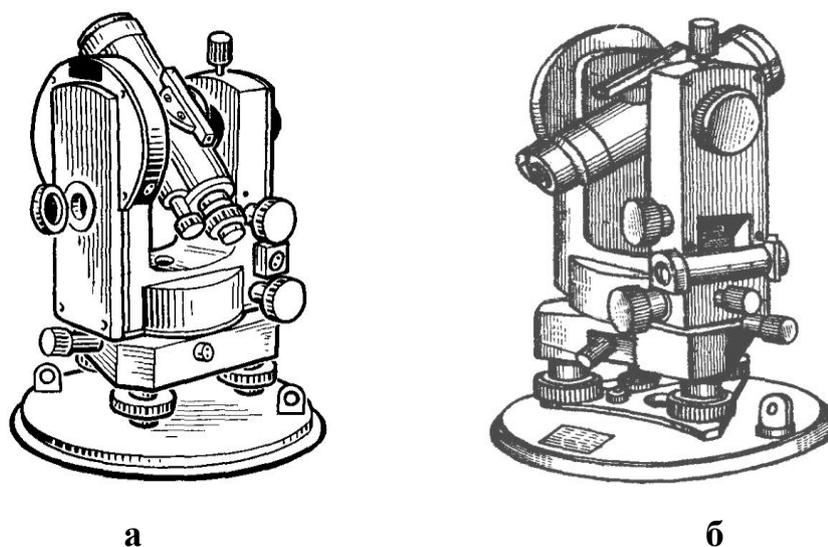


Рис. 1.1. Общий вид теодолита 2Т-30

цена деления уровня при алидаде горизонтального круга $45''$, вес прибора уменьшен на $0,2$ кг. В отсчетном устройстве вместо штрихового использован шкаловой микроскоп с ценой деления $5'$, что позволяет брать отсчеты с округлением до $0,5'$. Эти изменения позволили снизить средние квадратические погрешности измерений одним приемом горизонтального угла до $20''$, вертикального – до $30''$.

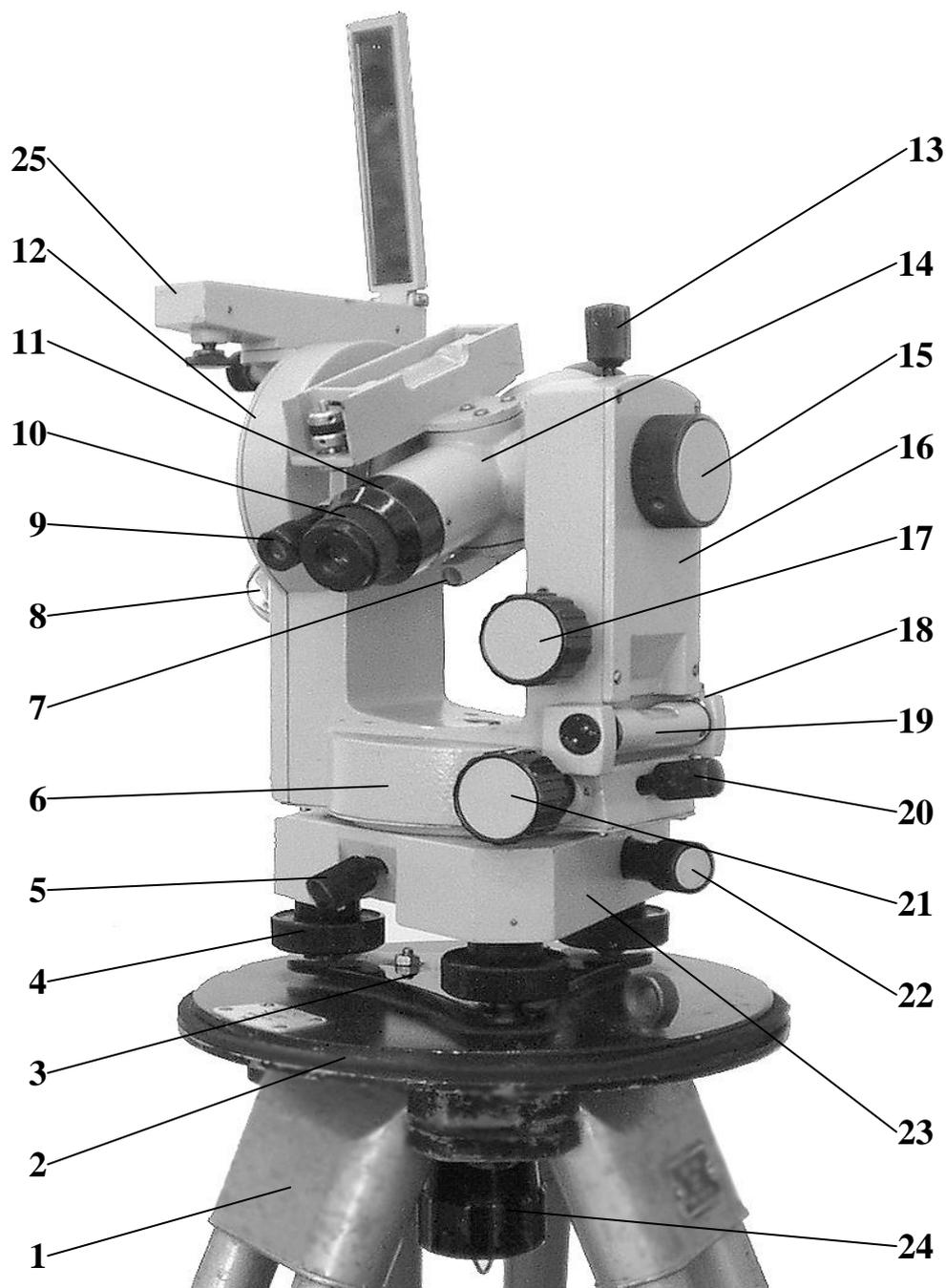
Устройство теодолита 2Т-30

Трегерная пластина 3 (рис. 1.2) с тремя подъемными винтами 4 скреплена с круглым металлическим основанием 2 (дном футляра) и вместе с ним крепится при помощи станового винта 24 к головке штатива 1. Это позволяет закрывать теодолит футляром, не снимая его со штатива, и тем самым предохранять прибор от механических повреждений при переносе со станции на станцию.

Ось вращения теодолита приводится в отвесное положение подъемными винтами 4 с помощью цилиндрического уровня 19 при горизонтальном круге. Уровень расположен параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы. Юстировочными винтами 18 ось уровня устанавливается (если это необходимо) перпендикулярно к оси вращения теодолита. Горизонтальный круг (лимб) и алидада могут вращаться совместно и отдельно, что обеспечивается закрепительными и наводящими винтами 5, 22 лимба и 20, 21 алидады. Горизонтальный и вертикальный круги стеклянные, оцифрованы через каждый градус и находятся внутри кожухов соответственно 6 и 12.

В латерах колонки алидадной части 16 теодолита установлена зрительная труба 14, которая имеет оптический визир 7 для ее предварительного наведения на предмет. Фокусировка трубы осуществляется вращением винта кремальеры 15, а четкое изображение сетки нитей достигается вращением диоптрийного кольца 10. Вместе с трубой жестко скреплены вертикальный круг и отсчетный микроскоп 9. Закрепительным винтом 13 трубу фиксируют в заданном положении, а наводящим винтом 17 медленно вращают ее в вертикальной плоскости для точного наведения на точку. Зрительная труба теодолита 2Т-30 может быть использована как оптический центрир. Для этого ее устанавливают вертикально объективом вниз и визируют на точку стояния через отверстие в круглом основании прибора. Положение сетки нитей исправляется винтами, находящимися под предохранительным кольцом 11.

Для освещения горизонтального и вертикального кругов, а также обеих шкал отсчетного микроскопа сбоку алидадной части на одной из ее колонок имеется зеркальце 8. В верхней части кожуха вертикального круга предусмотрено резьбовое отверстие для крепления съемной ориентир-буссоли 25. Дополнительно теодолит имеет уровень на трубу.



1 - штатив; 2 – основание теодолита; 3 – трегерная пластина; 4 – подъемные винты; 5 – закрепительный винт лимба; 6 - кожух горизонтального круга; 7 - оптический визир; 8 - зеркальце; 9 - отсчетный микроскоп; 10 - диоптрийное кольцо; 11 – предохранительное кольцо; 12 – кожух вертикального круга; 13 - закрепительный винт трубы; 14 – зрительная труба; 15 – кремальера; 16 - алидадная часть; 17 - наводящий (микрометренный) винт трубы; 18 - юстировочные винты уровня; 19 - цилиндрический уровень; 20 - закрепительный винт алидады; 21 – наводящий (микрометренный) винт алидады; 22 - наводящий (микрометренный) винт лимба; 23 – подставка; 24 – становой винт; 25 – буссоль

Рис. 1.2. Устройство теодолита 2Т-30

Для удобства наблюдения предметов под углом более 45° к горизонту и для центрирования теодолита над точкой применяются окулярные насадки на зрительную трубу и на отсчетный микроскоп.

Установка теодолита 2Т-30 на станции

Установка теодолита на станции включает последовательное выполнение 4-х операций – грубую установку, горизонтирование, оптическое центрирование и фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Грубая установка теодолита включает установку раздвижного штатива над вершиной измеряемого угла (колышком-точкой) и теодолита на головку штатива. Для этого нужно раскрыть штатив, раздвинуть его ножки на 80-100 см и закрепить барашки. Далее установить штатив над колышком-точкой с помощью отвеса, при этом становой винт должен быть в центре головки штатива. Плавно нажимая на башмаки, заглубить ножки штатива в землю, следя одновременно за тем, чтобы головка штатива была на глаз горизонтальна, а грузик отвеса находился над центром колышка, но не далее 5-10 мм от него. Теодолит в футляре установить на штатив, закрепить становой винтом и снять футляр. Вывести подъемные винты в среднее положение, ослабить становой винт и, двигая теодолит по головке штатива, отцентрировать его над точкой по отвесу.

Горизонтирование теодолита производится с помощью трех подъемных винтов и цилиндрического уровня. Для этого нужно установить цилиндрический уровень горизонтального круга по направлению двух подъемных винтов. Одновременно вращая эти винты в разные стороны, привести пузырек уровня в нуль-пункт. Повернуть колонку на 90° и вращением третьего подъемного винта привести пузырек уровня на середину. Вернуть колонку в первоначальное положение и, при необходимости, устранить отклонение пузырька повторным воздействием на подъемные винты.

Оптическое центрирование теодолита осуществляют с помощью зрительной трубы. Для этого нужно снять отвес и на вертикальном круге установить отсчет, равный -90° . Надеть на окуляры зрительной трубы и микроскопа окулярные насадки и, ослабив становой винт, совместить перекрестие сетки нитей зрительной трубы с центром колышка-точки путем легкого перемещения теодолита по головке штатива. Пузырек цилиндрического уровня при этом должен быть на середине. Правильность центрирования проверяют вращением теодолита вокруг вертикальной оси, перекрестие сетки нитей не должно отклоняться от центра колышка-точки.

Фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа выполняется следующим образом. Сначала вращением диоптрийного кольца зрительной трубы нужно добиться резкого изображения сетки нитей, а затем кремальерой – четкого изображения визирной цели. Четкое изображение шкалы отсчетного микроскопа устанавливают вращением его диоптрийного кольца.

Снятие отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита 2Т-30

Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита 2Т-30 снимают с помощью отсчетного шкалового микроскопа. Оба круга градуированы штрихами с оцифровкой каждого градуса. Изображение отсчетного индекса градуса и соответствующего ему штриха передается в поле зрения микроскопа (рис. 1.3, а, б) на шкалы вертикального и горизонтального кругов, которые обозначены соответственно буквами В и Г и представляют собой отрезки равные одному градусу с ценой деления 5'. Отсчеты по обоим кругам производят по отсчетному штриху с округлением до 0,5 долей делений шкалы. Сначала считываются градусы поверх отсчетного штриха, а затем минуты путем подсчета целых делений шкалы и на глаз - десятых долей.

Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр: верхний со знаком плюс, нижний – со знаком минус. Оцифровку подписей по верхнему ряду берут тогда, когда в пределах шкалы находится штрих лимба со знаком плюс, а по нижнему ряду, - когда штрих лимба имеет знак минус. Следует учесть, что подписи верхней шкалы возрастают слева направо, нижней – справа налево. Например, отсчеты по горизонтальному кругу: $95^{\circ}46',5$ (рис. 1.3), отсчеты по вертикальному кругу: $+1^{\circ}17'$ (рис. 1.3, а), $-0^{\circ}43'$ (рис. 1.3, б).

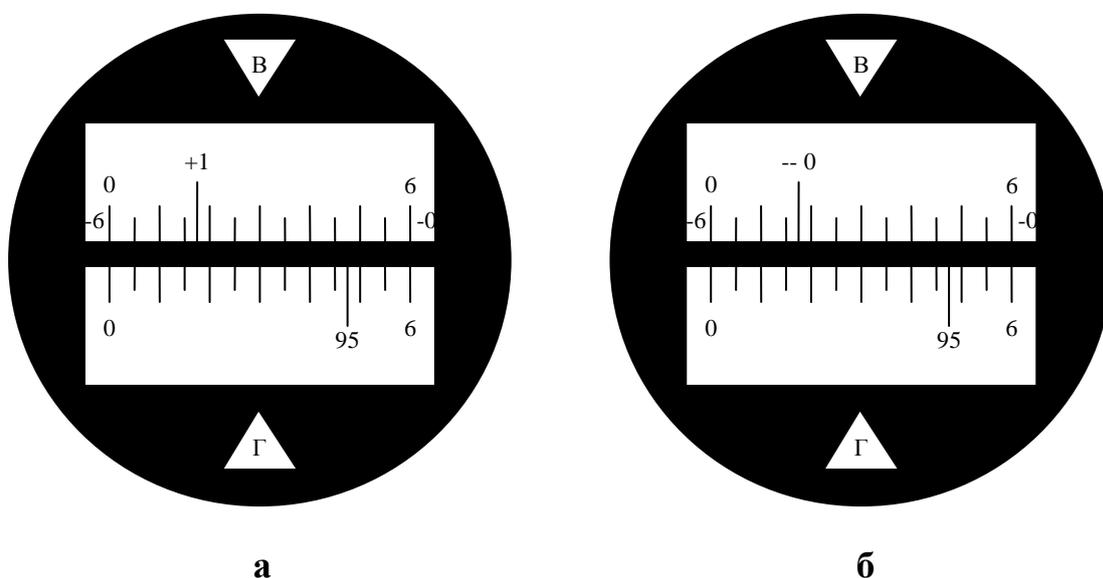


Рис. 1.3. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т-30 при положительном (а) и отрицательном (б) угле наклона трубы

Геометрические условия теодолитов

Все теодолиты, несмотря на разнообразие их типов, создаются по одной геометрической схеме и должны удовлетворять соответствующим оптико-механическим и геометрическим условиям.

Главное геометрическое условие теодолита заключается в том, чтобы коллимационная плоскость, образуемая визирной осью зрительной трубы, была перпендикулярна плоскости горизонтального круга.

Перед использованием теодолита необходимо убедиться в его соответствии основному геометрическому условию. Действия, связанные с проверкой инструмента называются поверками. Исправления, связанные с нарушением геометрических условий, называются юстировкой инструмента. Запрещается производство измерений приборами, на которых не выполнены поверки и соответствующие им юстировки.

Расположение осей в теодолите (рис. 1.4) должно отвечать следующим условиям:

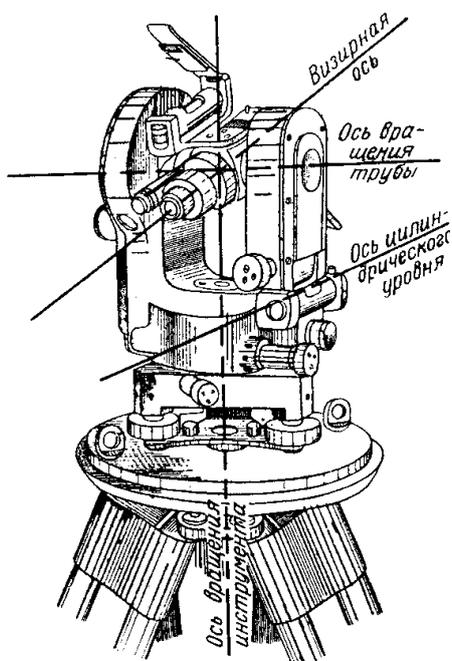


Рис. 1.4. Геометрические условия теодолита

-- ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита;

-- визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы;

-- горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси инструмента

-- одна из нитей сетки должна быть горизонтальна, другая вертикальна.

Для угловых измерений соблюдение этих условий имеет большое значение, поскольку расположение осей может быть легко нарушено в процессе работы и транспортировки. Этим объясняется регулярность и строгая последовательность выполнения основных поверок.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает отработку технологических карт (ТК) по вопросам занятия:

1. Устройство и установка теодолита 2Т-30 на станции – ТК № 1.1.
2. Производство отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам – ТК № 1.2.
3. Полевые поверки и юстировки теодолита 2Т-30 – ТК №№ 1.3 - 1.6.

1.1. Устройство и установка теодолита 2Т-30 на станции

Технологическая карта № 1.1

УСТАНОВКА ТЕОДОЛИТА 2Т-30 НА СТАНЦИИ

Время на исполнение: отлично – 10 мин.
хорошо - 15 мин.
удовлет. – 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 со штативом.
2. Кольшки – 1 шт.
3. Топор – 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Грубая установка инструмента	<ol style="list-style-type: none">1. Забить кольшек-точку. Он должен возвышаться над поверхностью земли на 2-3 см.2. Раскрыть штатив, раздвинуть его ножки на 80-100 см и закрепить барашки.3. Слегка приподняв штатив, установить его над кольшком-точкой с помощью отвеса. Становой винт при этом должен быть в центре головки.4. Плавно нажимая на башмаки, заглубить ножки штатива в землю, следя одновременно за тем, чтобы головка штатива была на глаз горизонтальна, а грузик отвеса находился не далее 5-10 мм от него.5. Установить теодолит в футляре на штатив, закрепить становой винтом и снять футляр.6. Вывести подъемные винты в среднее положение, ослабить становой винт и, двигая теодолит по головке штатива, отцентрировать его над точкой по отвесу. Зажать становой винт.
2.	Горизонтирование инструмента	<ol style="list-style-type: none">1. Вращением алидады установить цилиндрический уровень по направлению двух подъемных винтов.2. Действуя этими двумя подъемными винтами в разные стороны, привести пузырек уровня в нуль-пункт.3. Повернуть колонку на 90^0 и вращением третьего подъемного винта привести пузырек уровня на середину (в нуль пункт).4. Возвратить колонку в первоначальное положение и двумя подъемными винтами устранить отклонение пузырька уровня.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
3.	Оптическое центрирование инструмента	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снять отвес и на вертикальном круге установить отсчет -90^0. 2. Надеть на окуляры зрительной трубы и микроскопа окулярные насадки. 3. Настроить центр сетки нитей на резкость по глазу и установить, на сколько и в какую сторону он смещен от центра кольшка. 4. Ослабить становой винт и, взявшись обеими руками за подставку инструмента, переместить теодолит в нужную сторону, пока центр сетки нитей не совпадет с центром кольшка. 5. Повторить горизонтирование и центрирование два-три раза, пока пузырек уровня не будет оставаться на середине, а центр сетки нитей при этом не будет совпадать с центром кольшка-точки. <p><u>Примечание:</u> Допускается отклонение перекрестия от центра кольшка до 5 мм.</p>
4.	Фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнить фокусировку зрительной трубы: сначала вращением ее диоптрийного кольца добиться резкого изображения сетки нитей, а затем вращением кремальеры – четкого изображения визирной цели. 2. Выполнить фокусировку отсчетного микроскопа: вращением его диоптрийного кольца добиться четкого изображения шкал микроскопа.

1.2. Производство отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам

Технологическая карта № 1.2 СНЯТИЕ ОТСЧЕТОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ И ВЕРТИКАЛЬНОМУ КРУГАМ ТЕОДОЛИТА 2Т-30

Время на один отсчет: отлично – 2 мин.
хорошо - 3 мин.
удовлет. – 5 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 , установленный на станции.
2. Геодезические вехи – 2шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Наводка зрительной трубы на веху	<ol style="list-style-type: none">1. Установить в произвольных, хорошо видимых со станции местах геодезические вехи.2. Закрепить лимб зажимным винтом и ослабить винт алидады.3. С помощью оптического визира выполнить грубую наводку зрительной трубы на низ (основание) вехи, закрепить зажимные винты алидады и зрительной трубы.4. Вращением диоптрийного кольца трубы добиться четкой видимости сетки нитей, а кремальерой – резкого изображения наблюдаемой вехи.5. Действуя наводящим винтом алидады, совместить вертикальную линию сетки нитей с осью наблюдаемой вехи.6. Наводящим винтом зрительной трубы подвести горизонтальную линию сетки с основанием вехи.
2.	Отсчет по горизонтальному и вертикальному кругам	<ol style="list-style-type: none">1. Установить ориентирующееся зеркало отсчетного микроскопа в такое положение, при котором его шкалы получили бы наилучшее освещение.2. Вращением диоптрийного кольца микроскопа добиться четкого изображения отсчетных шкал горизонтального «Г» и вертикального «В» кругов.3. По индексу штриха лимба, пересекающего шкалу «Г», снять отсчет с оценкой полных делений шкалы и округлением результата на глаз с точностью до половины минуты.4. Аналогично снять отсчет по шкале «В», но с учетом знака индекса штриха лимба. Если индекс имеет знак плюс, то оценку делений шкалы производят слева на право, а если знак минус, то – справа на лево. <p><u>Например,</u> отсчет по горизонтальному кругу: $95^{\circ}46',5$ (рис. 3), отсчеты по вертикальному кругу: $+1^{\circ}17'$ (рис. 3 а), $-0^{\circ}43'$ (рис. 3 б).</p>

1.3. Полевые поверки и юстировки теодолита 2Т-30

Технологическая карта № 1.3

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕОДОЛИТА 2Т-30

Условие поверки: *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.*

Техническое условие: *Отклонение пузырька уровня от середины не должно превышать одного деления.*

Время на исполнение: отлично – 5 мин.
хорошо – 7 мин.
удовлет. – 10 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30, установленный на станции.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка цилиндрического уровня	<ol style="list-style-type: none">1. Выполнить грубую установку прибора на станции.2. Вращением алидады установить уровень по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в противоположные стороны, привести пузырек уровня в нуль-пункт.3. Взяв отсчет по лимбу, повернуть алидаду точно на 180^0. Если пузырек уровня остался в нуль-пункте или отклонился не более одного деления, то условие считается выполненным.4. Если отклонение пузырька уровня от середины превышает одно деление, то необходимо произвести юстировку.5. Выполнить горизонтирование инструмента
2.	Юстировка цилиндрического уровня	<ol style="list-style-type: none">1. Подсчитать, насколько делений пузырек уровня отклонился от середины.2. Действуя двумя подъемными винтами в противоположные стороны устранить половину отклонения.3. При помощи шпильки, воздействуя на исправительные (юстировочные) винты уровня, устранить другую половину отклонения, переместив пузырек в нуль-пункт. <u>Примечание:</u> вращение шпилькой надо производить осторожно, небольшими приемами по 1/10-1/20 оборота.4. Юстировку производить пока пузырек уровня не будет отклоняться от середины более одного деления.
3.	Контроль	При любом положении алидады пузырек уровня должен находиться в нуль-пункте

Технологическая карта № 1.4

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА КОЛЛИМАЦИОННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТЕОДОЛИТА 2Т-30

Условие поверки: *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.*

Техническое условие: *Величина коллимационной ошибки не должна превышать двойную точность прибора (для 2Т-30 не более 1').*

Время на исполнение: отлично – 10 мин.
хорошо – 12 мин.
удовлет. – 15 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 , установленный на станции.

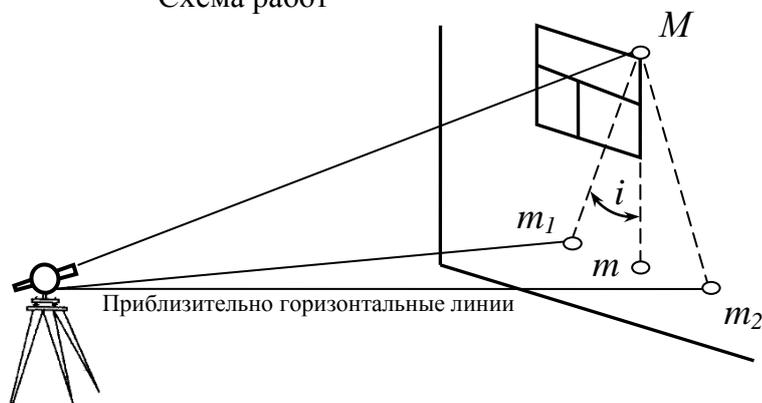
№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка коллимационной погрешности	<ol style="list-style-type: none"> Тщательно отгоризонтировать инструмент. Закрепить лимб и навести центр сетки нитей на удаленную (300-400 м) точку при «круге лево» и снять отсчет по горизонтальному кругу (КЛ). Перевести трубу через зенит, навести центр сетки нитей на ту же точку при «круге право» и аналогично снять отсчет (КП). Вычислить величину коллимационной погрешности по формуле $C = \frac{КЛ - КП + 180^0}{2}$ Если коллимационная ошибка не превышает двойной точности отсчетного приспособления, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.
2.	Юстировка коллимационной погрешности (регулировка сетки нитей)	<ol style="list-style-type: none"> Вычислить правильный отсчет по одной из формул $N = КП + C$ или $N = КЛ - C + 180^0$ Установить на лимбе горизонтального круга вычисленный отсчет N, при этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Снять защитный колпачок сетки нитей и слегка ослабить на 1/6-1/10 оборота один из вертикально расположенных юстировочных винтов. Вращая оба горизонтально расположенные юстировочные винты (один слегка ослабляя, другой - подтягивая) совместить центр сетки нитей с наблюдаемой точкой. Затянуть юстировочные винты
3.	Контроль	Произвести повторную поверку, а при необходимости – повторную регулировку сетки нитей.

Технологическая карта № 1.5

ПОВЕРКА НЕРАВЕНСТВА ПОДСТАВОК ТЕОДОЛИТА 2Т-30

Условие поверки: *Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси инструмента.*

Схема работ



Техническое условие:

Расстояние между проекциями m_1 и m_2 не должно быть больше ширины биссектора сетки нитей.

Время на исполнение: отлично – 10 мин.
хорошо – 12 мин.
удовлет. – 15 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30, установленный на станции.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка неравенства подставок	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить прибор в 30-40 м от стены какого-либо здания (или другого предмета) и тщательно его отгоризонтировать. 2. Закрепить лимб и навести центр сетки нитей на четко видимую высоко расположенную (под углом 25-35°) точку M стены при «круге лево». 3. При закрепленной алидаде наклонить трубу до примерно горизонтального положения ее визирной оси и отметить карандашом на стене точку m_1, в которую проецируется центр сетки нитей. 4. Перевести трубу через зенит, навести центр сетки нитей на ту же точку M при «круге право» и аналогично наметить точку m_2. 5. Если расстояние между проекциями m_1 и m_2 не более ширины биссектора сетки нитей, то условие поверки выполнено. В противном случае необходимо выполнить юстировку.
2.	Юстировка (устранение наклона оси вращения трубки)	<p>Устранение наклона оси достигается вращением эксцентриковой втулки лагери горизонтальной оси с помощью юстировочных винтов.</p> <p><u>Примечание:</u> Данное исправление связано с частичной разборкой теодолита, поэтому юстировка выполняется в мастерской.</p>

Технологическая карта № 1.6

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА СЕТКИ НИТЕЙ ТЕОДОЛИТА 2Т-30

Условие поверки: *Одна из нитей сетки должна быть горизонтальна, другая вертикальна.*

Время на исполнение: отлично – 2 мин.
хорошо – 3 мин.
удовлет. – 5 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 , установленный на станции.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка сетки нитей наведением трубы на точку (первый способ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навести центр сетки нитей на какую-нибудь точку и медленно поворачивать алидаду вокруг ее оси вращения, наблюдая при этом за положением точки – точка скользит по горизонтальной нити. 2. Если при перемещении алидады изображение точки не будет сходиться с горизонтальной нити, то условие выполнено. В противном случае необходимо выполнить юстировку. <p><u>Примечание:</u> Данная поверка производится после выполнения всех поверок и юстировок теодолита.</p>
2.	Поверка сетки нитей с помощью отвеса (второй способ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закрепить в 5-10 м от прибора отвес. 2. Навести центр сетки нитей трубы на нить закрепленного отвеса. 3. Если при подъеме-опускании трубы вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, то условие выполнено. В противном случае необходимо выполнить юстировку. <p><u>Примечание:</u> Данная поверка производится после выполнения всех поверок и юстировок теодолита.</p>
3.	Юстировка (регулировка сетки нитей)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снять защитный колпачок в окулярной части зрительной трубы. 2. Ослабить четыре торцевых винта сетки нитей и повернуть ее вокруг визирной оси, добиваясь выполнения условия. 3. Зажать торцевые винты и надеть защитный колпачок.
4.	Контроль	Произвести повторную поверку перпендикулярности визирной и горизонтальной осей зрительной трубы (поверку №2), а при необходимости – повторную регулировку сетки нитей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

МЕСТО НУЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО КРУГА, ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

Учебные цели:

1. Приобрести навыки по выполнению поверки места нуля и измерению углов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Измерение теодолитом горизонтальных углов полуприемом и полным приемом.
2. Поверка и юстировка места нуля вертикального круга.
3. Измерение теодолитом вертикальных углов.

Приборы и принадлежности:

- макет отсчетного устройства теодолита 2Т-30;
- теодолит 2Т-30 в комплекте со штативом;
- марка геодезическая - 2 шт.;
- веха геодезическая - 2 шт.;
- журналы измерения углов - по 1 шт.;
- чертежные принадлежности.

Контрольные вопросы по теме занятия:

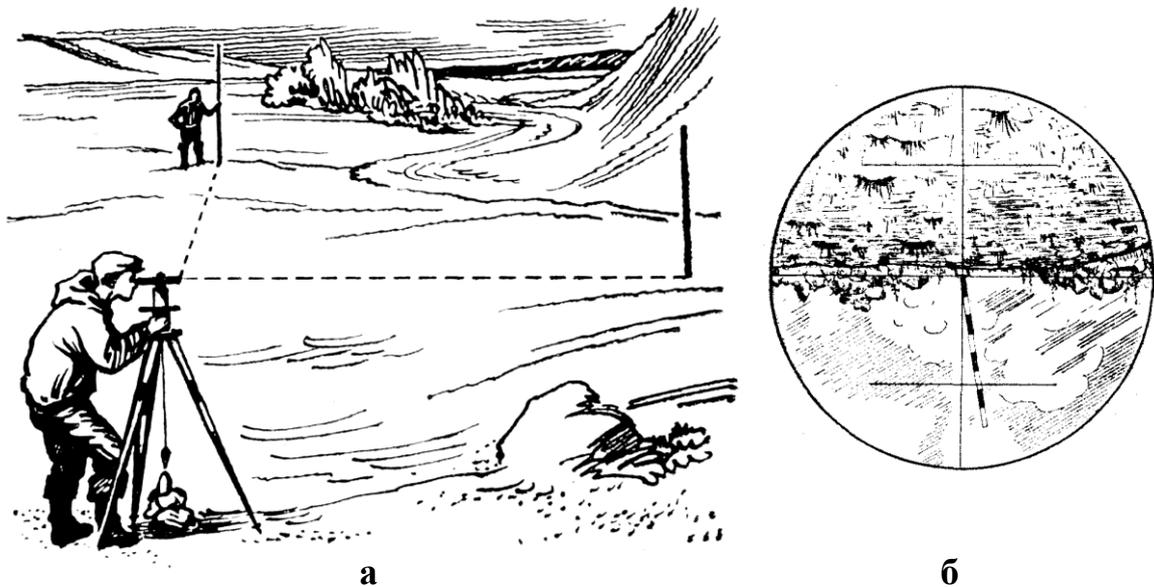
1. Способы измерения горизонтальных углов.
2. Изложить порядок измерения теодолитом горизонтальных углов полным приемом.
3. Что такое место нуля вертикального круга.
4. Изложить порядок измерения теодолитом вертикальных углов.

2. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Измерению горизонтальных и вертикальных углов предшествует установка прибора на станции (над вершиной измеряемого угла) и приведение его в рабочее положение (см. практическое занятие № 1).

Конечные точки сторон измеряемых углов закрепляют на местности специальными знаками. Непосредственное визирование на знаки бывает затруднено в силу условий местности. Поэтому эти знаки обозначают визирными целями – вехами, марками или шпильками. Вехи над знаками должны быть установлены отвесно. Фактически верх вехи может отклоняться от отвесного положения, поэтому центр сетки наводят на ее основание.

Обычно, при съемке измеряют углы, лежащие вправо по ходу.



а – общий вид; б – наведение центра сетки нитей на основание вехи
 Рисунок 2.1 – Установка теодолита над вершиной угла и его измерение

Установка теодолита над вершиной угла для его измерения и наведение центра сетки нитей на основание вехи показаны на рис. 2.1.

Порядок выполнения работ на станции при измерении углов следующий:

- визирование на вехи, установленные на концах линий, исходящих из вершины измеряемого угла;
- снятие отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам и запись в угломерный журнал;
- обработка угломерного журнала и контроль измерений на станции.

Для измерения горизонтальных углов применяют преимущественно следующие способы:

- способ приемов (для измерения одного угла);
- способ круговых приемов (при измерении углов на станции между тремя направлениями и более).

Измерение горизонтальных углов способом приемов

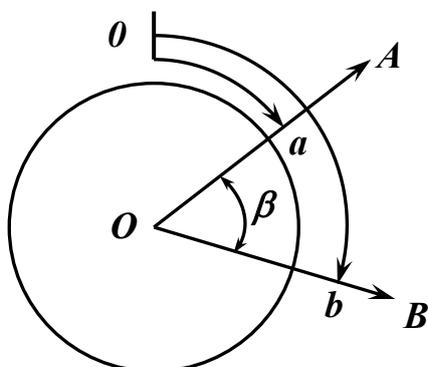


Рисунок 2.2 – Измерение горизонтальных углов способом приемов

Для измерения угла AOB (рис. 2.2) теодолит устанавливают в вершине O и закрепив лимб, наводят центр сетки нитей на основание правой вехи (шпильки), обозначающей точку B . Закрепив алидаду, производят отсчет b по горизонтальному кругу и записывают в угломерный журнал. Далее открепляют алидаду, аналогично визируют на левую точку A и снимают отсчет a , который также записывают в угломерный

журнал. Величина измеряемого угла β будет равна разности отсчетов b и a , соответственно из праволежащей точки вычитается леволежащая

$$\beta = b - a$$

Если праволежащий отсчет по величине меньше леволежащего, то его нужно увеличить на 360^0 . Такое измерение угла составляет *полуприем*. Для контроля и ослабления влияния инструментальных погрешностей угол измеряют при втором положении вертикального круга, сместив лимб на $1-2^0$. Два таких измерения составляют *прием*. Отсчеты принято обозначать соответственно $KЛ$, снятые при «круге лево» и $KП$ – при «круге право».

Значения угла, полученные из первого и второго полуприемов, могут отличаться друг от друга не более чем на двойную точность отчетного устройства (для теодолита 2Т-30 не более $1'$), при большем расхождении угол измеряют вновь

$$\beta_{KЛ} = KЛ_2 - KЛ_1;$$

$$\beta_{KП} = KП_2 - KП_1$$

$$\beta_{KЛ} - \beta_{KП} \leq 1'$$

За окончательный результат принимают среднее арифметическое.

$$\beta_{cp} = \frac{\beta_{KЛ} + \beta_{KП}}{2}$$

Способ приемов является основным и применяется при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуру и т.д.

Измерение горизонтальных углов способом круговых приемов

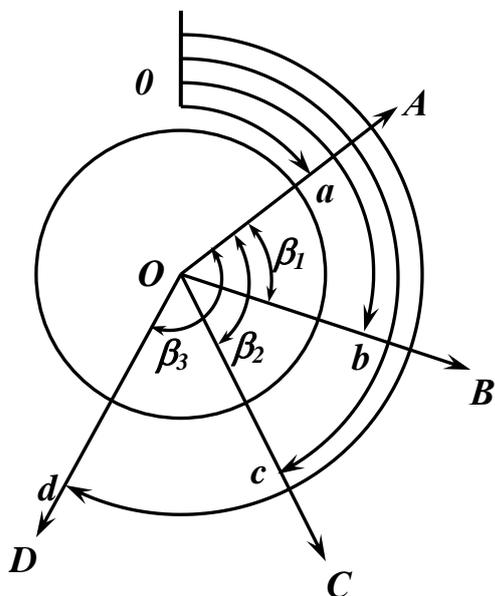


Рисунок 2.3 – Измерение горизонтальных углов способом круговых приемов

Сущность способа круговых приемов заключается в последовательном измерении направлений на наблюдаемые предметы с выполнением замыкающего измерения начального направления (рис. 2.3).

При этом устанавливают теодолит над вершиной измеряемых углов O и затем наводят зрительную трубу последовательно на все направления A, B, C, D по ходу часовой стрелки и производят отсчеты по горизонтальному кругу a, b, c и d . Последнее наведение снова делают на первоначальное направление, чтобы убедиться в неподвижности лимба. Эти действия составляют *первый полуприем*, в результате ко-

торого вычисляют величины основных углов

$$\beta_1 = b - a; \beta_2 = c - a; \beta_3 = d - a; \dots$$

Во *втором полуприеме* трубу переводят через зенит (меняют положение вертикального круга относительно зрительной трубы) и последовательно визируют на все направления, но в обратном порядке - против хода часовой стрелки. Два таких полуприема составляют *прием*. Записи отсчетов и вычисления выполняют на специальных бланках.

Для повышения точности измерений направлений углы измеряют различным числом приемов с перестановкой лимба между приемами на величину

$$\sigma = \frac{180^0}{n}$$

где n - число приемов.

Все промежуточные углы вычисляются как функции основных углов

$$\beta_{B-C} = \beta_2 - \beta_1; \beta_{D-C} = \beta_3 - \beta_2; \beta_{D-B} = \beta_3 - \beta_1; \dots$$

Способ круговых приемов применяется в сетях триангуляции и полигонометрии 2 класса и ниже, а также при развитии специальных геодезических сетей.

Место нуля вертикального круга. Измерение вертикальных углов

При создании высотных съемочных сетей и сетей сгущения, а также в строительной практике при передаче отметок на верхние ярусы возводимых сооружений и т.д. измеряют углы наклона (вертикальные углы).

Углом наклона называют угол между горизонтальной плоскостью и направлением на наблюдаемую точку.

В теодолите горизонтальная плоскость реализуется алидадой вертикального круга, жестко связанной с уровнем. Если наблюдаемая точка расположена выше центра вертикального круга, вертикальному углу придается знак плюс, если ниже – минус.

В теодолите 2Т-30 вертикальный круг разбит на четыре сектора по 60^0 , из которых два противоположных имеют положительную оцифровку, а два других - отрицательную.

В процессе измерения углов наклона определяют *место нуля (МО)* - отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось горизонтальна, а пузырек уровня при алидаде находится в нуль-пункте.

Если бы этот отсчет равнялся нулю, то вычисление углов наклона облегчалось бы. Фактически в силу ряда причин этот отсчет не равен нулю. При работе с вертикальным кругом важно соблюдение основного условия - *место нуля должно быть постоянным*. Постоянство МО является гарантией и контролем правильности измерения вертикальных углов, поэтому его необходимо определять несколько раз, наводя трубу на различные точки местности. Место нуля не должно быть больше двойной точности отсчетного приспособления (для теодолита 2Т-30 не более 1',5).

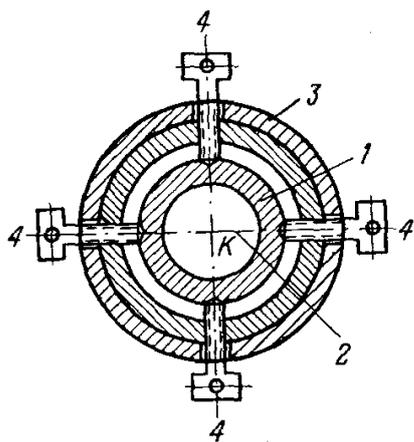
Для **определения места нуля** необходимо установить теодолит в рабочее положение, навести центр сетки нитей на удаленную точку (примерно 300-400 м) местности и снять отсчет (L) при «круге лево». Затем перевести трубу через зенит и повторить те же действия, сняв отсчет ($П$) при «круге право». По полученным отсчетам вычислить место нуля по формуле

$$МО = \frac{L + П}{2}$$

Если место нуля превышает двойную точность отсчетного микроскопа, то необходимо выполнить *юстировку*, т.е. *отрегулировать сетку нитей* следующим образом. По отсчетам L и $П$ вычислить угол наклона по формуле

$$v = \frac{L - П}{2}, \quad v = L - МО = МО - П$$

Далее, оставив центр сетки нитей наведенной на точку местности, наводящим винтом зрительной трубы установить на вертикальном круге отсчет,



- 1 – диафрагма; 2 – сетка нитей;
- 3 – окулярное колено;
- 4 – юстировочные винты

Рисунок 2.4 – Диафрагма с сеткой нитей

равный вычисленному значению угла наклона, при этом центр сетки сместится с наблюдаемой точки. Снять защитный колпачок в окулярной части зрительной трубы и, воздействуя на вертикальные исправительные винты 4 (рис. 2.4) сетки нитей, передвинуть ее в вертикальной плоскости до совмещения центра сетки с наблюдаемой точкой. Для контроля действия повторяются.

После юстировки места нуля проверить соблюдение условия перпендикулярности визирной оси к оси вращения трубы.

Для измерения вертикального угла (угла наклона) теодолит устанавливается в рабочее положение, центр сетки нитей наводится на наблюдаемую точку при «круге лево» и снимается отчет по вертикальному кругу L , который записывается в угломерный журнал. Перечисленные действия составляют *один прием* измерений. Далее зрительная труба переводится через зенит и центр сетки нитей снова наводится на наблюдаемую точку, но уже при «круге право»; снимается отсчет Π , который также записывается в угломерный журнал. По отсчетам из двух приемов L и Π вычисляют место нуля и угол наклона по формулам

$$MO = \frac{\Pi + L}{2},$$

$$v = \frac{L - \Pi}{2}.$$

Правильность измерения углов наклона контролируется постоянством MO , колебания которого не должно превышать двойной точности отсчетного устройства (для теодолита 2Т-30 не более $1',5$).

Правильность вычислений углов наклона контролируется путем сравнения значений угла наклона, определенных по формулам

$$v_L = L - MO,$$

$$v_{\Pi} = MO - \Pi,$$

в результате чего должно выполняться условие

$$v_L = v_{\Pi},$$

где v_L и v_{Π} - угол наклона соответственно при «круге лево» и «круге право».

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает отработку технологических карт по вопросам занятия:

1. Измерение теодолитом горизонтальных углов полуприемом и полным приемом – ТК № 2.1.
2. Поверка и юстировка места нуля вертикального круга – ТК № 2.2.
3. Измерение теодолитом вертикальных углов – ТК № 2.3.

2.1 Измерение теодолитом горизонтальных углов полуприемом и полным приемом

Технологическая карта № 2.1

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕОДОЛИТОМ 2Т-30 ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ ПОЛНЫМ ПРИЕМОМ

Время на исполнение: отлично – 5 мин.
хорошо - 7 мин.
удовлет. – 10 мин.

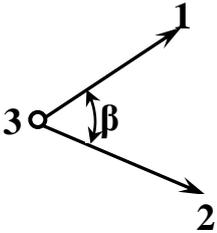
Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 со штативом.
2. Геодезические вехи – 2 шт.
3. Журнал измерения горизонтальных углов.
3. Чертежные принадлежности.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1	Первый полуприем (при левом положении вертикального круга)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить теодолит на станции (над вершиной измеряемого угла) и закрепить все зажимные винты. 2. Установить вехи в произвольных, но хорошо просматриваемых со станции местах. 3. Освободить винт алидады и навести зрительную трубу на низ (основание) правостоящей вехи (см. тех. карту № 1.2, п.1). 4. Снять отсчет по горизонтальному кругу (КЛ₂) и записать его в журнал. 5. Аналогично навести зрительную трубу на низ левостоящей вехи, снять отсчет по горизонтальному кругу (КЛ₁) и записать его в журнал. 6. Вычислить величину измеренного угла, как разность между правым и левым отсчетами $\beta_{кл} = КЛ_2 - КЛ_1.$
2	Второй полуприем (при правом положении вертикального круга)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перевести зрительную трубу через зенит, ослабив винт лимба, повернуть горизонтальный круг на 1-2⁰. После чего снова зажать винт лимба. 2. Измерить тот же угол второй раз в том же порядке, как делалось при «круге лево» $\beta_{кп} = КП_2 - КП_1.$ <p><u>Примечание:</u> разница в двух измерениях горизонтального угла не должна превышать двойной точности отсчетного микроскопа (для 2Т-30 не более 1').</p> $\beta_{кл} - \beta_{кп} \leq 1'$

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
3	Вычисление среднего угла	Истинная величина горизонтального угла вычисляется как среднее из двух его значений, измеренных при «круге лево» и при «круге право» по формуле $\beta_{cp} = \frac{\beta_{кл} + \beta_{кп}}{2}$
4	Повторение	Установить геодезические вехи в новых местах и повторить измерение горизонтального угла. <u>Примечание:</u> Пример ведения журнала измерения горизонтальных углов полным приемом показан в табл. 2.1

Таблица 2.1 – Журнал измерения горизонтальных углов полным приемом

Станция	Точка наблюдения	Отсчет по горизонтальному кругу	Угол, полученный из полуприема	Среднее значение угла	Примечание (Схема работ)	
3	Круг лево (КЛ)					
	2	61°42',5 (2)	61°30' (5)	61°30' (7)		
	1	0°12',5 (1)				
	Круг право (КП)					
2	243°58' (4)	61°30' (6)				
1	182°28' (3)					

Примечание: В скобках цифрами указана последовательность заполнения угломерного журнала.

2.2. Поверка и юстировка места нуля вертикального круга

Технологическая карта № 2.2

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА МЕСТА НУЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО КРУГА

Условие поверки: *Отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и нахождении пузырька уровня при алидаде в нуль-пункте должен быть равен нулю.*

Техническое условие: *Величина «места нуля» не должна превышать двойную точность шкалового микроскопа (для 2Т-30 не более 1',5).*

Время на исполнение: отлично – 10 мин.
хорошо – 15 мин.
удовлет. – 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 , установленный на станции.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Определение места нуля	<ol style="list-style-type: none"> Тщательно отгоризонтировать инструмент. Закрепить лимб и навести центр сетки нитей на удаленную (300-400 м) точку при «круге лево» и снять отсчет по вертикальному кругу (<i>L</i>). Перевести трубу через зенит, навести центр сетки нитей на ту же точку при «круге право» и аналогично снять отсчет (<i>П</i>). Вычислить величину места нуля (<i>МО</i>) по формуле $МО = \frac{L + П}{2}$ Если <i>МО</i> не превышает двойной точности отсчетного приспособления, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.
2.	Юстировка места нуля (регулировка сетки нитей)	<ol style="list-style-type: none"> По отсчетам (<i>L</i>) и (<i>П</i>) вычислить угол наклона по одной из формул $\nu = \frac{L - П}{2}; \quad \nu = L - МО = МО - П$ Наводящим винтом зрительной трубы установить на вертикальном круге отсчет, равный вычисленному значению угла наклона, при этом центр сетки сместится с наблюдаемой точки. Снять защитный колпачок сетки нитей и слегка ослабить на 1/6-1/10 оборота один из горизонтально расположенных юстировочных винтов. Вращая оба вертикально расположенные юстировочные винты (один ослабляя, другой - подтягивая) совместить центр сетки с наблюдаемой точкой. Затянуть юстировочные винты Проверить соответствие условия перпендикулярности визирной оси к оси вращения трубы.
3.	Контроль	Произвести повторную поверку, а при необходимости – повторную регулировку сетки нитей.

2.3. Измерение теодолитом вертикальных углов

Технологическая карта № 2.3

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕОДОЛИТОМ 2Т-30 ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Время на исполнение: отлично – 5 мин.
хорошо - 7 мин.
удовлет. – 10 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 со штативом.
2. Нивелирная рейка – 1 шт.
3. Журнал измерения углов наклона.
4. Чертежные принадлежности.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none">1. Установить теодолит на станции и отгоризонтировать его (без центрирования).2. Измерить высоту инструмента (высоту горизонтальной оси трубы над срезом кола) с точностью 0,5 см при помощи рейки. <u>Примечание:</u> Для измерения высоты инструмента нужно рядом с прибором установить рейку обращенную черной стороной к кремальере. Далее, на уровне черной точки в центре кремальеры карандашом сделать метку на рейке. Высота инструмента будет равна отсчету по рейке от ее пятки до карандашной метки.3. Определить место нуля (МО) теодолита.4. Установить рейку в произвольной точке, примерно на расстоянии 30-40 м от теодолита и держать ее неподвижно, по возможности вертикально.
2	Измерение угла наклона полным приемом	<ol style="list-style-type: none">1. Навести зрительную трубу при «круге лево» на отсчет по рейке, равный высоте инструмента. Закрепить зажимные винты алидады и трубы.2. Снять отсчет (<i>I</i>) по шкале «В» вертикального круга и записать его в журнал (например, $5^{\circ}13',5$).3. Перевести трубу через зенит и навести центр сетки нитей при «круге право» на тот же отсчет по рейке, равный высоте инструмента. Закрепить зажимные винты алидады и трубы.4. Аналогично снять отсчет (<i>II</i>) по шкале вертикального круга и записать его в журнал (например, $-5^{\circ}15'$).5. Вычислить и записать в журнал значения места нуля и угла наклона

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		$MO = \frac{Л + П}{2}, \quad \nu = \frac{Л - П}{2}$ <p><u>Пример:</u></p> $MO = \frac{5^{\circ}13',5 - 5^{\circ}15'}{2} = -0^{\circ}0',75$ $\nu = \frac{5^{\circ}13',5 - (-5^{\circ}15')}{2} = 5^{\circ}14',25$ <p>6. Повторить измерение угла наклона, переставив рейку в другую точку.</p>
3	Измерение угла наклона полуприемом	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навести зрительную трубу на отсчет по рейке, равный высоте инструмента и закрепить зажимные винты алидады и трубы. 2. Снять отсчет по шкале «В» вертикального круга и записать его в журнал. 3. Вычислить угол наклона по формулам: <ul style="list-style-type: none"> - если съемка производилась при «круге лево», то $\nu = Л - MO$ - если съемка производилась при «круге право», то $\nu = MO - П$ <p><u>Примечание:</u> угол наклона полуприемом следует измерять лишь после того, как установлено постоянство места нуля при «круге лево» и при «круге право».</p>
4	Повторение	<p>Установить нивелирную рейку в новых местах и повторить измерение угла наклона.</p> <p><u>Примечание:</u> Пример ведения журнала измерения углов наклона показан в табл. 2.2.</p>

Таблица 2.2 – Журнал измерения углов наклона

Наименование		Отсчеты по вертикальному кругу		Место нуля	Угол наклона
станций	точек наблюдения	круг лево (Л)	круг право (П)		
3	1	5°13',5 (1)	-5°15' (2)	0°00',75 (3)	+5°14',25 (4)
	2	4°33' (5)	-4°31' (6)	0°01' (7)	+4°32' (8)

Примечание: В скобках цифрами указана последовательность заполнения угломерного журнала.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПОЛЕВЫЕ ПОВЕРКИ НИВЕЛИРОВ

Учебные цели:

1. Изучить устройство и порядок установки нивелира на станции.
2. Освоить технику производства отсчетов по нивелирной рейке.
3. Приобрести навыки выполнения полевых поверок нивелира.

Отрабатываемые вопросы:

1. Устройство и установка нивелира Н-3 (Н-3К) на станции.
2. Производство отсчетов по рейке и измерение расстояний нитяным дальномером.
3. Полевые поверки и юстировки нивелира Н-3 (Н-3К).

Приборы и принадлежности:

- макет отсчетного устройства по рейке;
- нивелир Н-3 (Н-3К) в комплекте со штативом;
- отвес - 1 шт.;
- нивелирные рейки РН-3 - 2 шт.;
- чертежные принадлежности.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. В чем заключается принцип геометрического нивелирования?
2. Устройство нивелира с цилиндрическим уровнем (Н-3), назначение и взаимодействие его частей в процессе измерений.
3. Устройство нивелира с компенсатором (Н-3К), назначение и взаимодействие его частей в процессе измерений.
4. Изложить последовательность действий при установке нивелира на станции, измерения расстояний нитяным дальномером.
5. Условия основных поверок нивелира.

3. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Нивелированием, или вертикальной съемкой, называют полевые измерительные действия, в результате которых определяют превышения одних точек местности над другими.

По превышениям вычисляют отметки точек местности относительно уровня поверхности океана (*абсолютные отметки*) или относительно какой-нибудь другой уровня поверхности (*условные отметки*).

В зависимости от метода определения отметок точек различают геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и другие виды нивелирова-

ния. В строительном производстве наиболее часто используется геометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование выполняют горизонтальным визирным лучом. Для получения такого луча служат приборы, называемые нивелирами. В зависимости от точности нивелиры делятся на высокоточные (Н-05, Н-1, Н-2), точные (Н-3) и технические (Н-10). В основу шифра нивелиров положена средняя квадратическая погрешность (0,5; 1; 2; 3; 10 мм) измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода. Высокоточные нивелиры предназначены для нивелирования I и II классов в государственных геодезических сетях, на геодезических полигонах и при инженерно-геодезических работах. Точные нивелиры предназначены для нивелирования III и IV классов и инженерно-геодезических изысканий. Технические нивелиры предназначены для обоснования топографических съемок, инженерно-геодезических изысканий, строительства. В зависимости от устройства, применяемого для приведения визирной оси в горизонтальное положение, нивелиры всех типов выпускаются в двух исполнениях: с уровнем при зрительной трубе (уровенные) и с компенсатором углов наклона.

В последнем случае в шифре нивелира добавляется буква «К», например Н-3К. Кроме того, нивелиры типа Н-3 и Н-10 изготавливаются с лимбами для измерения горизонтальных углов. При наличии лимба в шифре нивелира добавляется буква «Л», например Н-10КЛ.

Основные технические характеристики вышеперечисленных нивелиров приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики нивелиров

Техническая характеристика	Нивелир				
	Уровенные			С компенсатором	
	Н-2	Н-3	Н-10Л	Н-3К	Н-10КЛ
1. Увеличение зрительной трубы, крат	40	31,5	23	30	20
2. Угол поля зрения трубы	0°55'	1°20'	1°24'	--	--
3. Коэффициент нитяного дальномера	100	100	100	100	100
4. Наименьшее расстояние визирования, м	2,0	1,0	1,5	2,0	2,0
5. Цена деления уровня:					
- контактного цилиндрического, сек. на 2 мм	10	15	45	--	--
- круглого (установочного), мин. на 2 мм.	5	10	10	10	10
6. Диапазон работы компенсатора, мин	-	-	-	±10	±15
7. Масса нивелира, кг	2,0	1,0	5,6	1,8	1,5

Устройство нивелира Н-3

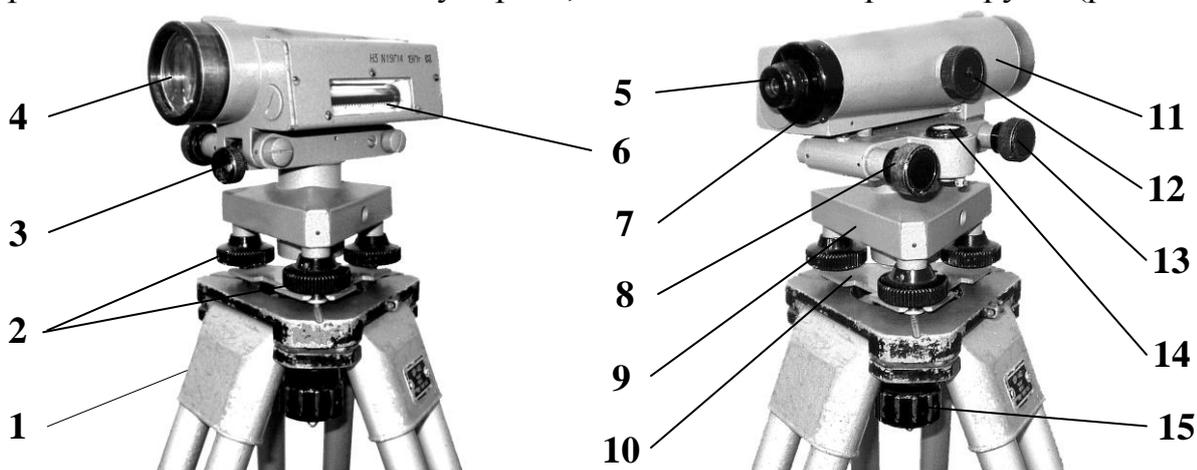
Нивелир Н-3 состоит из двух частей (рис. 3.1): нижней и верхней.

Нижняя часть представляет собой подставку-треножник 9 с тремя подъемными винтами 2 и пружинящей пластиной 10.

Верхняя часть состоит из вертикальной оси с основанием, на котором жестко закреплена зрительная труба 11 с цилиндрическим уровнем 6. Зрительная труба имеет объектив 4, окуляр 5 и предохранительный колпачок 7. Управление инструментом производится с помощью закрепительного 3, наводящего 13 и элевационного 8 винтов. Горизонтирование прибора осуществляется с помощью круглого уровня 14.

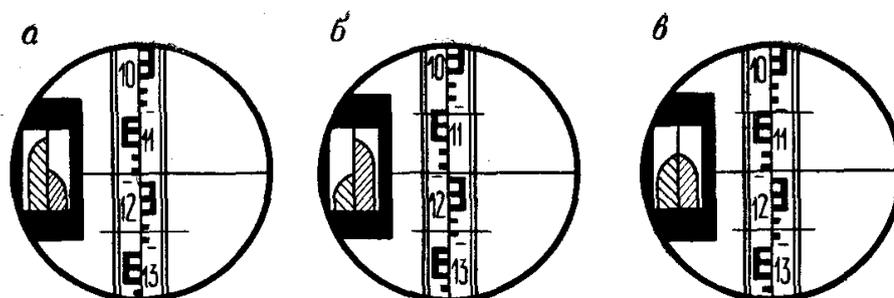
Нивелир крепится на штативе 1 станovým винтом 15.

Перед отсчетом по рейке, глядя в окуляр зрительной трубы, наблюдают за положением пузырька цилиндрического уровня и вращением элевационного винта выводят пузырек в нуль-пункт, т.е. совмещают изображения половинок противоположных концов пузырька, видимых в поле зрения трубы (рис. 3.2).



1 - штатив; 2 - подъемные винты; 3 - закрепительный винт; 4 - объектив; 5 - окуляр; 6 - цилиндрический уровень; 7 - предохранительный колпачок; 8 - элевационный винт; 9 - подставка; 10 - пружинящая пластина; 11 - зрительная труба; 12 - кремальера; 13 - наводящий винт; 14 - круглый уровень; 15 - становой винт

Рисунок 3.1 – Нивелир Н-3

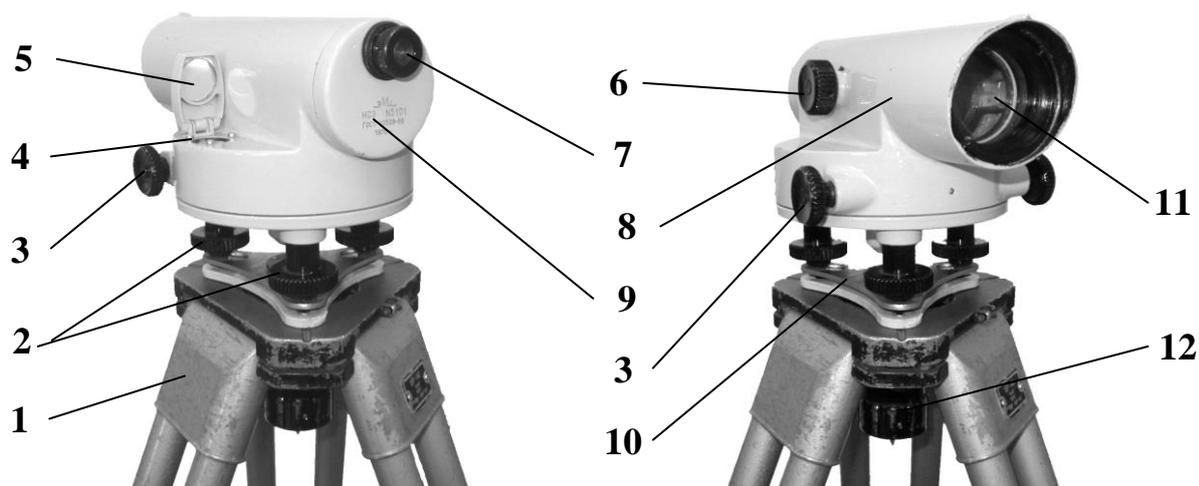


а, б – при положении пузырька цилиндрического уровня вне нуль-пункта,
в – в нуль-пункте

Рисунок 3.2 – Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3

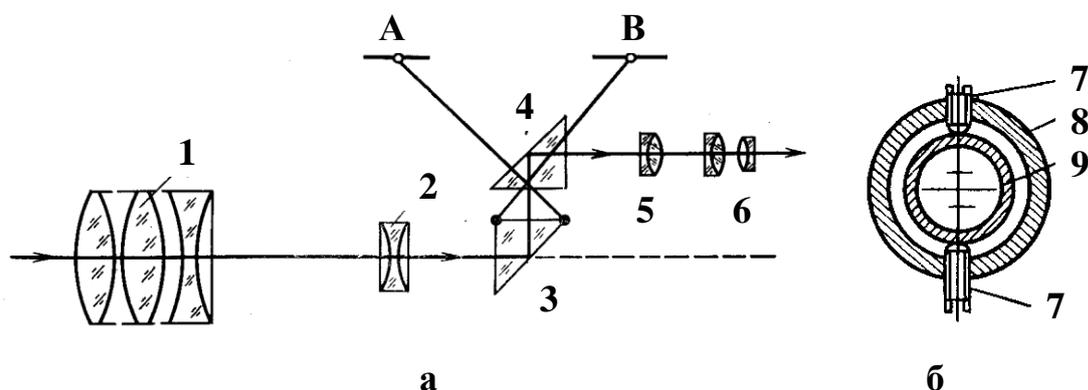
Устройство нивелира Н-3К

Общий вид нивелира Н-3К показан на рис. 3.3. Зрительная труба 8 нивелира Н-3К не имеет закрепительного винта. При грубом наведении на рейку труба достаточно легко вращается рукой и надежно фиксируется в нужном направлении. Точное наведение трубы нивелира на рейку выполняется вращением одной из двух головок наводящего винта 3 бесконечной наводки, расположенных с обеих сторон прибора и позволяющих выполнять наведение как правой, так и левой рукой.



1 - штатив; 2 - подъемные винты; 3 – бесконечный наводящий винт; 4 – круглый уровень; 5 – зеркальце круглого уровня; 6 - кремальера; 7 - окуляр; 8 – зрительная труба; 9 – предохранительный колпачок; 10 – пружинящая пластина; 11 - объектив; 12 - становой винт

Рисунок 3.3 – Нивелир Н-3К



1 – объектив; 2 – фокусирующая линза; 3, 4 – призмы компенсатора; 5 – сетка нитей; 6 – окуляр; 7 – юстировочные винты; 8 – оправа окуляра; 9 – диафрагма сетки нитей

Рисунок 3.4 – Оптическая схема зрительной трубы нивелира Н-3К (а)
и поперечный разрез окулярной части трубы (б)

Нивелир Н-3К имеет оптико-механический компенсатор, состоящий из двух призм (рис. 3.4 а). Призма 3 подвешена на четырех скрещенных нитях, две из которых показаны на рисунке. Компенсатор обеспечивает автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение при возможных отклонениях оси вращения нивелира от вертикали в пределах $\pm 10'$. Время саморазделки визирного луча обычно исчисляется долями секунд и достигает $\pm 0''{,}4$. Этим устраняется трудоемкий и утомительный процесс приведения пузырька уровня в нуль-пункт и необходимость контроля и коррекции положения пузырька перед отсчетом по нивелирной рейке. Отпадает необходимость иметь в конструкции нивелира элевационный винт, что существенно сокращает время подготовки нивелира к работе на станции. Диафрагма 9 сетки нитей (рис. 3.4 б) крепится в окулярной части зрительной трубы двумя вертикальными юстировочными винтами 7, с помощью которых сетку при необходимости можно смещать в вертикальной плоскости вверх или вниз. На рис. 3.3 эти винты, закрыты предохранительным колпачком, который легко снимается, если свинтить плоскую гайку окуляра. Нивелир Н-3К обеспечивает выполнение геометрического нивелирования со средней квадратической погрешностью 3-4 мм на 1 км двойного хода.

Нивелир Н-3К может выпускаться в варианте с горизонтальным лимбом под шифром Н-3КЛ. Цена деления лимба 1^0 . Для снятия отсчетов по лимбу имеется окуляр и штриховой микроскоп. Отсчеты берутся с точностью $0^0{,}1$.

Установка нивелира на станции

Установка нивелира на станции или подготовка прибора для наблюдений состоит из двух действий:

- приведение оси прибора в отвесное положение;
- установка трубы для наблюдений.

Приведение оси прибора в отвесное положение производится при помощи круглого уровня (предварительная установка нивелира). Для этого нивелир прикрепляют к головке штатива становым винтом. Действуя ножками штатива, устанавливают его головку на глаз в горизонтальное положение. Затем при помощи подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт.

Выполненная таким образом предварительная установка нивелиров с компенсаторами обеспечивает достижение расчетного угла компенсации, в пределах которого линия визирования устанавливается горизонтально.

Установка трубы для наблюдений выполняется аналогично установке трубы теодолита (Практическое занятие №1).

Производство отсчетов по рейке

Для нивелирования III и IV класса и для технического нивелирования применяют обычно двухсторонние или односторонние рейки с шашечными санти-

метровыми делениями. Рейки бывают длиной 1,5; 3 и 4 м, как целые, так и складные. Например, складная трехметровая рейка для прямого изображения трубы имеет маркировку РН-3П-3000С. У двухсторонних реек на одной стороне нанесены черные и белые деления, а на другой красные и белые.

Взять отсчет по рейке значит определить длину вертикального отрезка от точки поверхности, на которой стоит пята рейки, до горизонтального луча визирования.

Отсчет снимают с точностью до 1 мм по средней горизонтальной нити сетки нитей, а для определения расстояний – по нижней и верхней горизонтальным нитям (рис. 3.5), в следующей последовательности:

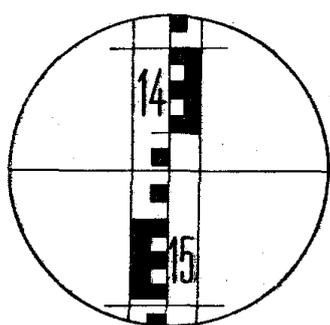
- установить между какими дециметровыми делениями на рейке располагается средняя (верхняя или нижняя) горизонтальная нить сетки, младшая цифра выразит число дециметров в отсчете;

- отсчитать вниз от начала дециметра количество полных сантиметровых делений, отсекаемых горизонтальной нитью сетки;

- оценить на глаз число миллиметров, отсекаемых горизонтальной нитью на неполном сантиметре.

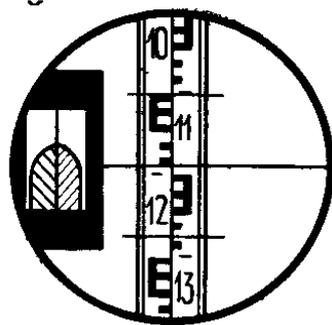
При работе с уровнем необходимо вращением элевационного винта совместить концы половинок пузырька цилиндрического уровня, после чего производить отсчеты по рейке (рис. 3.5 б).

Отсчеты по рейкам производят при отвесном их положении. Для этой цели рейки снабжены круглым уровнем, в момент отсчета его пузырек должен быть на середине. Техника снятия отсчетов по рейке без уровня включает в себя их покачивание в плоскости визирования симметрично относительно вертикального положения (рис. 3.5 в). Наименьший отсчет соответствует перпендикулярному положению рейки к линии визирования. Если отсчет меньше 1000 мм, то рейку покачивать не следует



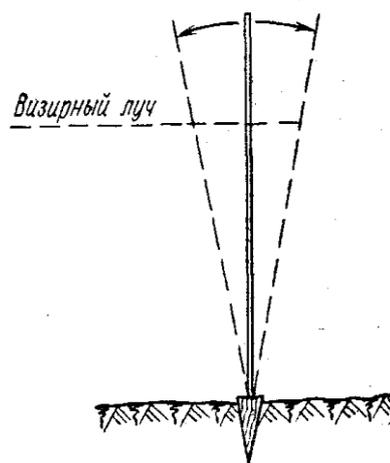
средняя нить – 1472
верхняя нить – 1400
нижняя нить – 1554

а



средняя нить – 1190
верхняя нить – 1101
нижняя нить – 1277

б



в

а – нивелиром Н-3К; б – нивелиром Н-3; в – при покачивании рейки

Рисунок 3.5 – Производство отсчетов по рейке

Измерение расстояний нитяным дальномером

Зрительные трубы современных геодезических приборов – нивелиров (Н-3, Н-3К) и теодолитов (2Т-30) имеют внутреннюю фокусировку, поэтому для измерения расстояний нитяным дальномером пользуются формулой

$$D = 100 l + \Delta = 100 (n_1 - n_2) + \Delta$$

где l - дальномерный отсчет по рейке (базис), который равен разности отсчетов по нижней n_1 и верхней n_2 дальномерным нитям.

Δ - поправка в длину линии, которая изменяется с изменением расстояний от прибора до рейки.

Поправки Δ определяются заранее, в ходе исследования приборов, заносятся в специальные таблицы и учитываются при определении расстояний.

Для многих нивелиров и оптических теодолитов, в том числе и для Н-3, Н-3К и 2Т-30, поправка Δ практически равна нулю, независимо от расстояний. Поэтому ею часто пренебрегают при измерениях и пользуются сокращенной формулой

$$D = 100 (n_1 - n_2)$$

Нитяным дальномером расстояния определяются значительно быстрее, чем мерной лентой, однако точность – намного меньше и характеризуется относительной ошибкой в среднем 1:300, главным образом вследствие малой точности отсчитывания по рейке и влиянием *рефракции* – явления искривления светового луча при его прохождении через слои атмосферы различной плотности. Поэтому для измерения линий с высокой точностью используются другие, высокоточные приборы – свето- и радиодальномеры, а также шкаловые ленты и инварные проволоки.

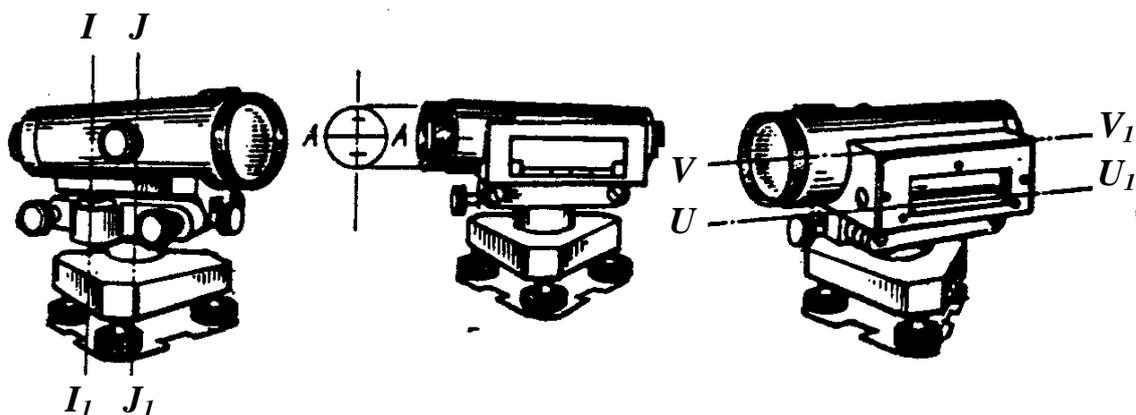
Поверки и юстировки уровенных нивелиров (Н-3)

Основным геометрическим условием, которому должны удовлетворять все нивелиры, является горизонтальность линии визирования при наклонах оси прибора в пределах расчетного угла наклона компенсации.

Прежде чем начать работу с нивелиром, необходимо его осмотреть и убедиться в соответствии основного геометрического условия. Если при внешнем осмотре нивелира повреждений не обнаружено, то приступают к поверкам.

Поверки - это действия, которыми контролируют правильность взаимного расположения основных осей прибора (рис. 3.6).

Если при выполнении поверок обнаруживается несоответствие взаимного расположения частей прибора, его юстируют исправительными винтами.



II_1 – ось круглого (установочного) уровня, JJ_1 – ось вращения прибора, VV_1 – визирная ось, UU_1 – ось цилиндрического уровня

Рисунок 3.6 – Схема осей нивелиров

Работая с самоустанавливающимися нивелирами, дополнительно делают проверки, контролирующие работу компенсатора. Проверку производят в определенной последовательности, так как юстировка прибора, выполняемая после каждой очередной проверки, дает возможность произвести следующую проверку.

Проверка круглого уровня (проверка № 1).

Условие проверки: *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Для выполнения этого условия необходимо установить зрительную трубу по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, вывести пузырек круглого уровня на среднюю линию. Вращая третий подъемный винт, вывести пузырек уровня в центр круга и повернуть верхнюю часть нивелира на 180° . Если после этого пузырек остался в нуль-пункте, то условие выполнено. В противном случае, действуя исправительными винтами круглого уровня, перемещают пузырек на половину дуги отклонения, а оставшуюся половину отклонения устранить с помощью подъемных винтов. Для контроля действия повторяют.

Проверка правильности установки сетки нитей (проверка № 2).

Условие проверки: *Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Проверка выполняется по одному из следующих способов.

Первый способ. В защищенном от ветра месте на тонком шнуре подвесить отвес. В 25-30 м от отвеса установить нивелир, отгоризонтировать его и совместить один из концов вертикальной нити сетки со шнуром отвеса. Если другой конец нити совпадает со шнуром отвеса или отходит не более 0,5 мм, то условие считается выполненным.

Второй способ. После установки нивелира навести левый или правый конец средней горизонтальной нити сетки зрительную трубу на какую-либо неподвижную точку (шляпку гвоздя и т.д.), расположенную на расстоянии 20-30 м

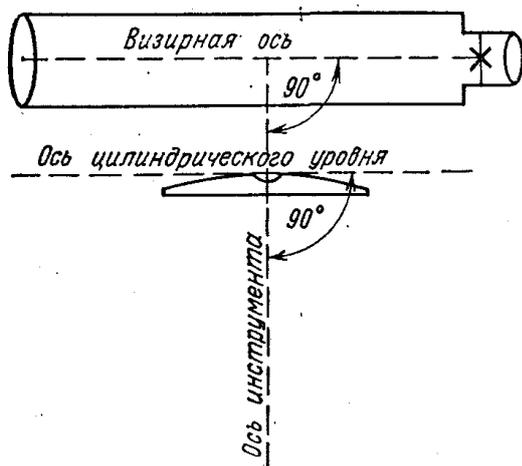
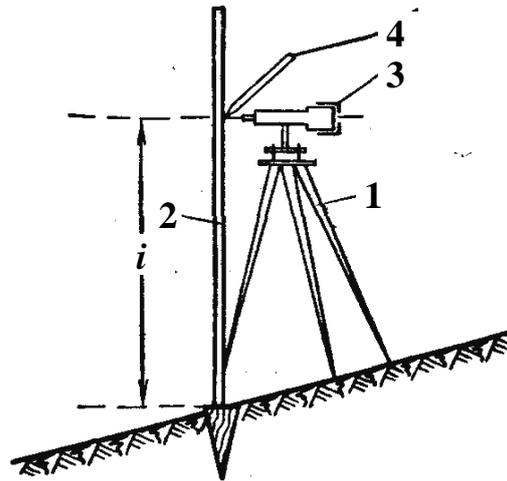


Рисунок 3.7 – Главное условие
уровненных нивелиров



1 – нивелир; 2 – рейка; 3 – объектив зрительной
трубы; 4 – карандаш; i – высота нивелира
Рисунок 3.8 - Измерение высоты нивелира

от прибора. Плавно вращая наводящий винт, переместить нить в горизонтальной плоскости – точка скользит по горизонтальной нити. Условие выполнено, если нить не сходит с изображения точки. В противном случае выполняют юстировку путем поворота пластинки с сеткой нитей до совмещения ее вертикальной нити со шнуром отвеса. Для этого нужно снять предохранительный колпачок, прикрывающий исправительные винты сетки, слегка ослабить крепежные винты пластины и после ее поворота вновь их зажать. Для контроля действия повторить.

Проверка главного условия уровненных нивелиров (проверка № 3).

Условие проверки: Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (рис. 3.7).

На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить металлическими костылями или деревянными колышками с вбитыми в торец гвоздями и выполнить двойное нивелирование по способу вперед (рис. 3.9).

Для этого нивелир сначала нужно установить на первой станции (рис. 3.9 а) так, чтобы окуляр по отвесной линии находился над точкой В, измерить высоту инструмента i_1 , как показано на рис. 3.8, а по рейке, установленной в точке А, снять отсчет a_1 по средней горизонтальной нити сетки. Затем нивелир и рейку поменять местами (рис. 3.9 б), измерить высоту инструмента i_2 на второй станции и снять отсчет по рейке b_1 .

Если визирная ось нивелира не горизонтальна, то в оба отсчета по рейке войдет ошибка x , которую определяют по формуле

$$x = \frac{a_1 + b_1}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} .$$

Ошибка x за непараллельность визирной оси и оси цилиндрического уровня равна полусумме отсчетов по рейке минус полусумма высот инструмента.

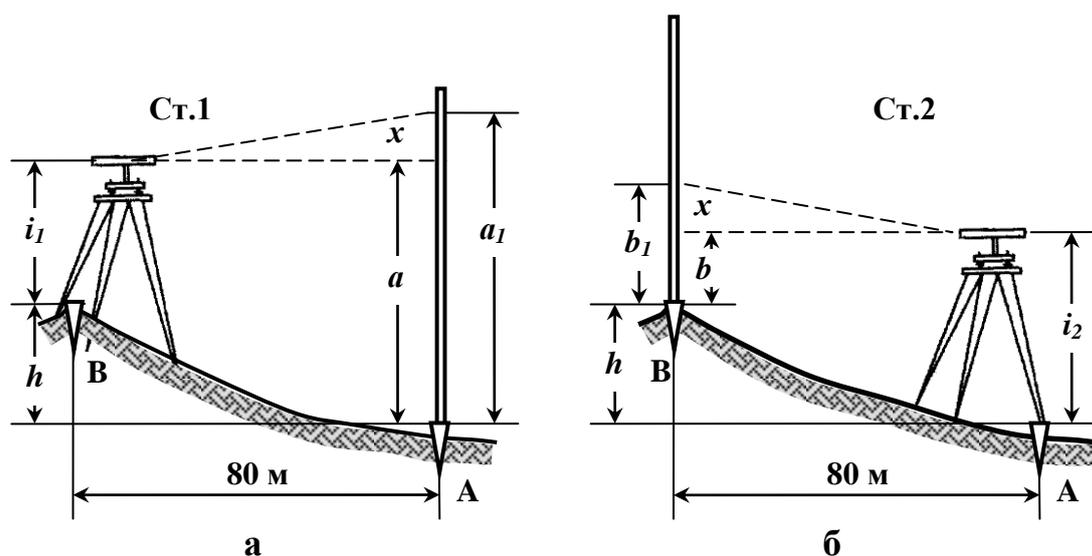


Рисунок 3.9 – Схема проверки главного условия нивелиров по способу вперед

Если абсолютная величина ошибки $|x| \leq 4$ мм, то главное условие выполнено и нивелир считается пригодным к работе, а если $|x| > 4$ мм, то выполняют юстировку. Для этого нужно вычислить правильный отсчет по формуле $b = b_1 - x$ и, вращая элевационный винт, привести на него среднюю горизонтальную нить сетки, при этом пузырек цилиндрического уровня сойдет с середины и оптический контакт изображений половинок концов пузырька нарушится. Затем ослабить с помощью шпильки боковые юстировочные винты цилиндрического уровня и, вращая вертикальные юстировочные винты в противоположные стороны, установить контакт изображений половинок концов пузырька. Затянуть до упора боковые юстировочные винты и проверку повторить.

Проверки и юстировки нивелиров с компенсаторами (Н-3К)

Проверка круглого уровня (проверка № 1).

Условие проверки: *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Проверка выполняется аналогично уровенным нивелирам.

Проверка правильности установки сетки нитей (проверка № 2).

Условие проверки: *Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Проверка выполняется аналогично уровенным нивелирам.

Проверка главного условия нивелиров с компенсаторами (проверка № 3).

Условие проверки: *Линия визирования должна быть горизонтальна.*

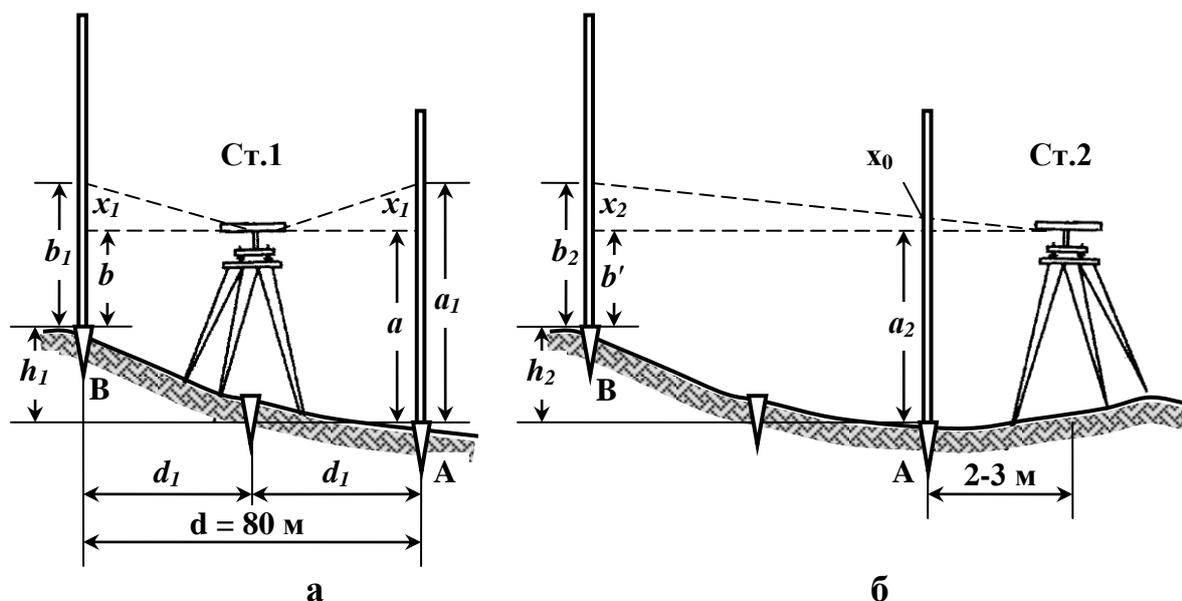


Рисунок 3.10 – Схема проверки главного условия нивелиров по способу из середины и вперед

На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить металлическими костылями или деревянными колышками с вбитыми в торец гвоздями (рис. 3.10) и выполнить нивелирование сначала из середины на первой станции, а затем по способу вперед на второй станции.

Для этого точно посередине между рейками A и B установить нивелир на первой станции (рис. 3.10 а), привести его ось в отвесное положение, снять отсчеты по рейкам a_1 и b_1 и вычислить превышение по формуле

$$h_1 = a_1 - b_1$$

При этом, *инструментальная ошибка* x_1 за негоризонтальность линии визирования компенсируется, а превышение h_1 считается правильным.

Далее нивелир установить за одной из реек на второй станции (например, за точкой A , рис. 3.10 б) на расстоянии 2...3 м, снять отсчеты a_2 по ближней и b_2 по дальней рейкам и вычислить превышение по формуле

$$h_2 = a_2 - b_2$$

Отсчет a_2 по ближней рейке считается практически безошибочным, так как его погрешностью x_0 можно пренебречь по малости расстояния от нивелира до рейки. Если линия визирования не горизонтальна, то в отсчет b_2 по задней рейке войдет ошибка x_2 , которую определяют по формуле

$$x_2 = |h_2 - h_1|$$

Если абсолютная величина ошибки $|x_2| \leq 4$ мм, то главное условие выполнено и нивелир считается пригодным к работе, а если $|x_2| > 4$ мм, то выполняют юстировку. Для этого вычисляют правильный отсчет по дальней рейке $b' = a_2 - h_1$. Затем вращением исправительных винтов сетки нитей смещают среднюю горизонтальную нить на вычисленный отсчет. Для контроля проверку обязательно повторяют.

Поверка компенсатора (поверка № 4).

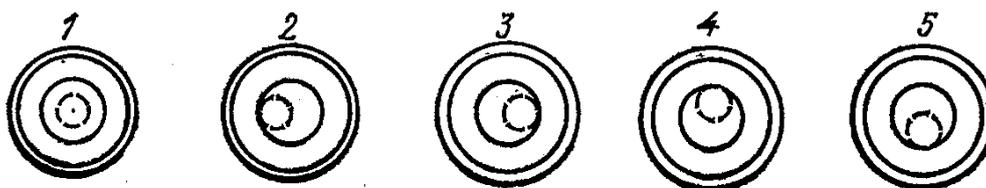
Условие поверки: Компенсатор должен быть исправен.

Привести ось вращения нивелира в отвесное положение, установить рейку на расстоянии 40-50 м от нивелира и снять по ней отсчет. Не убирая глаз от окуляра, слегка постучать по штативу. Изображение рейки при этом станет не четким из-за дрожания компенсатора. Если компенсатор исправен, то изображение рейки восстановится через 1-2 с, а отсчет по рейке останется неизменным. Неисправность компенсатора устраняется в оптико-механической мастерской.

Поверка компенсации углов наклона (поверка № 5).

Условие поверки: Компенсация углов наклона оси вращения должна быть полной.

Установить нивелир в середине створа между рейками, отстоящими друг от друга на расстоянии 100 м и выполнить нивелирование способом «из середины» пятью сериями в каждом из разных положений пузырька круглого уровня – при наклонах трубы вправо, влево, назад и вперед на предельный угол компенсации и без наклона (рис. 3.11). В каждой серии определить среднее значение превышений по одной стороне рейки.



1 – при горизонтальном положении линии визирования;
2 – при наклоне вправо; 3 – влево; 4 – назад; 5 – вперед

Рисунок 3.11 – Положение пузырька круглого уровня при выявлении недокомпенсации и перекомпенсации

Если средние значения превышений, полученные при положении пузырька круглого уровня 2, 3, 4, 5 отличаются от среднего превышения при положении 1 более чем на 5 мм, то прибор нуждается в заводской юстировке и должен быть направлен в оптико-механическую мастерскую.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает отработку технологических карт по вопросам занятия:

1. Устройство и установка нивелира Н-3 (Н-3К) на станции – ТК № 3.1.
2. Производство отсчетов по рейке и измерение расстояний нитяным дальномером – ТК №№ 3.2 – 3.3.
3. Полевые поверки и юстировки нивелира Н-3 (Н-3К) – ТК №№ 3.4 – 3.7.

3.1. Устройство и установка нивелира Н-3 (Н-3К) на станции

Технологическая карта № 3.1

УСТАНОВКА НИВЕЛИРА Н-3 (Н-3К) НА СТАНЦИИ

Время на исполнение: отлично – 3 мин.
хорошо - 5 мин.
удовлет. – 7 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1	Приведение оси прибора в отвесное положение	<ol style="list-style-type: none">1. Раскрыть штатив так, чтобы головка штатива находилась на уровне груди.2. Плавно нажимая на башмаки, заглубить ножки штатива в землю, следя, чтобы головка штатива была на глаз горизонтальна. Закрутить барашки.3. Извлечь из ящика нивелир, установить его на головку штатива и закрепить станковым винтом.4. Поставить зрительную трубу по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, вывести пузырек круглого уровня на среднюю линию.5. Вращая третий подъемный винт, вывести пузырек уровня в центр круга.
2	Установка трубы для наблюдений	Выполнить фокусировку зрительной трубы: сначала вращением ее диоптрийного кольца добиться резкого изображения сетки нитей, а затем вращением кремальеры – четкого изображения нивелирной рейки.

3.2. Производство отсчетов по рейке и измерение расстояний нитяным дальномером

Технологическая карта № 3.2 СНЯТИЕ ОТСЧЕТОВ ПО РЕЙКЕ

Время на исполнение: отлично – 3 мин.
хорошо - 5 мин.
удовлет. – 7 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Нивелирная рейка.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Производство отсчетов по рейке	<ol style="list-style-type: none">1. Установить нивелир на штатив и привести ось прибора в отвесное положение.2. Установить рейку в произвольной точке, удаленной от нивелира примерно на 40-50 м и держать ее неподвижно, по возможности вертикально.3. Навести зрительную трубу на рейку грубо с помощью мушки и целика, и закрепить ее зажимным винтом.4. Глядя в зрительную трубу и, вращая кремальеру, добиться четкого изображения рейки.5. Действуя наводящим винтом зрительной трубы, совместить вертикальную нить сетки нитей с осью рейки.6. Вращением элевационного винта (у нивелира Н-3) совместить концы половинок пузырька цилиндрического уровня и снять отсчет по качающейся рейке по средней горизонтальной нити сетки нитей. <p><u>Примечание:</u> У нивелира Н-3К элевационный винт отсутствует, т.к. линия визирования автоматически приводится в горизонтальное положение. Поэтому отсчет снимается сразу же после совмещения вертикальной нити сетки с осью рейки.</p>
2.	Повторение	Установить нивелирную рейку в новых местах и повторить производство отсчетов

Технологическая карта № 3.3

ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ НИТЯНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ

Время на исполнение: отлично – 2 мин.
хорошо – 3 мин.
удовлет. – 5 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 или Н-3К (теодолит 2Т-30) в комплекте.
2. Нивелирная рейка – 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить нивелир (теодолит) на станции и привести в рабочее положение. <p><u>Примечание:</u> Если расстояние измеряется теодолитом, то сначала необходимо измерить высоту инструмента (высоту горизонтальной оси трубы над срезом кола) с точностью 0,5 см при помощи рейки. Для этого нужно рядом с прибором установить рейку обращенную черной стороной к кремальере. Далее, на уровне черной точки в центре кремальеры карандашом сделать метку на рейке. Высота инструмента будет равна отсчету по рейке от ее пятки до карандашной метки.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Установить рейку в произвольной точке, примерно на расстоянии 30-40 м от нивелира (теодолита) и держать ее неподвижно, по возможности вертикально.
2	Измерение расстояний по дальномерным нитям	<ol style="list-style-type: none"> 1. При измерении нивелиром навести центр сетки нитей на середину рейки, а при измерении теодолитом - среднюю нить сетки нитей на отсчет по рейке, равный высоте инструмента. 2. Снять отсчеты по рейке с помощью дальномерных нитей: сначала по нижней (n_1, мм), затем по верхней (n_2, мм). (например, $n_1 = 1652$; $n_2 = 1012$). 3. Вычислить расстояние до рейки как разность между снятыми отсчетами по формуле $D = 100 (n_1 - n_2)$ <p><u>Пример:</u> $D = 100 (1652 - 1012) = 64000 \text{ мм} = 64 \text{ м}$</p>
3	Повторение	Установить нивелирную рейку в новых местах и повторить измерение расстояний.

3.3. Полевые поверки и юстировки нивелира Н-3 (Н-3К)

Технологическая карта № 3.4

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА КРУГЛОГО УРОВНЯ НИВЕЛИРА Н-3 (Н-3К)

Условие поверки: *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Техническое условие: *Отклонение пузырька уровня от середины не должно превышать допустимой дуги отклонения.*

Время на исполнение: отлично – 3 мин.
хорошо - 5 мин.
удовлет. – 7 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка круглого (установочного) уровня	<ol style="list-style-type: none">1. Установить прибор на штатив и привести его ось в отвесное положение.2. Установить зрительную трубу по направлению двух подъемных винтов и, при необходимости, вращением подъемных винтов вывести пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Повернуть верхнюю часть прибора на 180°. Если после этого пузырек остался в нуль-пункте, то условие выполнено.3. Если пузырек уровня выходит за допустимую дугу отклонения, то необходимо произвести юстировку.
2.	Юстировка круглого уровня	<p><u>Первый прием:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Установить зрительную трубу по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в противоположные стороны, переместить отклонившийся пузырек к средней линии на половину его отклонения.2. Устранить другую половину отклонения с помощью двух исправительных (юстировочных) винтов, вращая их также в противоположные стороны. <p><u>Второй прием:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Переместить пузырек к центру на половину отклонения третьим исправительным (юстировочным) винтом.2. Устранить другую половину отклонения третьим подъемным винтом.3. Юстировку выполнять пока пузырек не будет оставаться в центре при любом положении зрительной трубы.

Технологическая карта № 3.5

ПОВЕРКА И ЮСТИРОВКА СЕТКИ НИТЕЙ НИВЕЛИРА Н-3 (Н-3К)

Условие поверки: *Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения инструмента.*

Время на исполнение: отлично – 2 мин.
хорошо – 3 мин.
удовлет. – 5 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К), установленный на станции.

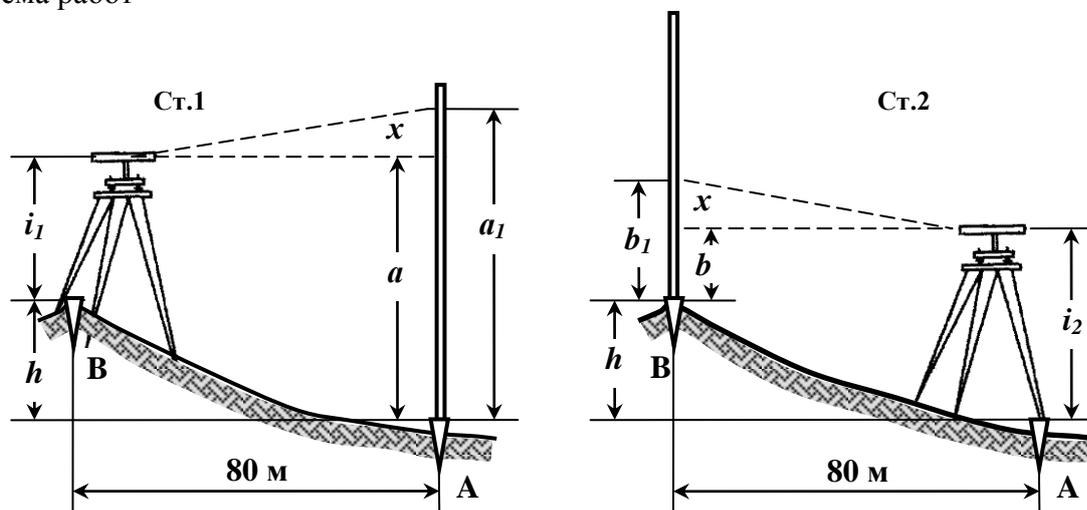
№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Поверка сетки нитей наведением трубы на точку (первый способ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Привести ось прибора в отвесное положение. 2. Навести левый или правый конец средней горизонтальной нити сетки на какую-либо неподвижную точку (шляпку гвоздя и т.д.), расположенную на расстоянии 20-30 м от прибора. 3. Плавно вращая наводящий винт бесконечного действия, переместить нить в горизонтальной плоскости, наблюдая при этом за положением точки – точка скользит по горизонтальной нити. 4. Если изображение точки не сходит с горизонтальной нити, то условие выполнено. В противном случае необходимо выполнить юстировку.
2.	Поверка сетки нитей с помощью отвеса (второй способ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. В защищенном от ветра месте на расстоянии 25-30 м от прибора на тонком шнуре закрепить отвес. 2. Привести ось прибора в отвесное положение и совместить один из концов вертикальной нити сетки со шнуром отвеса. 5. Если другой конец нити совпадает со шнуром отвеса или отходит не более 0,5 мм, то условие считается выполненным. В противном случае необходимо провести юстировку.
3.	Юстировка (регулировка сетки нитей)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снять предохранительный колпачок в окулярной части зрительной трубы. 2. Ослабить крепежные винты металлической пластины сетки нитей и повернуть ее вокруг визирной оси до совмещения вертикальной нити со шнуром отвеса. 3. Зажать торцевые винты и надеть защитный колпачок.
4.	Контроль	Выполнить повторную поверку правильности установки сетки нитей, а при необходимости – ее повторную регулировку.

Технологическая карта № 3.6

ПОВЕРКА ГЛАВНОГО УСЛОВИЯ УРОВЕННОГО НИВЕЛИРА Н-3

Условие поверки: *Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.*

Схема работ



Техническое условие: *Ошибка инструмента «x» по абсолютной величине не должна превышать 4 мм.*

Время на исполнение: отлично – 20 мин.
хорошо - 25 мин.
удовлет. – 30 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 со штативом.
2. Нивелирная рейка - 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Нивелирование на первой станции	<ol style="list-style-type: none"> 1. На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить деревянными кольшками с вбитыми в торец гвоздями. 2. Установить нивелир на первой станции так, чтобы окуляр по отвесной линии находился над точкой В. 3. Привести ось вращения прибора в отвесное положение и измерить высоту инструмента i_1 с точностью 2 мм при помощи рейки. <p><u>Примечание:</u> Для измерения высоты инструмента нужно на кольшек в точке его установки поставить отвесно рейку обращенную черной стороной к окуляру. Далее, на уровне центра окуляра карандашом сделать метку на рейке. Высота инструмента будет равна отсчету по рейке от ее пятки до карандашной метки.</p>

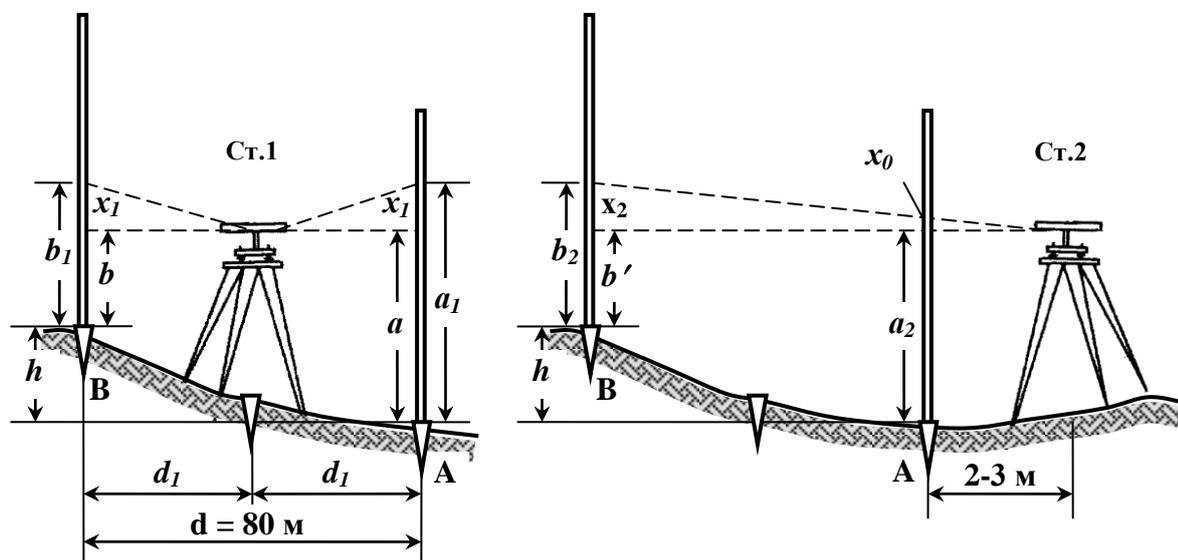
№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<ol style="list-style-type: none"> 4. Установить рейку на кольшке в точке A вертикально без покачивания и навести на нее зрительную трубу. 5. Вращением элевационного винта совместить концы половинок пузырька цилиндрического уровня и снять отсчет a_1 по рейке по средней горизонтальной нити. 6. Нивелир и рейку поменять местами и выполнить нивелирование на второй станции.
2.	Нивелирование на второй станции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перенести нивелир на вторую станцию, аналогично установив его над точкой A, и измерить высоту инструмента i_2. 2. Установить рейку на кольшке в точке B вертикально без покачивания, навести на нее зрительную трубу и снять отсчет b_1. 3. Вычислить ошибку x прибора по формуле $x = \frac{a_1 + b_1}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} .$ 4. Если абсолютная величина ошибки $x \leq 4$ мм, то главное условие выполнено и нивелир считается пригодным к работе. В противном случае необходимо выполнить юстировку.
3.	Юстировка главного условия (регулировка цилиндрического уровня трубы)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислить правильный отсчет, какой должен был бы быть на второй станции, если бы уровень был исправным, по формуле $b = b_1 - x .$ 2. Вращением элевационного винта установить по рейке вычисленный отсчет, при этом пузырек цилиндрического уровня сойдет с середины и оптический контакт изображений половинок концов пузырька нарушится. 3. Снять крышку люка на торцевой стороне (со стороны окуляра) коробки уровня и слегка ослабить с помощью шпильки боковые юстировочные винты уровня. 4. Парой вертикально расположенных юстировочных винтов установить контакт изображений половинок концов пузырька (привести пузырек уровня на середину) путем их вращения в противоположные стороны. 5. Затянуть до упора боковые юстировочные винты, закрыть люк крышкой и поверку повторить.
4.	Контроль	Выполнить повторную поверку, а при необходимости – повторную регулировку цилиндрического уровня

Технологическая карта № 3.7

ПОВЕРКА ГЛАВНОГО УСЛОВИЯ НИВЕЛИРА С КОМПЕНСАТОРОМ Н-3К

Условие поверки: *Линия визирования должна быть горизонтальна.*

Схема работ



Техническое условие: *Ошибка инструмента «х» по абсолютной величине не должна превышать 4 мм.*

Время на исполнение: отлично – 20 мин.
хорошо – 25 мин.
удовлет. – 30 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3К со штативом.
2. Нивелирная рейка - 2 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Нивелирование на первой станции	<ol style="list-style-type: none"> 1. На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить деревянными колышками с вбитыми в торец гвоздями. 2. Точно посередине в створе между точками А и В установить нивелир на первой станции и привести ось вращения прибора в отвесное положение. 3. Установить рейки на колышках в точках А и В вертикально без покачивания и поочередно снять отсчеты a_1 и b_1. 4. Вычислить превышение между точками А и В по формуле $h_1 = a_1 - b_1.$ 5. Нивелир и рейку поменять местами и выполнить нивелирование на второй станции.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
2.	Нивелирование на второй станции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перенести нивелир на вторую станцию, установить его за одной из реек на расстоянии 2...3 м от нее (например, в точке <i>A</i>), привести ось вращения прибора в отвесное положение и аналогично снять отсчеты a_2 по ближней и b_2 по дальней рейкам. 2. Вычислить превышение между точками <i>A</i> и <i>B</i> по формуле $h_2 = a_2 - b_2 .$ 3. Вычислить ошибку x_2 прибора по формуле $x_2 = h_2 - h_1 .$ 4. Если абсолютная величина ошибки $x_2 \leq 4$ мм, то главное условие выполнено и нивелир считается пригодным к работе. В противном случае необходимо выполнить юстировку.
3.	Юстировка главного условия (регулировка цилиндрического уровня трубы)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислить правильный отсчет, какой должен был бы быть на второй станции, если бы линия визирования была горизонтальной, по формуле $b' = a_2 - h_1 .$ 2. Снять предохранительный колпачок в окулярной части зрительной трубы. 3. Вращением вертикальных юстировочных винтов сетки нитей в противоположные стороны, сместить среднюю нить на вычисленный отсчет по рейке. 4. Для контроля поверку, а при необходимости юстировку, повторить.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ**

Учебные цели:

1. Изучить порядок составления ведомости координат и построения плана полигона по координатам и румбам.
2. Формировать понимание важности съемочного обоснования для топографических работ.

Отрабатываемые вопросы:

1. Составление ведомости координат.
2. Накладка полигона по координатам.
3. Выдача контрольно-домашнего задания.

Приборы и принадлежности:

- инженерные микрокалькуляторы - 1 на стол;
- геодезический транспортир – 1 шт. каждому;
- циркуль-измеритель – 1 шт. каждому;
- универсальные геодезические таблицы;
- линейка Дробышева;
- чертежные принадлежности.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Порядок вычисления угловой невязки в полигоне и ее допустимая величина.
2. Порядок вычисления и контроля дирекционных углов.
3. Порядок вычисления приращений координат и линейной невязки по осям координат.
4. Порядок вычисления абсолютной и относительной невязок в периметре полигона.
5. Увязка приращений координат и вычисление координат точек полигона.
6. Порядок построения координатной сетки и нанесения вершин полигона на план по координатам.

4. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Вычислительная и графическая обработка теодолитной съемки служит для получения контурного плана какого-либо участка в заданном масштабе. Она включает последовательное выполнение следующих операций:

- составление координатной ведомости на основании полевых журналов;
- построение координатной сетки;
- нанесение на план точки рабочей основы по координатам и перенесение с абрисов контуров предметов и местной ситуации в условных знаках, принятых для данного масштаба плана.

При составлении ведомости координат (табл. 4.1) уравнивание углов и линий производится отдельно с обязательным контролем вычислений. Построение координатной сетки может быть выполнено с помощью линейки Дробышева или же циркуля-измерителя. Сетка подписывается по осям X и Y в соответствии с масштабом плана. В соответствии с координатами вершин сетки квадратов на план наносятся точки рабочей основы по их координатам.

Вычислительная обработка теодолитной съемки. Составление ведомости координат сомкнутого полигона

Увязка углов полигона.

В первую графу ведомости (табл. 4.1) записываются по порядку номера всех внутренних углов полигона, а из угломерного журнала во вторую графу выписываются величины этих углов. Затем подсчитывается сумма измеренных углов $\sum\beta_{изм}$ и записывается внизу второй графы под общей чертой.

С геометрической точки зрения сомкнутый полигон представляет собой многоугольник, сумма внутренних углов которого определяется по формуле, известной из геометрии

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

где n - число сторон многоугольника.

Разность между суммой измеренных углов (итог по графе 2) и теоретической суммой ($\sum\beta_m$) будет представлять угловую невязку f_{β} .

$$f_{\beta} = \sum\beta_{изм} - \sum\beta_{теор}$$

В нашем примере $f_{\beta} = -1',5$. Эту невязку надо распределить на все углы. Но прежде чем распределять какую бы то ни было невязку, надо определить, допустима ли она (не является ли ее величина результатом влияния грубых ошибок, имеющих в измерениях или в вычислениях). Допустимые невязки в геодезии устанавливаются по особым правилам теории погрешности измерений. Угловая невязка определяется по формуле

$$\partial_{оп} f_{\beta} = \pm 2m_{\beta} \sqrt{n},$$

где: m_{β} - средняя квадратическая ошибка измерения угла (точность прибора).

Таблица 4.1 – Пример составления ведомости координат сомкнутого полигона

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№ п/п	Углы		Дирекционные углы	Румбы	Горизонтальные проложения	Приращения координат				Координаты		№ п/п
	измеренные	указанные				вычисленные		указанные		X	Y	
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	125°42',5	125°42',5	343°22'	СЗ: 16°38'	462,80	+1 +443,43	-16 -132,47	+443,44	-132,63	+56,56	+632,63	1
2	144°52'	144°52'	18°30'	СВ: 18°30'	386,38	-366,41	+122,60	+366,41	+122,47	+500,00	+500,00	2
3	111°46' +0,5	111°46'	86°44'	СВ: 86°44'	301,63	+17,19	+301,14	+17,19	+301,04	+866,41	+622,47	3
4	137°09' +0,5	137°09',5	129°34',5	ЮВ: 50°25',5	284,26	-181,10	+219,10	-181,10	+219,00	+883,60	+923,51	4
5	193°06' +0,5	193°06',5	116°28'	ЮВ: 63°32'	276,12	-123,06	+247,18	-123,06	+247,09	+702,50	+1142,51	5
6	84°33',5	84°34'	211°54'	ЮЗ: 31°54'	391,90	-332,71	-207,09	-332,71	-207,22	+579,44	+1389,80	6
7	189°16'	189°16'	202°38'	ЮЗ: 22°38'	380,00	-332,27	-138,54	-332,27	-138,66	+246,73	+1182,38	7
8	93°33',5	93°33',5	289°04',5	СЗ: 70°55',5	434,82	+142,10	-410,94	+142,10	-411,09	-85,54	+1043,72	8
1	1079°58',5 1080°	1080°			2897,91	+969,13 -969,14 -0,01	+890,02 -889,04 +0,98	0	0			1

$$f_x = -1',5$$

$$\text{дон } f_x = -1' \cdot \sqrt{8} = -2',8$$

$$f_y = \sqrt{(-0,01)^2 + 0,98^2} = +0,98$$

$$\text{дон } f_y = \frac{2897,91}{2000} = +1,45$$

Для теодолита 2Т-30 $m_\beta = 0,5$;

n - число вершин полигона.

Для теодолита 2Т-30 $\text{доп } f_\beta = \pm 1' \sqrt{n}$.

Если фактическая угловая невязка превышает допустимую, т.е. не выполняется условие

$$f_\beta \leq \text{доп } f_\beta,$$

то надо проверить правильность вычислений углов в полевом журнале или выполнить повторные измерения.

Фактическую угловую невязку, если она допустима, распределяют на все углы поровну в виде поправок, но с обратным знаком

$$\delta = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Однако фактическая невязка очень редко делится на n без остатка. Тогда возникает необходимость в одни углы вводить большие поправки, чем в другие. Так как углы, заключенные между короткими сторонами, измеряются с большей ошибкой, то в них и вводятся большие поправки. В нашем примере поправки введены в три угла с наиболее короткими сторонами.

Сумма поправок в углы должна точно равняться невязке, взятой с обратным знаком

$$\sum \delta = -f_\beta.$$

Сумма увязанных углов (итог графы 3) должна равняться теоретической сумме углов $\sum \beta_{\text{теор}}$.

Вычисление дирекционных углов, перевод их в румбы и проверка вычислений.

Для получения координат точек полигона нужно знать дирекционные углы и горизонтальные проложения линий. Зная дирекционный угол одной стороны, можно вычислить дирекционные углы всех остальных сторон полигона (хода).

В нашем примере в качестве исходного дирекционного угла взят магнитный азимут стороны 2-3, определенный по буссоли и равный $18^{\circ}30'$ (см. табл.4.1).

Дирекционные углы остальных линий полигона вычисляются по формуле

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + 180^{\circ} - \beta_n,$$

т.е. дирекционный угол α последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус внутренний угол между этими сторонами (лежащий вправо по ходу).

Вычисленные дирекционные углы переводят в румбы

Румбом r называется острый горизонтальный угол между ближайшим (северным или южным) исходным направлением меридиана и направлением данной линии.

Перевод дирекционных углов в румбы выполняют по определенным зависимостям (рис. 4.1):

а) дирекционный угол до 90^0 , линия идет на северо-восток.

Тогда $r_1 = \alpha_1$;

б) дирекционный угол от 90^0 до 180^0 , линия идет на юго-восток.

Тогда $r_2 = 180^0 - \alpha_2$;

в) дирекционный угол от 180^0 до 270^0 , линия идет на юго-запад.

Тогда $r_3 = \alpha_3 - 180^0$;

г) дирекционный угол от 270^0 до 360^0 , линия идет на северо-запад.

Тогда $r_4 = 360^0 - \alpha_4$;

Вычисления дирекционных углов удобно вести столбцом (рис. 4.2). Контролем вычислений будет получение значения исходного дирекционного угла.

Вычисленные дирекционные углы и румбы переносятся в координатную ведомость в четвертую и пятую графы.

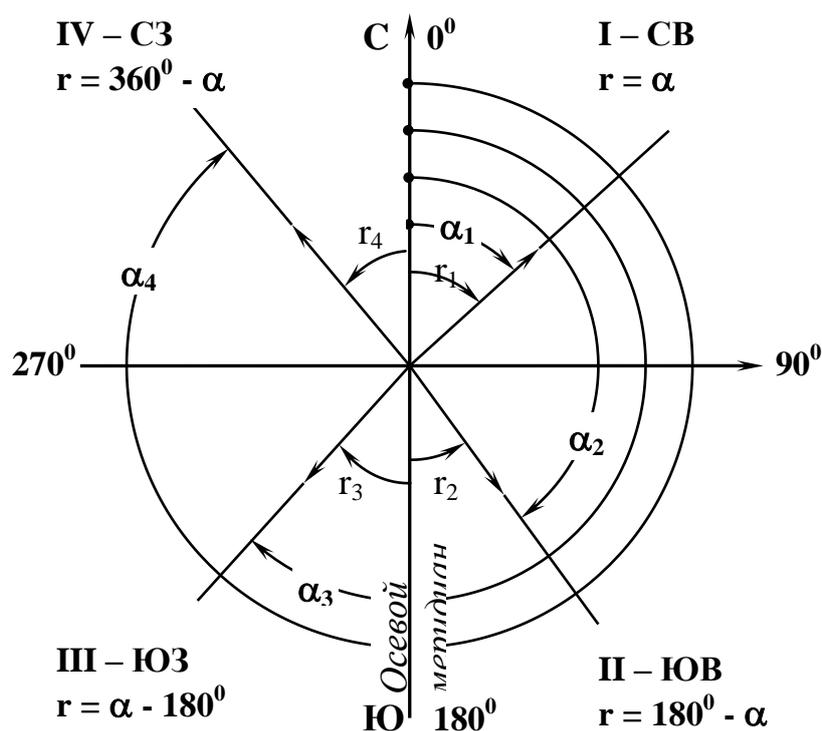


Рисунок 4.1 – Связь между дирекционными углами и румбами

$\alpha_{2-3} =$	$\begin{array}{r} + 18^0 30' \\ + 180^0 00' \\ \hline 198^0 30' \end{array}$	$CB: 18^0 30'$
$\beta_3 =$	$\begin{array}{r} - 111^0 46' \\ \hline \end{array}$	
$\alpha_{3-4} =$	$\begin{array}{r} + 86^0 44' \\ + 180^0 00' \\ \hline 266^0 44' \end{array}$	$CB: 86^0 44'$
$\beta_4 =$	$\begin{array}{r} - 137^0 09,5 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 180^0 00' \\ - 129^0 34,5 \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{4-5} =$	$\begin{array}{r} + 129^0 34,5 \\ + 180^0 00' \\ \hline 309^0 34,5 \end{array}$	$ЮВ: 50^0 25,5$
$\beta_5 =$	$\begin{array}{r} - 193^0 06,5 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 180^0 00' \\ - 116^0 28' \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{5-6} =$	$\begin{array}{r} + 116^0 28' \\ + 180^0 00' \\ \hline 296^0 28' \end{array}$	$ЮВ: 63^0 32'$
$\beta_6 =$	$\begin{array}{r} - 84^0 34' \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 211^0 54' \\ - 180^0 00' \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{6-7} =$	$\begin{array}{r} + 211^0 54' \\ + 180^0 00' \\ \hline 391^0 54' \end{array}$	$ЮЗ: 31^0 54'$
$\beta_7 =$	$\begin{array}{r} - 189^0 16' \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 202^0 38' \\ - 180^0 00' \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{7-8} =$	$\begin{array}{r} + 202^0 38' \\ + 180^0 00' \\ \hline 382^0 38' \end{array}$	$ЮЗ: 22^0 38'$
$\beta_8 =$	$\begin{array}{r} - 93^0 33,5 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 360^0 00' \\ - 289^0 04,5 \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{8-1} =$	$\begin{array}{r} + 289^0 04,5 \\ + 180^0 00' \\ \hline 469^0 04,5 \end{array}$	$СЗ: 70^0 55,5$
$\beta_1 =$	$\begin{array}{r} - 125^0 42,5 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} - 360^0 00' \\ - 343^0 22' \\ \hline \end{array}$
$\alpha_{1-2} =$	$\begin{array}{r} + 343^0 22' \\ + 180^0 00' \\ \hline 523^0 22' \end{array}$	$СЗ: 16^0 38'$
$\beta_2 =$	$\begin{array}{r} - 144^0 52' \\ \hline \end{array}$	Контрольные вычисления
$\alpha_{2-3} =$	$\begin{array}{r} - 378^0 30' \\ - 360^0 00' \\ \hline 18^0 30' \end{array}$	

Рисунок 4.2 – Пример вычисления дирекционных углов и перевод их в румбы

Вычисление горизонтальных проложений линий.

Для составления планов необходимо пользоваться горизонтальными проложениями линий, а не их длинами на местности. Поэтому при вычислениях учитывается наклон линии к горизонту.

В любом случае горизонтальное проложение меньше длины наклонной линии.

Горизонтальные проложения вычисляются по формулам или путем введения табличных поправок:

а) при измерении линии оптическим дальномером

$$d = 100 (n_2 - n_1) \cos^2 \nu$$

или

$$d = 100 (n_2 - n_1) - \Delta D_\nu$$

$$\Delta D_\nu = 100 (n_2 - n_1) (1 - \cos^2 \nu) = 100 (n_2 - n_1) \sin^2 \nu.$$

где n_2 и n_1 - соответственно отсчеты по нижней и верхней дальномерным нитям;

ν - угол наклона линии;

ΔD_ν - поправка за наклон линии к горизонту.

б) при измерении линии мерными лентами

$$d = L - \Delta L_\nu$$

$$\Delta L_\nu = 2 \cdot L \cdot \sin^2 \frac{\nu}{2}$$

или

$$d = L \cdot \left(1 - 2 \cdot \sin^2 \frac{\nu}{2} \right)$$

где L - длина линии, измеренная лентой;

ν - угол наклона линии;

ΔL_ν - поправка за наклон линии к горизонту.

Если угол наклона линии менее $1^{\circ}5'$, то поправка за ее наклон к горизонту не учитывается и горизонтальное проложение принимается равным длине линии на местности. Очень часто по наклонной местности проходит не вся линия, а только часть ее, поэтому только в эти длины линии вводятся поправки за наклон. В нашем примере стороны 2-3 и 6-7 имеют углы наклона.

Вычисленные горизонтальные проложения вписываются в шестую графу ведомости координат и подсчитывается сумма сторон (периметр) полигона.

Вычисление приращений координат.

Координаты вершин полигона (хода) вычисляются посредством приращений координат, которые в свою очередь вычисляются по формулам

$$\Delta X = d \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta Y = d \cdot \sin \alpha$$

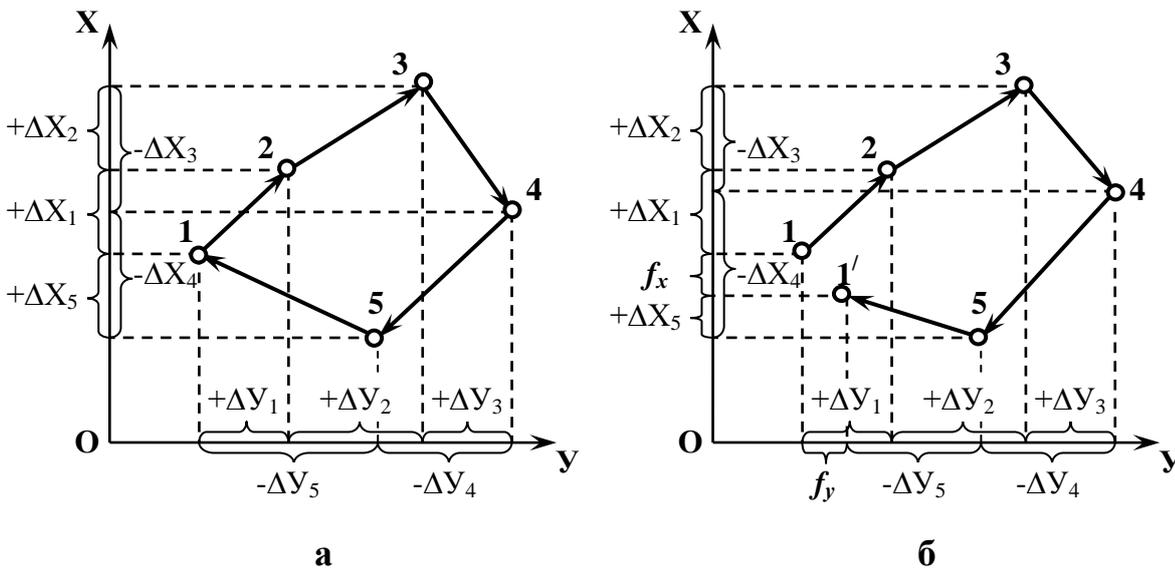
Результаты вычислений записываются в седьмую (ΔX) и восьмую (ΔY) графы. Наиболее быстро приращения координат вычисляются при помощи вычислительных машин и микрокалькуляторов. Для вычисления приращения координат применяются также специальные таблицы, например, «Таблицы для вычисления прямоугольных координат» Ф.Гаусса и многие другие.

По каждой графе приращений координат вычисляется их сумма и итоговые значения записываются под чертой.

Увязка приращений координат.

Если бы результаты измерения углов и линий полигона, а также построенный их на плане были точными, то, нанося полигон по углам и линиям от точки *1* (рис. 4.3 а) пришли бы в точности в ту же точку *1*. Спроектировав все линии полигона на оси координат и отметив на них положительные приращения координат по одну сторону оси, а отрицательные – по другую, наглядно видно, что по каждой оси суммы положительных и отрицательных приращений по абсолютной величине равны. Следовательно, в сомкнутом полигоне *теоретически алгебраическая сумма приращений координат по каждой оси равна нулю.*

$$\Sigma \Delta X_{теор} = 0; \quad \Sigma \Delta Y_{теор} = 0$$



а – теоретически; б - фактически
Рисунок 4.3 – Приращения координат

В действительности же результаты измерений углов и линий имеют ошибки, вследствие которых суммы приращений по осям координат не равны нулю (рис. 4.3 б)

$$\Sigma \Delta X_{\text{выч}} \neq 0; \quad \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} \neq 0 ,$$

а невязки в приращениях координат по каждой оси будут равны

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч}} - \Sigma \Delta X_{\text{теор}},$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} - \Sigma \Delta Y_{\text{теор}},$$

или

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч}} ,$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} .$$

Для нашего примера $f_x = - 0,01 \text{ м}$, $f_y = + 0,98 \text{ м}$.

Прежде чем распределить невязки, надо убедиться в их допустимости, судя не по каждой отдельной невязке f_x и f_y , а по невязке в периметре – *абсолютной линейной невязке* (рис. 4.4)

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

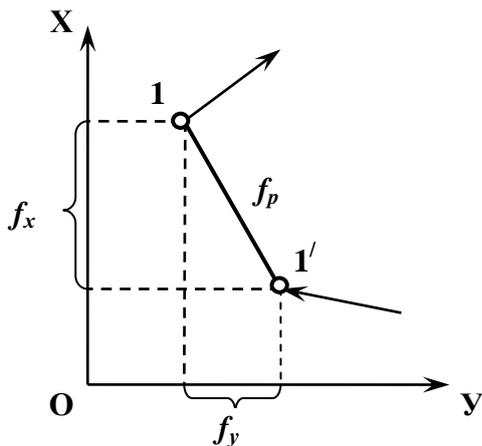


Рисунок 4.4 – Абсолютная линейная невязка

Абсолютная невязка f_p главным образом зависит от периметра полигона. Чем больше периметр, тем большую невязку следует в нем ожидать. Поэтому и допустимость невязки определяется в зависимости от периметра полигона. Невязка в периметре теодолитного хода при средних условиях измерения линий считается допустимой, если она не превышает $1/2000$ периметра P , т.е.

$$\text{доп } f_p = \frac{P}{2000} .$$

Должно выполняться условие

$$f_p \leq \text{доп } f_p ,$$

или

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{2000} .$$

Отношение $\frac{f_p}{P}$ является *относительной линейной невязкой*.

Если относительная линейная невязка оказалась допустимой, то невязки по осям координат f_x и f_y распределяются в виде поправок на все приращения (по соответствующей оси) с обратным знаком и пропорционально горизонтальным проложениям линий

$$\delta_{x,i} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_i ,$$

$$\delta_{y,i} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_i .$$

Сумма поправок в приращения по каждой оси должна равняться соответствующей невязке, взятой с обратным знаком

$$\Sigma \delta_x = -f_x ,$$

$$\Sigma \delta_y = -f_y .$$

Полученные поправки алгебраически прибавляются к соответствующим приращениям и уже увязанные приращения координат записываются в графы 9 и 10 ведомости.

Сумма увязанных приращений по каждой оси должна равняться теоретической сумме приращений

$$\Sigma \Delta X_{испр} = \Sigma \Delta X_{теор} = 0 ,$$

$$\Sigma \Delta Y_{испр} = \Sigma \Delta Y_{теор} = 0 ,$$

в чем необходимо убедиться, подсчитав их и записав результаты под чертой девятой и десятой граф ведомости.

Вычисление координат точек полигона.

После увязки приращений по известным координатам одной из точек вычисляются и записываются в графы 11 и 12 координаты всех остальных точек полигона по формулам

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр.,i} ,$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр.,i} .$$

Координата последующей точки равна координате предыдущей точки плюс исправленное приращение на линию между этими точками.

В нашем примере такой точкой является точка 2, совмещенная с началом произвольной (частной) системы прямоугольных координат.

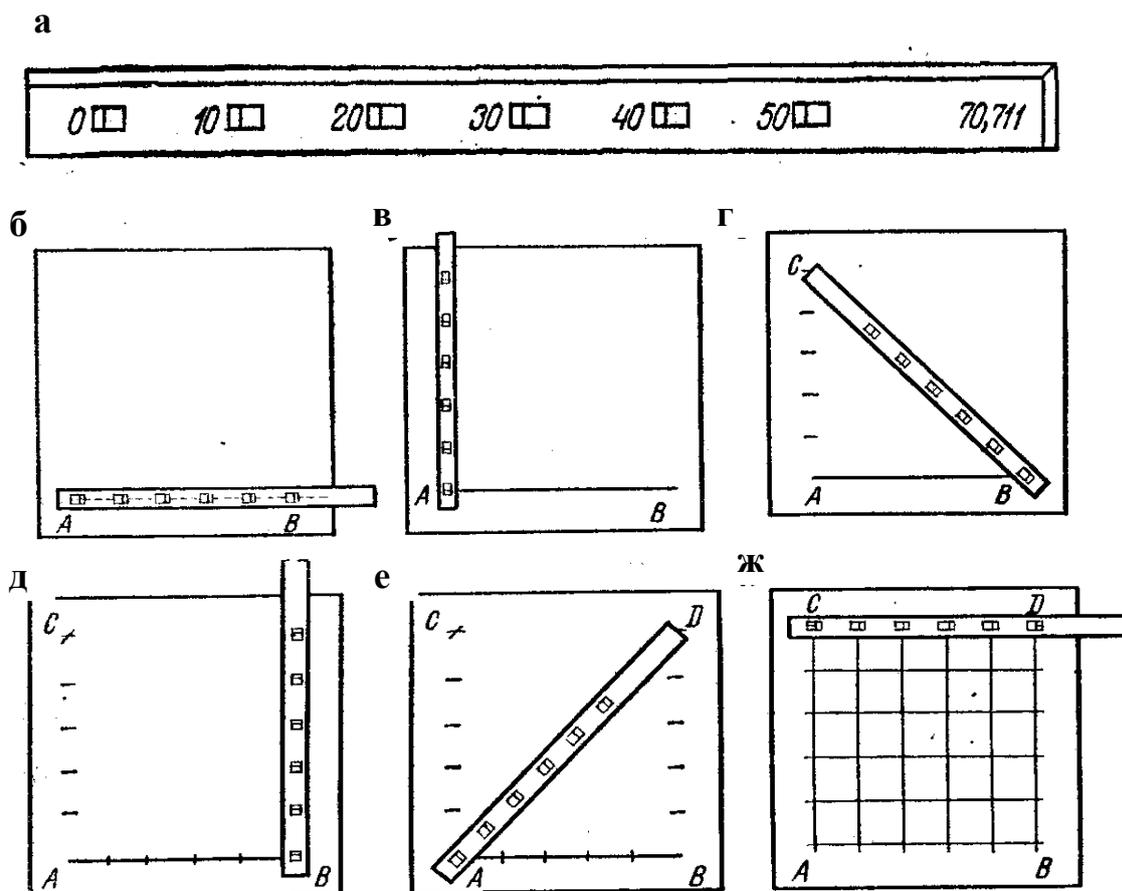
Контролем вычисления координат служит то, что, последовательно вычисляя координаты точек полигона, должны получиться координаты исходной точки, так как сумма увязанных приращений равна нулю.

Графическая обработка теодолитной съемки.
Построение координатной сетки и составление плана

Координатную сетку строят с помощью линейки Дробышева. Одной из разновидностей этой линейки является линейка ЛД-1 (рис. 4.5 а), предназначенная для построения сетки из двенадцати (3x4) или двадцати пяти (5x5) квадратов. Она изготовлена из металла и имеет шесть окошек - вырезов. Два ребра ее (одно из длинных и торцевое в конце линейки) скошены для прочерчивания линий карандашом.

В каждом окошке также имеется скошенный край для прочерчивания по нему короткой линии. На скошенном крае выреза 0, сделанном по прямой, нанесен штрих, конечная точка которого, лежащая в нижней плоскости линейки, является центром дуг окружностей радиусами 10, 20, 30, 40 и 50 см, по которым сделаны скошенные края остальных окошек. Скошенный край торца линейки обработан по дуге окружности радиусом 70, 711 см (длина диагонали квадрата со сторонами по 50 см).

Построение координатной сетки делают простым остро отточенным твердым карандашом.



а – общий вид; б, в, г, д, е, ж – последовательность операций при построении координатной сетки

Рисунок 4.5 – Линейка Дробышева ЛД-1

При построении сетки 3x4 квадратов используют свойства египетского треугольника. По скошенному ребру линейки на расстоянии 6-8 см от нижнего края листа проводят тонкую прямую линию. Затем на расстоянии 7-9 см от левого края листа накладывают на эту линию линейку нулевым штрихом, направляя ее так (рис. 4.5 б), чтобы во всех окошках была видна проведенная линия. По скошенному краю первого окошка прочерчивают короткий штрих, пересекающий прямую линию в точке *A*. Затем по скошенным краям остальных окошек проводят дуги радиусами 10, 20 и 30 см, получают три равных отрезка по 10 см.

Кладут линейку примерно перпендикулярно к линии *AB*, совмещая конец нулевого штриха линейки с точкой *A* (рис. 4.5 в). По скошенным краям четырех окошек проводят дуги радиусами 10, 20, 30 и 40 см. Теперь, совместив конец нулевого штриха с точкой *B*, засекают скошенным краем окошка 50 точку *C* (рис. 4.5 г) и получают левую верхнюю вершину прямоугольника со сторонами 30 и 40 см.

Аналогично в пересечении дуг радиусом 40 см с центром в точке *B* (рис. 4.5 д) и радиусом 50 см с центром в точке *A* (рис. 4.5 е) находят верхнюю правую вершину *D* этого прямоугольника.

Совмещая нулевой штрих линейки с точкой *C* (рис. 4.5 ж), проводят дугу по скошенному краю окошка 30 и, убедившись, что она проходит через точку *D* (допускается образование треугольника погрешностей с вершиной в точке *D* со сторонами не более 0,2 мм), прочерчивают дуги в окошках 10 и 20. По скошенному краю длинного ребра линейки проводят прямые линии, соединяя точки *A* и *C*, *B* и *D* и *C* и *D*. Получают в пересечении с ранее проведенными дугами вершины квадратов со сторонами по 10 см. Соединяя одноименные пересечения на противоположных сторонах прямоугольника *ABDC*, получают координатную сетку квадратов.

Для *контроля построения* скошенный край линейки прикладывают к диагоналям. Все вершины соответствующих квадратов сетки, расположенных вдоль данной диагонали, должны лежать на одной прямой линии.

Отклонения в отдельных случаях допускаются не более 0,2 мм.

При отсутствии линейки Дробышева небольшое количество квадратов можно построить простейшим способом с помощью выверенной линейки и треугольника – **по диагоналям**. Способ основан на свойстве диагоналей прямоугольника, которые равны между собой и делят друг друга пополам. Погрешности построений и в этом случае также не должны превышать 0,2 мм.

Далее координатную сетку оцифровывают по осям *X* и *Y* в соответствии с масштабом плана, выбирая начало координат так, чтобы подлежащий изображению участок, местности разместился посередине листа бумаги. От выбранных начальных осей подписывают координаты *X* и *Y* всех остальных линий сетки.

Накладка полигона по координатам и нанесение ситуации на план

Построение точек по координатам. Вершины теодолитных ходов наносят на план по прямоугольным координатам, записанным в графах 11 и 12 ведомости координат. Построение точек полигона производят циркулем-измерителем в соответствии с поперечным масштабом (рис. 4.6). Контроль построений также осуществляют с помощью циркуля измерителя и масштабной линейки с точностью 0,2 мм.

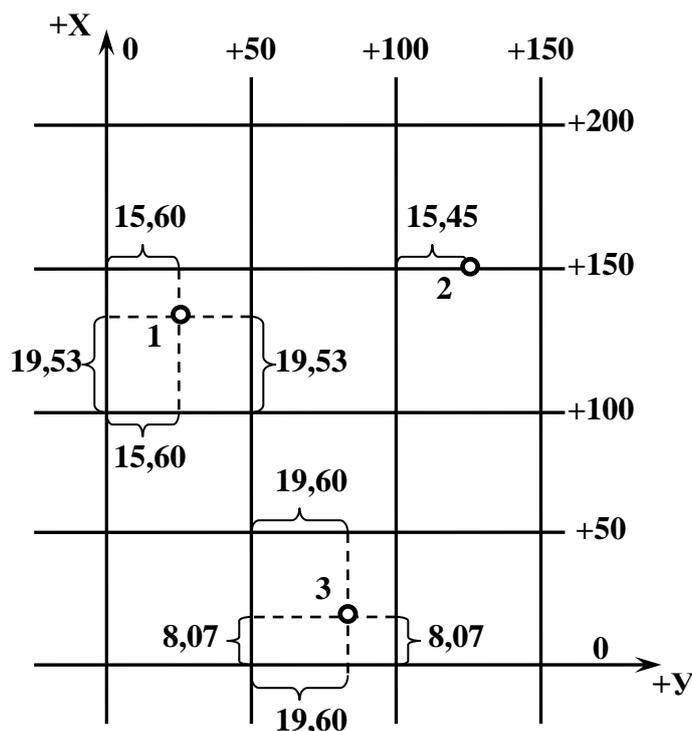


Рисунок 4.6 – Оцифровка координатной сетки и построение точек по координатам

начала опорной линии откладывают расстояния до оснований перпендикуляров, указанные в абрисе. С помощью прямоугольного треугольника строят перпендикуляры, откладывают в масштабе их длины и, соединяя концы, получают изображение контура местности.

При нанесении на план точек, снятых полярным способом, центр транспортира совмещают с вершиной угла, принятой за полюс, а нулевой штрих транспортира совмещают с направлением на предыдущую вершину полигона. По дуге транспортира откладывают углы, измеренные теодолитом при визировании на точки местности. Построение углов транспортиром производят с точностью 1/4 его полуградусного деления.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает отработку технологических карт по вопросам занятия.

Закончив контроль, вершины теодолитного хода последовательно соединяют тонкими линиями. Построенное плановое обоснование служит каркасом для нанесения на план ситуации (контуров и предметов местности).

Исходными данными для **нанесения ситуации на план** служат абрисы теодолитной съемки. При построении контуров пользуются транспортиром, циркулем-измерителем, выверенным прямоугольным треугольником и масштабной линейкой. Способ построения контуров на плане соответствует способу съемки их на местности.

Для построения контуров способом перпендикуляров от

4.1. Составление ведомости координат

Технологическая карта № 4.1

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ, СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ КООРДИНАТ СОМКНУТОГО ПОЛИГОНА

Время на исполнение: отлично - 3 часа
хорошо - 4 часа
удовлет. - 5 часов

Приборы и принадлежности:

1. Полевой угломерный журнал.
2. Бланк ведомости координат.
3. Таблицы приращения координат.
4. Микрокалькулятор

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выписать в первую и вторую графы ведомости координат из угломерного журнала соответственно номера вершин и величины измеренных внутренних углов полигона. 2. Выписать в шестую графу ведомости горизонтальные проложения сторон полигона и подсчитать его периметр. <p><u>Примечание:</u> Горизонтальные проложения вычисляются по формулам или путем введения табличных поправок. Если угол наклона линии менее 1^0, то горизонтальное проложение принимается равное ее длине, измеренной на местности.</p>
2.	Увязка углов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подсчитать сумму измеренных углов полигона и записать ее в итог второй графы ведомости $\sum \beta_{изм}$ 2. Вычислить теоретическую сумму углов полигона по формуле $\sum \beta_{теор} = 180^0 \cdot (n - 2)$ <p>где n – число вершин полигона. Теоретическую сумму углов также записать в итог второй графы, но под суммой измеренных углов.</p> 3. Вычислить фактическую и допустимую угловые невязки и сравнить их между собой по формулам $f_{\beta} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор}$ $\partial on f_{\beta} = \pm 2m_{\beta} \sqrt{n}$ $f_{\beta} \leq \partial on f_{\beta}$ <p>где m_{β} - точность прибора в минутах (для 2Т-30 $m_{\beta} = 0',5$).</p>

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p>Вычисления вести под чертой ведомости с левой стороны.</p> <p>4. Если фактическая угловая невязка превышает допустимую величину, то необходимо повторно проверить вычисления углов в полевом журнале или заново измерить углы на местности.</p> <p>5. Если фактическая угловая невязка допустима, то ее распределить между измеренными углами в виде поправок с обратным знаком</p> $\delta_i = -\frac{f_\beta}{n}$ <p>Поправки записать во вторую графу ведомости над каждой величиной измеренных углов.</p> <p><u>Примечание:</u> Если невязка не делится без остатка, то в углы с короткими сторонами вводятся наибольшие поправки.</p> <p>Сумма поправок в углы должна точно равняться невязке, взятой с обратным знаком</p> $\sum \delta_i = -f_\beta$ <p>6. Вычислить, исходя из поправок, исправленные углы и заполнить третью графу ведомости.</p> <p>7. Выполнить контроль увязки углов путем суммирования исправленных углов и сравнением этой суммы с теоретической суммой углов. Должно получиться</p> $\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор}$
3.	Вычисление дирекционных углов сторон полигона и перевод их в румбы	<p>1. Выписать из угломерного журнала в четвертую графу ведомости в качестве исходного дирекционного угла магнитный азимут одной из сторон полигона, измеренный в поле по буссоли.</p> <p>2. Вычислить и также записать в четвертую графу ведомости дирекционные углы остальных сторон полигона по формуле</p> $\alpha_{n+1} = \alpha_n + 180^\circ - \beta_{испр, n}$ <p>где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны;</p> <p>α_n – дирекционный угол предыдущей стороны;</p> <p>$\beta_{испр, n}$ – исправленный угол между этими сторонами.</p> <p><u>Примечание:</u> Вычисления вести столбцом.</p> <p>3. Выполнить контроль вычислений путем получения значения исходного дирекционного угла.</p> <p>4. Перевести дирекционные углы в румбы и записать их значения в пятую графу ведомости.</p>

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
4.	Вычисление и увязка приращений координат	<p>1. Вычислить приращения координат на микрокалькуляторе по формулам</p> $\Delta X = d \cdot \cos \alpha$ $\Delta Y = d \cdot \sin \alpha$ <p>где d - горизонтальное проложение; α - дирекционный угол.</p> <p>Результаты вычислений записать в седьмую и восьмую графы ведомости.</p> <p><u>Примечание:</u> Значения ΔX и ΔY можно также определить по таблицам приращений координат.</p> <p>2. Вычислить невязки в приращениях координат по каждой оси</p> $f_x = \sum \Delta X; \quad f_y = \sum \Delta Y$ <p>и записать в итог седьмой и восьмой граф.</p> <p>3. Вычислить фактическую и допустимую линейные невязки и сравнить их между собой по формулам</p> $f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ $\partial_{\text{он}} f_p = \frac{P}{2000}$ $f_p \leq \partial_{\text{он}} f_p$ <p>где P – периметр полигона. Вычисления вести под чертой ведомости с правой стороны.</p> <p>4. Если фактическая линейная невязка превышает допустимую величину, то необходимо повторно проверить вычисления горизонтальных проложений или заново измерить длины сторон полигона.</p> <p>5. Если линейная невязка допустима, то вычислить поправки в каждую сторону полигона по формулам</p> $\delta_{x,i} = -\frac{f_x}{P} \cdot d_i$ $\delta_{y,i} = -\frac{f_y}{P} \cdot d_i$ <p>Поправки записать в седьмую и восьмую графы ведомости над соответствующими приращениями координат.</p> <p><u>Примечание:</u> Сумма поправок в приращения координат по каждой оси должна точно равняться соответствующей невязке, взятой с обратным знаком</p>

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		$\sum \delta_{x,i} = -f_x; \quad \sum \delta_{y,i} = -f_y.$ <p>6. Вычислить, исходя из поправок, исправленные приращения координат и заполнить девятую и десятую графы ведомости.</p> <p>7. Выполнить контроль увязки приращений координат по каждой оси путем суммирования исправленных приращений и сравнением этой суммы с теоретической суммой приращений. Должно получиться</p> $\sum \Delta X_{испр} = 0; \quad \sum \Delta Y_{испр} = 0$
5.	Вычисление координат вершин полигона	<p>1. Выписать в одиннадцатую и двенадцатую графы координаты опорной (исходной) точки полигона.</p> <p>2. Вычислить и записать в ведомость последовательно координаты всех вершин полигона по формулам</p> $X_{n+1} = X_n + \Delta X_{испр., n-(n+1)}$ $Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{испр., n-(n+1)}$ <p>3. Выполнить контроль вычислений путем получения координат исходной точки.</p>

4.2. Накладка полигона по координатам

Технологическая карта № 4.2

ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ,

НАКЛАДКА ПОЛИГОНА ПО КООРДИНАТАМ

Время на исполнение: отлично - 3 часа
хорошо - 4 часа
удовлет. - 5 часов

Приборы и принадлежности:

1. Чертежная бумага, формат № 12 (А-3).
2. Линейка Дробышева.
3. Чертежные принадлежности.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Построение координатной сетки 30x40 см с помощью линейки Дробышева	<ol style="list-style-type: none">1. На листе бумаги на расстоянии 6-8 см от его нижнего края и параллельно ему провести тонкую прямую линию.2. Отступив 7-9 см, положить на прямую линию линейку Дробышева так, чтобы линия была видна через окна, а точка <i>O</i> находилась на этой прямой.3. Провести штрихи-черточки по скошенным краям линейки в первых четырех окнах 0,1,2,3. Обозначить крайние точки буквами <i>A</i> и <i>B</i>.4. Перпендикулярно к линии <i>AB</i> последовательно приложить линейку в точках <i>A</i> и <i>B</i>, совмещая с ними точку <i>O</i>, и прочертить черточки по скошенным краям в первых пяти окнах 0, 1, 2, 3, 4. В обоих случаях черточки в нулевом окне <i>O</i> должны пройти через точки <i>A</i> и <i>B</i> и совпасть с прямой.5. Приложить линейку точкой <i>O</i> к точке <i>B</i> так, чтобы скошенный край пятого окна линейки пересекал черточку четвертого на перпендикуляре в точке <i>A</i>. Удерживая линейку в этом положении, провести штрихи по скошенным краям в нулевом (0) и пятом (4) окнах. Точку пересечения пятой дуги с четвертой обозначить буквой <i>C</i>.6. Аналогичным образом нанести точку <i>D</i>, приложив линейку точкой <i>O</i> к точке <i>A</i>.7. Построить прямоугольник, прочертив линии <i>AC</i>, <i>CD</i>, <i>BD</i>.8. Построить координатную сетку, соединив прямыми соответствующие штрихи на противоположных сторонах полученного прямоугольника.
2.	Контроль	<ol style="list-style-type: none">1. Уложить линейку по диагонали любых квадратов и убедиться, что их вершины находятся на одной линии.2. Отклонения допускаются не более 0,2 мм.

4.3. Задания на расчетно-графическую работу

Расчетно-графическая работа включает построение на ватмане формата № 12 (А-3) опорного полигона *по румбам* в соответствии с технологической картой № 4.3. Данный способ более быстрый, но менее точный, он применяется при скоростных съемках.

Варианты индивидуальных заданий представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Варианты заданий для составления полигона по румбам

Вариант № 1			Вариант № 2			Вариант № 3		
_____ (Фамилия и инициалы)			_____ (Фамилия и инициалы)			_____ (Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$79^{\circ}22^1$		1	$86^{\circ}21^1$		1	$152^{\circ}21^1$	
		240,23			88,50			121,67
2	$132^{\circ}48^1$		2	$97^{\circ}26^1$		2	$104^{\circ}28^1$	
		149,85			177,86			57,57
3	$91^{\circ}01^1$		3	$62^{\circ}51^1$		3	$116^{\circ}37^1$	
		121,28			108,97			178,98
4	$141^{\circ}57^1$		4	$113^{\circ}24,5^1$		4	$133^{\circ}06^1$	
		215,03			139,73			92,59
5	$94^{\circ}55^1$		1			5	$109^{\circ}04^1$	
		218,73						106,48
1						6	$104^{\circ}26^1$	
								130,12
						1		
Вариант № 4			Вариант № 5			Вариант № 6		
_____ (Фамилия и инициалы)			_____ (Фамилия и инициалы)			_____ (Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$78^{\circ}57^1$		1	$122^{\circ}00^1$		1	$109^{\circ}26^1$	
		104,52			200,42			101,65
2	$138^{\circ}46^1$		2	$51^{\circ}31^1$		2	$74^{\circ}21^1$	
		147,73			173,44			169,85
3	$76^{\circ}28^1$		3	$200^{\circ}36^1$		3	$75^{\circ}42^1$	
		99,66			204,01			109,00
4	$232^{\circ}08^1$		4	$47^{\circ}56^1$		4	$100^{\circ}33^1$	
		57,99			226,43			115,70
5	$71^{\circ}53^1$		5	$117^{\circ}55^1$		1		
		103,94			157,90			
6	$121^{\circ}45^1$		1					
		179,40						
1								

Вариант № 7			Вариант № 8			Вариант № 9		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$84^{\circ}51^1$		1	$94^{\circ}05^1$		1	$89^{\circ}59^1$	
		139,86			110,21			90,03
2	$144^{\circ}43^1$		2	$143^{\circ}07^1$		2	$103^{\circ}15^1$	
		138,76			108,01			187,70
3	$82^{\circ}42^1$		3	$44^{\circ}22^1$		3	$67^{\circ}41^1$	
		82,38			73,96			134,76
4	$218^{\circ}15^1$		4	$217^{\circ}53^1$		4	$99^{\circ}02,5^1$	
		82,91			197,14			161,40
5	$76^{\circ}50^1$		5	$40^{\circ}35^1$		1		
		184,35			215,31			
6	$112^{\circ}42^1$		1					
		168,86						
1								
Вариант № 10			Вариант № 11			Вариант № 12		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$86^{\circ}48^1$		1	$123^{\circ}10^1$		1	$84^{\circ}52^1$	
		95,08			99,30			159,64
2	$89^{\circ}42^1$		2	$125^{\circ}24^1$		2	$126^{\circ}50^1$	
		89,92			143,00			106,72
3	$290^{\circ}45^1$		3	$83^{\circ}46^1$		3	$104^{\circ}23^1$	
		46,46			196,39			104,03
4	$115^{\circ}51^1$		4	$104^{\circ}56^1$		4	$215^{\circ}39^1$	
		80,74			128,23			136,26
5	$91^{\circ}09^1$		5	$102^{\circ}41^1$		5	$52^{\circ}38^1$	
		104,75			143,92			176,08
6	$88^{\circ}24^1$		1			6	$135^{\circ}37^1$	
		168,60						189,20
7	$137^{\circ}24^1$					1		
		89,36						
1								

Вариант № 13			Вариант № 14			Вариант № 15		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$97^{\circ}24,5^1$	201,12	1	$140^{\circ}57^1$	121,25	1	$67^{\circ}02,5^1$	312,47
2	$125^{\circ}04,5^1$	188,23	2	$72^{\circ}58^1$	139,04	2	$57^{\circ}44^1$	31,47
3	$105^{\circ}49^1$	254,80	3	$110^{\circ}34^1$	88,37	3	$149^{\circ}02^1$	262,79
4	$97^{\circ}55^1$	210,60	4	$249^{\circ}56^1$	120,72	4	$86^{\circ}09,5^1$	157,45
5	$113^{\circ}50^1$	244,48	5	$43^{\circ}47^1$	174,88	1		
1			6	$101^{\circ}45^1$	157,08			
			1					
Вариант № 16			Вариант № 17			Вариант № 18		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$86^{\circ}55^1$	512,45	1	$69^{\circ}57^1$	125,57	1	$112^{\circ}57^1$	169,85
2	$93^{\circ}41^1$	244,10	2	$137^{\circ}25^1$	104,05	2	$102^{\circ}26^1$	176,20
3	$84^{\circ}34^1$	270,30	3	$112^{\circ}37^1$	100,11	3	$129^{\circ}38^1$	169,90
4	$178^{\circ}34^1$	247,10	4	$142^{\circ}34^1$	103,97	4	$124^{\circ}35^1$	98,92
5	$96^{\circ}14^1$	222,20	5	$77^{\circ}25^1$	234,60	5	$117^{\circ}55^1$	164,75
1			1			6	$132^{\circ}26^1$	163,63
						1		

Вариант № 19			Вариант № 20			Вариант № 21		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$96^{\circ}33^1$		1	$85^{\circ}29^1$		1	$90^{\circ}55^1$	
		188,90			165,32			114,81
2	$68^{\circ}40^1$		2	$90^{\circ}40,5^1$		2	$98^{\circ}14^1$	
		148,20 $v=3^0$			194,49			181,32
3	$127^{\circ}03^1$		3	$68^{\circ}38^1$		3	$131^{\circ}25^1$	
		24,40			79,13			136,36
4	$164^{\circ}15^1$		4	$245^{\circ}36^1$		4	$118^{\circ}21^1$	
		128,30			105,62			156,40
5	$83^{\circ}27^1$		5	$49^{\circ}39^1$		5	$60^{\circ}45^1$	
		145,50			241,80			148,55
1			1			6	$220^{\circ}18^1$	
								139,20
						1		
Вариант № 22			Вариант № 23			Вариант № 24		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$74^{\circ}11^1$		1	$87^{\circ}50^1$		1	$62^{\circ}07^1$	
		594,00			215,80			227,87
2	$91^{\circ}01^1$		2	$150^{\circ}20^1$		2	$109^{\circ}48^1$	
		291,00			144,90			240,21
3	$177^{\circ}55^1$		3	$125^{\circ}06^1$		3	$56^{\circ}28^1$	
		727,00			359,80			224,30
4	$90^{\circ}53^1$		4	$87^{\circ}30^1$		4	$131^{\circ}35^1$	
		273,00			358,80			195,38
5	$107^{\circ}41^1$		5	$89^{\circ}11^1$		1		
		765,00			449,00			
6	$178^{\circ}18^1$		1					
		300,00						
1								

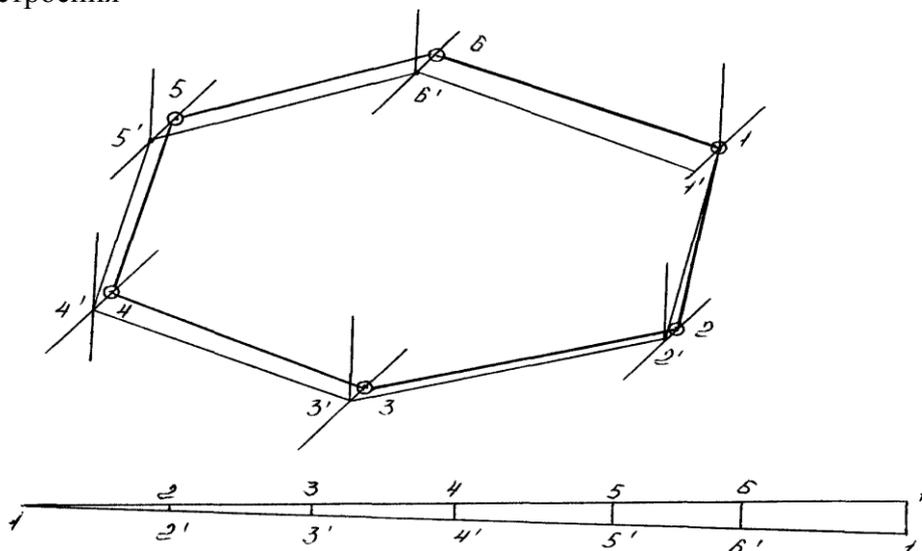
Вариант № 25			Вариант № 26			Вариант № 27		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$83^{\circ}14^1$		1	$90^{\circ}26^1$		1	$119^{\circ}46^1$	
		124,10			396,60			745,29
2	$109^{\circ}01^1$		2	$89^{\circ}55^1$		2	$81^{\circ}20^1$	
		112,95			499,80			501,87
3	$101^{\circ}47^1$		3	$91^{\circ}11^1$		3	$177^{\circ}12^1$	
		161,22			400,10			458,86
4	$65^{\circ}56^1$		4	$88^{\circ}27^1$		4	$129^{\circ}41^1$	
		190,70			508,40			679,83
1			1			5	$87^{\circ}56^1$	
								736,26
						6	$124^{\circ}07^1$	
								696,01
						1		
Вариант № 28			Вариант № 29			Вариант № 30		
(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)			(Фамилия и инициалы)		
Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$			Дир. угол $\alpha_{1-2} =$		
№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м	№ вершин	Измер. углы β	Длины сторон, м
1	$88^{\circ}14^1$		1	$77^{\circ}25^1$		1	$113^{\circ}50^1$	
		26,76			234,60			244,48
2	$184^{\circ}02^1$		2	$69^{\circ}57^1,5$		2	$97^{\circ}24,5^1$	
		58,35			125,57			201,12
3	$91^{\circ}55^1,5$		3	$137^{\circ}25^1$		3	$125^{\circ}04^1$	
		70,50			104,05			188,23
4	$90^{\circ}37^1$		4	$112^{\circ}36^1,5$		4	$105^{\circ}49^1$	
		90,60			100,11			254,80
5	$85^{\circ}10^1$		5	$142^{\circ}34^1$		5	$97^{\circ}55^1,5$	
		76,33			103,97			210,60
1			1			1		

Технологическая карта № 4.3

ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ, НАКЛАДКА ПОЛИГОНА ПО РУМБАМ

Время на исполнение: в течение 10 дней со дня выдачи

Схема построения



Приборы и принадлежности:

1. Чертежная бумага, формат № 12 (А-3).
2. Геодезический транспортир.
3. Циркуль-измеритель.
4. Угольник.
5. Линейка.
6. Чертежные принадлежности (остро отточенный твердый карандаш, резинка).

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Нанесение вершин полигона по румбам	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пользуясь схемой общей координации полигона, на листе бумаги выбрать и наколоть положение начальной точки с таким расчетом, чтобы весь полигон в заданном масштабе разместился на листе наивыгоднейшим образом. 2. Посредине листа прочертить временную вертикальную линию, которая принимается в качестве исходного меридиана, верхний конец которой считается северным. 3. При помощи угольника и линейки перенести меридиан параллельно самому себе в начальную точку 1. 4. Приложить к меридиану точки 1 геодезический транспортир так, чтобы основание транспортира шло по меридиану, а центр совпал с точкой. По транспортиру отложить румб стороны 1-2, провести направ-

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p>ление, отмерить в масштабе плана длину стороны $1-2$ и получить точку $2'$.</p> <p>5. Аналогичным образом повторить построения остальных точек до построения линии $6'-1'$.</p> <p><u>Примечание:</u> Теоретически полигон должен замкнуться в точке $1'$, но за счет неизбежных ошибок (при измерении углов, при графических построениях линий) этого не получается. Образующийся разрыв полигона - отрезок $1-1'$, который называется линейной невязкой. Линейная невязка допускается в пределах $1/200$ периметра полигона.</p> <p>6. Если линейная невязка недопустима, то нужно проверить построение чертежа и прежде всего в сторонах, параллельных линейной невязке. В случае не обнаружения ошибки необходимо произвести повторное измерение линий на местности, опять же параллельных невязке.</p> <p>7. Если линейная невязка допустима, то ее уничтожают путем перемещения всех вершин полигона по направлениям, параллельной самой невязке, на расстояния, пропорциональные длинам сторон.</p> <p><u>Примечание:</u> Величину поправки для каждой вершины полигона определяют графическим способом.</p> <p>8. Соединить новые вершины утолщенной линией и получить увязанный полигон.</p>
2.	Оформление плана, составленного по румбам	<p>1. Нанести рамку по периметру листа и штамп в правом нижнем углу в соответствии с требованиями к техническим чертежам.</p> <p>2. Сверху над чертежом сделать надпись «План полигона, составленный по румбам», под которой обозначить масштаб плана «М 1:2000».</p> <p>3. В правом верхнем углу вычертить ведомость румбов, сверху которой заголовок «Ведомость румбов», а снизу ее – угловую и линейные (абсолютную и относительную) невязки.</p> <p>4. На обратной стороне листа столбиком нанести порядок вычисления дирекционных углов и перевод их в румбы.</p>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ, ВЫСОТНАЯ ПРИВЯЗКА ТОЧКИ

Учебные цели:

1. Выработать практические умения и приобрести навыки по продольному нивелированию и высотной привязке точки.
2. Освоить методику заполнения нивелирного журнала и закрепить навыки работы с нивелиром.

Отрабатываемые вопросы:

1. Продольное нивелирование в прямом направлении.
2. Продольное нивелирование в обратном направлении.
3. Вычисление по нивелирному журналу.

Приборы и принадлежности:

- нивелир Н-3 (Н-3К) в комплекте.
- двусторонние нивелирные рейки РН-3 одного комплекта.
- башмак (костыль) – 2 шт..
- инженерные микрокалькуляторы - 1 на стол.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Сущность и порядок продольного нивелирования.
2. Что означает произвести привязку точки и какие особенности при прокладке нивелирного хода.
3. Порядок работы на станции при привязке точки.
4. Сколько раз нивелируется трасса и как оценивается точность проводимых работ.
5. Вычисление отметки точки и порядок заполнения журнала нивелирования трассы.

5. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Передача отметок на точки высотного обоснования съемки выполняется при создании или сгущении высотной опоры и осуществляется проложением нивелирных ходов IV класса или технического нивелирования в зависимости от требуемой точности.

Нивелирные ходы должны опираться на нивелирные знаки Государственной геодезической сети.

Отметки передают нивелированием из середины при длине визирного луча до 100 м. Визирный луч можно удлинять до 150 м, но только при увеличении зрительной трубы не менее 30-и крат и при отсутствии больших колебаний изображений реек.

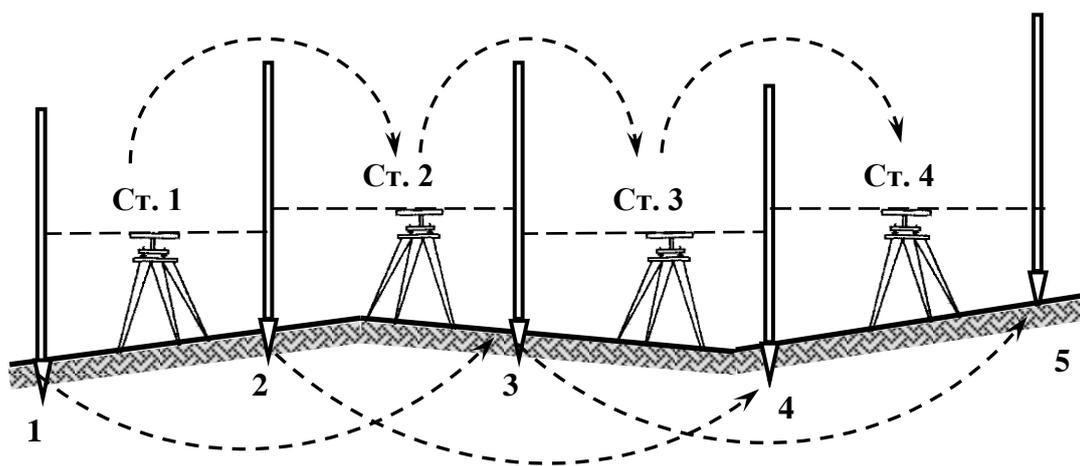


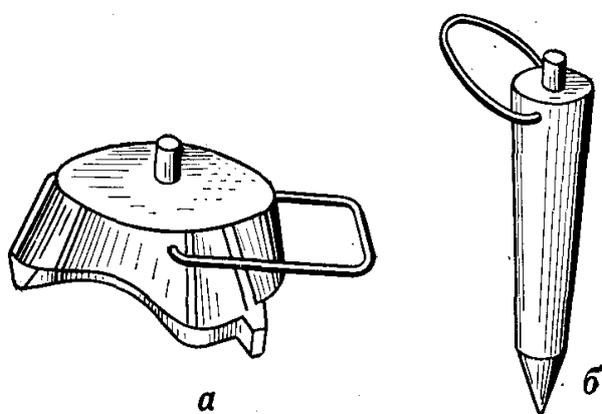
Рисунок 5.1 – Нивелирный ход при привязке точки

В нивелирных ходах, прокладываемых для передачи отметок, используются только связующие точки. На рис. 5.1 изображен нивелирный ход, каждая из точек 2, 3, 4 которого участвует в процессе нивелирования дважды, с двух смежных станций. Таким образом, эти точки участвуют в передаче отметок по ходу, т.е. через эти точки осуществляется *связь нивелирования точек* всего хода.

Общая точка двух смежных станций нивелирного хода, являющаяся передней для предшествующей станции и задней для последующей, называется связующей точкой.

На связующих точках реечки не меняются, а переходят каждый со своей рейкой вперед через точку по мере продвижения нивелирования. На рис. 5.1 переходы реечек показаны стрелками из пунктирных линий.

Большинство связующих точек при передаче отметок после нивелирования становятся ненужными, поэтому и не закрепляются нивелирными знаками. Места для таких точек, как и для станций, выбирают в процессе нивелирования, а расстояния до них определяют при помощи нитяного дальномера или шагами. На таких связующих точках рейки ставят на переносные фиксаторы - башмаки или костыли, вбиваемые в землю для устойчивого положения реек.



а – башмак; б - костыль

Рисунок 5.2 – Переносные фиксаторы для реек

Башмак (рис. 5.2 а) для установки рейки представляет металлическую подставку с тремя шипами, в верхней части которой находится небольшой стержень, обработанный на полусферу. Костыль (рис. 5.2 б) также имеет полусферический стержень. Во время нивелирования рейку ставят на верхнюю точку полусферы.

Нивелирные ходы могут быть *односторонними* (нивелирование в одном направлении) или

двусторонними (нивелирование в прямом и обратном направлениях). На каждой станции для контроля превышение определяют дважды и за окончательное значение принимают среднее арифметическое из двух его значений.

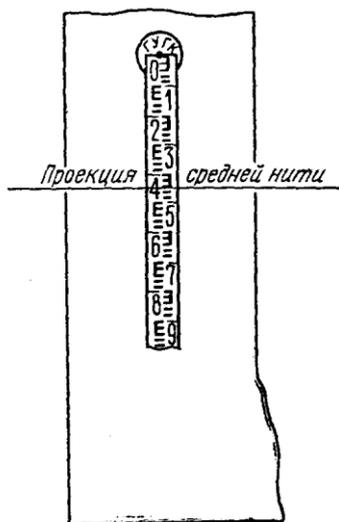
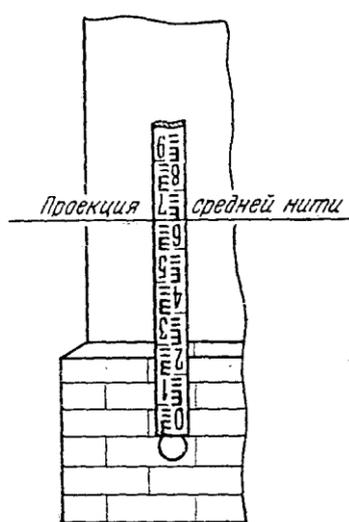
С этой целью нивелируют по двусторонним рейкам, определяя превышения по черным и красным сторонам реек независимо.

Контроль нивелирования на станции заключается в том, что расхождение двух значений превышения, определенных по черным и красным сторонам реек не должно превышать 5 мм.

Если это расхождение получилось более 5 мм, то все записи, сделанные в журнале нивелирования на такой станции, аккуратно перечеркивают и нивелирование на ней повторяют.

Привязку нивелирных ходов к грунтовым или стенным реперам осуществляют, устанавливая рейку на знак (рис. 5.3 а).

Для привязки к стенным маркам, которые помещаются в стенах обычно выше горизонта инструмента, в отверстие марки вставляют штифт, к которому прикрепляют подвесную рейку (рис. 5.3 б). Отсчет, снятый по подвесной рейке,



а – к стенному реперу; б – к стенной марке

Рисунок 5.3 – Привязка нивелирных ходов

записывают со знаком «минус» в журнал нивелирования в качестве отсчета по рейке. Если подвесной рейки нет, то отмечают на стене острым карандашом проекцию горизонтальной нити или всех трех нитей нивелира в виде штрихов и затем от этих штрихов до центра марки измеряют расстояния стальной рулеткой и затем записывают как отсчеты в журнал нивелирования.

Выполнение работы

Выполнение работы будет заключаться в привязке точки ПК-0 начала трассы автодороги, к ближайшему реперу Pn-5 и предусматривает отработку технологических карт по вопросам занятия.

Отметка репера задается по усмотрению преподавателя.

Последовательно выполнить продольное нивелирование в прямом направлении от репера Pn-5 до начальной точки трассы автодороги ПК-0 и в обратном направлении от ПК-0 до Pn-5. При этом пикетаж не разбивается, а используются связующие точки, на которые устанавливаются металлические башмаки (костыли). Расстояния от нивелира до реек определяются нитяным

дальномером. Все отсчеты записываются в соответствующие графы нивелирного журнала, установленной формы (табл. 5.1), с последующим вычислением превышения точки *ПК-0* над *Рп-5* из двух ходов, выполнением контроля точности проводимых работ и вычислением отметки точки *ПК-0*.

Высота визирного луча над почвой должна быть не менее 20 см.

Снимать нивелир со станции разрешается только после окончания всех записей и вычислений в журнале, относящихся к данной станции.

Таблица 5.1 – Журнал технического нивелирования

Ход: от грунт. Реп. № 5 до ПК-0

№ станции	№ точек	Отсчеты по дальномеру	Отсчеты по рейке		Превышения		Средние превышения		Отметки точек	
			задняя	передняя	+	--	+	--		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Рп-5	(2)	(1)						50.000	
		(3)	(4)							(11)
	(9)	(5)	(12)							(14)
	(6)									
	2	(7)								
		(10)								
Постраничный контроль		(20)	(15)	(16)						
			(17)		(18)		(19)			

Примечание: В скобках указан порядок заполнения граф журнала при работе на станции:

- а) отсчеты по черной стороне задней рейки (1, 2, 3 – соответственно средней, нижней и верхней нитями);
- б) отсчет по красной стороне задней рейке (4 - средней нитью);
- в) отсчеты по черной стороне передней рейки (5, 6, 7 – соответственно средней, нижней и верхней нитями);
- г) отсчет по красной стороне передней рейке (8 - средней нитью);
- д) расстояния от нивелира до задней (9) и передней (10) реек;
- е) превышения по черным (11) и красным (12) отсчетам, причем всегда из заднего отсчета вычитается передний;
- ж) контроль работы на станции:
 - неравенство плеч не должно превышать 5 м;
 - разность нулей черной и красной сторон рейки не должно превышать 3 мм;
 - разность черных и красных превышений (13) не должно превышать 5 мм;
- з) среднее превышение (14)
- и) постраничный контроль (15 и 16 – суммы всех задних и передних отсчетов, 17 – разность сумм задних и передних отсчетов должна равняться сумме всех превышений 18 и половине суммы всех средних превышений 19, 20 – сумма плеч хода).

5.1. Продольное нивелирование в прямом направлении

Технологическая карта № 5.1

ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ В ПРЯМОМ НАПРАВЛЕНИИ

Время работы на одной станции: отлично - 10 мин.;
хорошо - 15 мин.;
удовлет. - 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Двусторонние нивелирные рейки одного комплекта – 2 шт.
3. Башмак (костыль) – 2 шт.
4. Нивелирный журнал высотной привязки точки.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Продольное нивелирование в прямом направлении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить заднюю рейку в начальной точке (на репере). 2. Установить нивелир по направлению трассы на расстоянии от задней рейки примерно 50 м. <u>Примечание:</u> Расстояние от нивелира до рейки промеряется шагами. 3. По направлению трассы установить переднюю рейку на башмак на таком же удалении от нивелира, как и задняя рейка, аналогично промерив Расстояние шагами. 4. Наведением зрительной трубы на установленные рейки определить расстояния до них дальномером и выполнить нивелирование «из середины». <p>Порядок работы на станции следующий:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) снять отсчеты по черной стороне задней рейки: <ul style="list-style-type: none"> - отсчет ($a_ч$) средней нитью и запись в четвертую графу; - отсчет (n_2) нижней нитью и запись в третью графу; - отсчет (n_1) верхней нитью и запись в третью графу; б) снять отсчет ($a_{кр}$) по красной стороне задней рейке средней нитью и запись в четвертую графу; в) снять отсчеты по черной стороне передней рейки: <ul style="list-style-type: none"> - отсчет ($b_ч$) средней нитью и запись в пятую графу; - отсчет (n_2) нижней нитью и запись в третью графу; - отсчет (n_1) верхней нитью и запись в третью графу; г) снять отсчет ($b_{кр}$) по красной стороне передней рейке средней нитью и запись в пятую графу; д) вычислить и записать в третью графу расстояния от нивелира до задней и передней реек по формуле

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p style="text-align: center;">$D = 100 (n_2 - n_1)$</p> <p>е) вычислить и записать в шестую или седьмую графу превышения по черным и красным отсчетам по формулам</p> $h_u = a_u - b_u$ $h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}.$ <p><u>Примечание:</u> Всегда из заднего отсчета вычитается передний.</p> <p>ж) выполнить контроль работы на станции:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определить неравенство плеч. Должно выполняться условие $ D_з - D_n \leq 5 \text{ м}$ <p>где $D_з$ и D_n - расстояния от нивелира соответственно до задней и до передней реек.</p> <p><u>Примечание:</u> Если условие не выполняется, то дать команду переднему речнику передвинуть рейку на нужное расстояние вперед или назад и повторить измерения.</p> <ul style="list-style-type: none"> - определить разность нулей черной и красной сторон рейки. Должно выполняться условие $ (a_{кр} - a_u) - (b_{кр} - b_u) \leq 3 \text{ мм}$ <p><u>Примечание:</u> Если условие не выполняется, то повторить снятие отсчетов по рейкам.</p> <ul style="list-style-type: none"> - определить разность черных и красных превышений. Должно выполняться условие $ h_u - h_{кр} \leq 5 \text{ мм}$ <p><u>Примечание:</u> Если условие не выполняется, то нивелирование на станции повторить.</p> <p>з) вычислить и записать в восьмую или девятую графу среднее превышение по формуле</p> $h_{cp} = \frac{h_u + h_{кр}}{2}$ <p><u>Примечание:</u> Высота визирного луча над почвой должна быть не менее 20 см. Снимать нивелир со станции только после окончания всех записей и вычислений в журнале, относящихся к данной станции.</p>

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p>5. Выполнить переход на другую станцию и все операции при работе на ней повторить аналогично предыдущей.</p> <p><u>Примечание:</u> По мере продвижения нивелирования при смене станций задний реечник переходит со своей рейкой вперед через связующую точку и становится передним. Передний реечник остается со своей рейкой на связующей точке и становится задним.</p> <p>Нивелир также устанавливается по середине между рейками.</p> <p>6. Подобным образом, переходя с нивелиром от станции к станции, дойдя до конечной точки, нужно иметь заполненный нивелирный журнал по каждой станции.</p> <p><u>Примечание:</u> По мере заполнения целых страниц в журнале необходимо выполнять страничный контроль. Для этого на каждой странице подсчитывается сумма всех задних ($\sum a$) и передних ($\sum b$) отсчетов, а также сумма всех общих ($\sum h$) и средних ($\sum h_{cp}$) превышений. Должны выполняться условия</p> $\sum a - \sum b = \sum h ;$ $\sum h_{cp} = \frac{1}{2} \sum h$ <p>7. Вычислить по журналу общие суммы всех задних ($\sum a_{np}$) и передних ($\sum b_{np}$) отсчетов прямого нивелирного хода. Результаты сумм записать в итог четвертой и пятой граф соответственно.</p> <p>8. Вычислить общее и среднее превышения прямого нивелирного хода по формулам</p> $\sum h_{np} = \sum a_{np} - \sum b_{np} ;$ $\sum h_{cp, np} = \frac{\sum h_a + \sum h_{kp}}{2}$ <p>9. Вычислить длину (L_{np}) в км прямого нивелирного хода от репера до пикета по формуле</p> $L_{np} = \sum L_i$ <p>где L_i - расстояние между рейками на одной станции.</p>

5.2. Продольное нивелирование в обратном направлении

Технологическая карта № 5.2

ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Время работы на одной станции: отлично - 10 мин.
хорошо - 15 мин.
удовлет. - 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Двусторонние нивелирные рейки одного комплекта – 2 шт.
3. Башмак (костыль) – 2 шт.
4. Нивелирный журнал высотной привязки точки.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Продольное нивелирование в обратном направлении	<p>Аналогично, в соответствии с технологической картой № 5.1, проделать нивелирный ход в обратном направлении от пикета <i>ПК-0</i> к реперу <i>Рп-5</i>, изменив на первой станции высоту инструмента (т.е. снять нивелир со станции и снова установить, но выше или ниже на 8-10 см). В результате обратного хода должны быть вторично получены общее превышение ($\sum h_{обр}$) и длина хода ($L_{обр}$) в км.</p> <p><u>Примечание:</u> 1. Общее превышение обратного хода будет иметь обратный знак. 2. Длина хода является контрольной величиной.</p>

5.3. Вычисление по нивелирному журналу

Технологическая карта № 5.3

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПО НИВЕЛИРНОМУ ЖУРНАЛУ

Время на исполнение: отлично - 10 мин.
хорошо - 15 мин.
удовлет. - 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Микрокалькуляторы.
2. Нивелирный журнал высотной привязки точки.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Вычисления по нивелирному журналу (передача отметки)	<p>1. Вычислить фактическую и допустимую высотные невязки и сравнить их между собой, используя формулы</p> $f_h = \frac{\sum h_{np} + \sum h_{обр}}{2};$ $\partial on f_h = \pm 20 \cdot \sqrt{L}, \quad L - \text{в км};$ $f_h \leq \partial on f_h$ <p>2. Если фактическая высотная невязка превышает допустимую величину, то необходимо проделать второй контрольный ход.</p> <p>3. Если фактическая высотная невязка допустима, то ее половину величины ввести с обратным знаком в виде поправки в сумму средних превышений прямого (основного) нивелирного хода по формуле</p> $\delta = -\frac{f_h}{2}$ <p>Исправленная сумма средних превышений по прямому ходу будет</p> $\sum h_{cp} = \sum h_{cp, np} - \frac{f_h}{2}$ <p>4. Вычислить отметку пикета ПК-0 по формуле</p> $H_{ПК-0} = H_{Pn-5} + \sum h_{cp}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Учебные цели:

1. Выработать практические умения и приобрести навыки в работе с теодолитом при выполнении тахеометрической съемки, освоить методику производства работ, чтение полевых документов и порядок нанесения реечных точек на план.
2. Закрепить навыки в измерении теодолитом углов и расстояний.

Отрабатываемые вопросы:

1. Измерения при создании геодезической рабочей основы теодолитно-тахеометрического хода.
2. Съемка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом.

Приборы и принадлежности:

- теодолит 2Т-30 в комплекте;
- нивелирная рейка РН-3 – 2 шт.;
- инженерный микрокалькулятор.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Сущность тахеометрической съемки.
2. Что является геодезической рабочей основой тахеометрической съемки.
3. Сущность метода тригонометрического нивелирования.
4. Порядок производства работ на станции при съемке подробностей местной ситуации и рельефа.

6. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Тахеометрическая съемка является одним из методов топографической наземной съемки местности, в результате которой получают план с изображением предметов, контуров и рельефа местности.

Съемка проводится с точек геодезической рабочей основы, которая может создаваться проложением:

- теодолитно-нивелирного хода;
- теодолитно-высотного хода;
- теодолитно-тахеометрического хода.

Ходы рабочей основы прокладываются между пунктами государственной геодезической сети (ГГС) или сетей сгущения.

Съемка предметов, контуров и рельефа выполняется полярным способом, а отметки точек определяют тригонометрическим нивелированием, причем одним наведением трубы инструмента на рейку получают плановое и высотное положение определяемой точки:

- расстояние, определяемое по нитяному дальномеру;
- горизонтальное направление по лимбу;
- превышение, вычисляемое по углу наклона.

Тахеометрической съемке предшествует рекогносцировка местности, составление проекта съемки и создание съемочного обоснования. Перед началом съемки должны быть выполнены все основные поверки теодолита, а также определено место нуля вертикального круга и, при необходимости, приведение его к значению, близкому к 0^0 .

Сущность и назначение тахеометрической съемки заключается в следующем:

1. Путем измерения горизонтального угла и расстояния определяется плановое положение точки.
2. По вертикальному углу и расстоянию определяется высотное положение точки.
3. По результатам измерений строится топографический план.
4. Горизонтальные углы определяются полным приемом.
5. Для съемки прямой достаточно двух точек.
6. Для съемки кривой - трех точек.
7. Для съемки прямоугольных сооружений - трех точек.
8. Плотность реечных точек через 15-20 м.

Как правило, при съемке на опорной точке (станции) одновременно выполняются измерения, связанные с созданием рабочей основы и измерения, связанные со съемкой подробностей местной ситуации и рельефа. Записи полевых измерений заносят в журналы:

- теодолитно-тахеометрического хода (табл. 6.1)
- тахеометрической съемки (табл. 6.2)

На станции устанавливается теодолит и приводится в рабочее положение. Измеряется высота инструмента и записывается в журнал теодолитно-тахеометрического хода и журнал тахеометрической съемки. На нивелирных рейках на отсчетах, равных высоте инструмента, прикрепляются хорошо видимые тесмяные или другие полоски.

После выполнения измерений, связанных с созданием геодезической рабочей основы приступают к съемке подробностей местной ситуации и рельефа.

На горизонтальном круге устанавливается нулевой отсчет $0^000'00''$ и зрительная труба при «круге лево» визируется, как правило, на заднюю точку. Все винты закрепляются. Затем отпускается зажимной винт алидады горизонтального круга и съемка ведется при закрепленном горизонтальном круге.

Таблица 6.1 – Пример заполнения журнала теодолитно-тахеометрического хода

ЖУРНАЛ
теодолитно-тахеометрического хода

Дата: _____ Наблюдат.: _____
Вычислял: _____

№ станции	№ наблюдений точек	Расстояние по дальности меру, D	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальный угол из прибора, β	Среднее значение угла, $\beta_{ср}$	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля, MO	Угол наклона, ν	Горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos \nu$	Превышение $h = d \cdot \operatorname{tg} \nu$	Высота визирования, l	Высота инструмента, i	Превышение $h = h' + i - i'$	Отметка станции, H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
				Круг лево										
	1	132,20	248°52'			- 1°09'	0°01'	- 1°10'	132,14	- 2,69	1,49	1,49	- 2,69	
	3	126,50	154°31'	94°21'		- 0°55'	0°01'	- 0°56'	126,5	- 2,06	1,49	1,49	- 2,06	
2					94°21'									126,26
				Круг право										
	1		330°28'			1°11'								
				94°21'										
	3		236°07'			0°57'								

Таблица 6.2 – Пример заполнения журнала тахеометрической съёмки

**ЖУРНАЛ
тахеометрической съёмки**

№ станции и высота инструмента	№ наблюдений двух точек	Расстояние по дальномеру, D	Отсчёты		Угол наклона, v	Горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos v$	Превышение $h = d \cdot \operatorname{tg} v$	Высота визирной линии, l	Высота инструмента, i	Превышение $h = h' + i - i'$	Отметки		Примечание
			по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу							станции, $H_{ст}$	реальных точек, H_s	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Ст. 1		0°00'										
Ст. 2	1	28,40	168°20'	-0°47'	-0°48'	28,40	-0,42	1,49	1,49	-0,42	126,26	125,84	
$i = 1,49$ м	2	38,50	169°30'	-0°41'	-0°42'	38,50	-0,47	1,49	1,49	-0,47	126,26	125,79	
$MO = 1'$	3	17,20	227°65'	-2°31'	-2°32'	17,17	-0,75	1,49	1,49	-0,75	126,26	125,51	
$H_{ст} = 126,26$	4	20,50	252°00'	+0°19'	+0°18'	20,47	+0,79	1,49	1,49	+0,79	126,26	127,05	
	5	23,30	313°10'	-0°47'	-0°48'	23,30	-0,32	1,49	1,49	-0,32	126,26	125,94	
	6	31,40	341°35'	+0°43'	+0°42'	31,40	+0,39	1,49	1,49	+0,39	126,26	126,65	

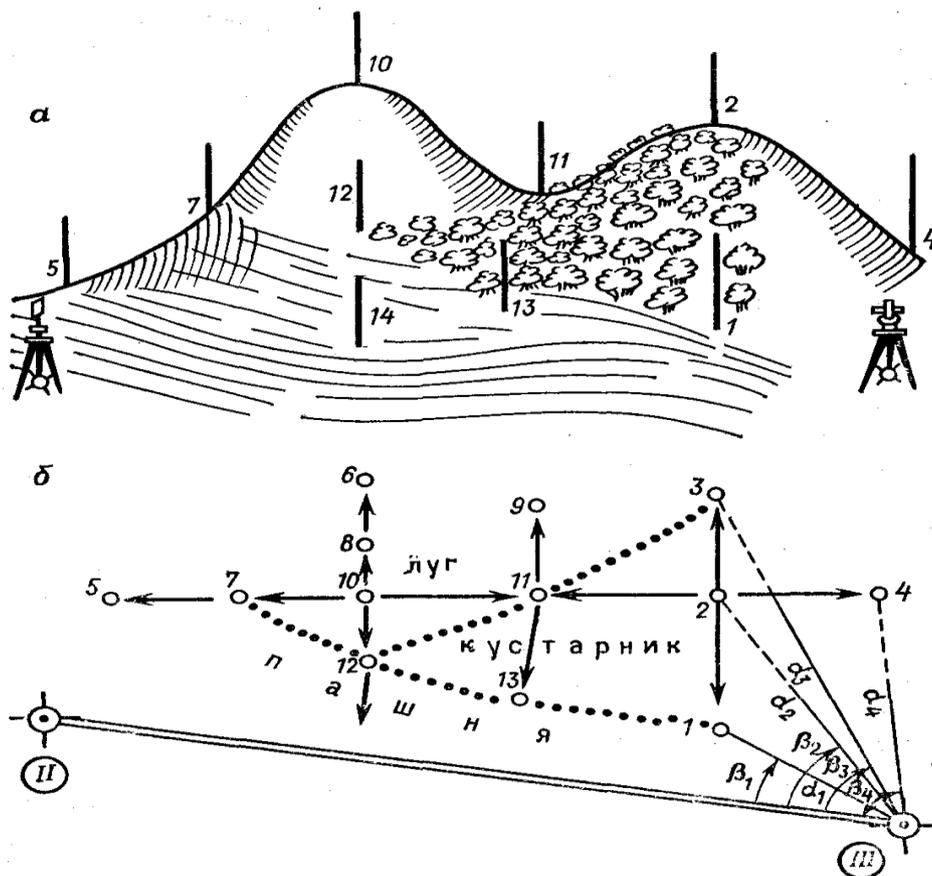
Точки, на которых при тахеометрической съемке ситуации и рельефа устанавливают рейку, называют съемочными пикетами. При съемке рельефа местности пикеты берут на всех его характерных точках и линиях (рис. 6.1 а): вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин, перегибах скатов, водораздельных линиях и тальвегах (водосливных линиях).

Перед началом измерений на отдельном листе составляется **абрис** (схематический чертеж), на котором зарисовываются элементы ситуации, схематично изображается рельеф и показываются речные точки (рис. 6.1 б).

При съемке ситуации в качестве характерных точек используются углы контуров.

Кроме контуров на абрис заносятся:

- пункты геодезических сетей;
- строения;
- здания и сооружения;
- дорожная сеть;
- гидрография и гидротехнические сооружения;
- линии связи и электропередач;
- огороды, полесадники, полосы отчуждения, тротуары и т. д.



а – выбор пикетов; б - абрис

Рисунок 6.1 – Тахеометрическая съемка местности

При съемке рельефа особое внимание уделяется выбору местоположения речных точек:

- на холме речные точки располагают на вершине и вдоль подошвы;
- в котловине - на дне и по бокам;
- на водоразделе и тальвеге - по линии гребня и водослива.

- при съемке седловины к речным точкам по определению двух холмов добавляют точку на перевале. Кроме того, речные точки должны ограничивать (разделять на участки) скаты с равномерными уклонами.

На абрисе, кроме местоположения и названия речных точек, обязательно показывают стрелками направления и участки равномерного ската. Это позволяет при составлении плана правильно изображать формы рельефа.

При съемке местной ситуации и рельефа необходимо соблюдать ряд технических правил:

1. Съёмку выполнять сразу же после измерения горизонтального угла полигона. В этом случае отпадает необходимость в повторной установке инструмента и в определении места нуля (МО) на данной станции. МО выписывается из журнала основных точек.

2. Колебание МО на двух соседних станциях не должно превышать 1'.

3. Ориентирование инструмента (выбор полярной оси) выполняют на заднюю точку. Контрольный отсчет на заднюю точку не должен отличаться от первоначального более чем на $\pm 5'$. В противном случае это означает, что лимб в процессе съемки сместился, и работу на станции следует повторить.

4. Горизонтальный круг должен быть закреплен во время работы на станции.

5. Количество съёмочных точек выбирается в зависимости от сложности ситуации и рельефа и должно быть не менее 40 точек на 1 га.

6. Обход речных точек выполнять по часовой стрелке, радиусом 100-150м. С одним прибором работают 2-3 речника.

7. На съёмочной точке рейку ставить прямо на грунт, вертикально и неподвижно.

8. Центр сетки нитей наводить на отсчет, равный высоте инструмента.

9. Отсчеты по дальномерным нитям, горизонтальному и вертикальному кругам снимаются при одном наведении зрительной трубы на точку.

10. Все эти данные заносятся в журнал тахеометрической съемки. Номера речных точек в журнале и в абрисе обязательно должны совпадать.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает отработку технологических карт по вопросам занятия:

1. Измерения при создании геодезической рабочей основы теодолитно-тахеометрического хода – ТК № 6.1.
2. Съёмка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом – ТК № 6.2.

6.1. Измерения при создании геодезической рабочей основы теодолитно-тахеометрического хода

Технологическая карта № 6.1

СЪЕМКА ОСНОВНЫХ ТОЧЕК

Время работы: отлично - 60 мин.
хорошо - 80 мин.
удовлет. - 130 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 со штативом.
2. Нивелирные рейки РН-3 – 2 шт.
3. Журнал теодолитно-тахеометрического хода.
4. Инженерный микрокалькулятор – 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить теодолит в точке теодолитно-тахеометрического хода и привести его в рабочее положение – отцентрировать и отгоризонтировать. 2. Выполнить подготовительные работы в соответствии с технологической картой 2.3: <ul style="list-style-type: none"> - измерить высоту инструмента i; - определить место нуля (МО) вертикального круга.
2.	Съемка основных точек	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навести центр сетки нитей зрительной трубы при «круге лево» на заднюю рейку на отсчет, равный высоте инструмента. Закрепить зажимные винты алидады и трубы. 2. Снять отсчеты по рейке с помощью дальномерных нитей - сначала по нижней (n_1, мм), затем по верхней (n_2, мм) и вычислить расстояние до рейки как разность между снятыми отсчетами по формуле $D = 100 \cdot (n_1 - n_2)$ Значение расстояния занести в третью графу журнала теодолитно-тахеометрического хода. 3. Вращением наводящего винта зрительной трубы переместить центр сетки нитей на основание рейки и снять отсчет по горизонтальному кругу, значение которого занести в четвертую графу журнала.

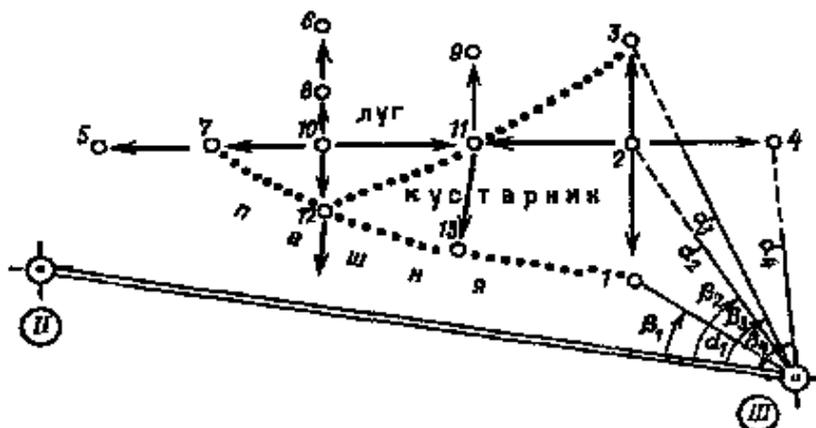
№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p>4. Вращением наводящего винта зрительной трубы навести центр сетки нитей на отсчет, равный высоте инструмента, и снять отсчет по вертикальному кругу, значение которого занести в седьмую графу журнала.</p> <p><u>Примечание:</u> Перед снятием отсчета необходимо убедиться, что пузырек уровня при горизонтальном круге находится в нуль-пункте.</p> <p>5. Ослабить зажимной винт алидады и при закреплённом лимбе сориентировать зрительную трубу на переднюю точку.</p> <p>6. Выполнить все операции по определению расстояния, измерению горизонтального и вертикального углов при визировании на переднюю рейку аналогично задней рейки. Результаты измерений занести в соответствующие графы журнала.</p> <p><u>Примечание:</u> Если невозможно навести центр сетки нитей на отсчет, равный высоте инструмента, то визируют на любой хорошо видимый отсчет или на верх рейки и высоту визирования l занести в журнал.</p> <p>7. Повторить все действия, визируя поочередно на заднюю и переднюю рейки, при «круге право».</p> <p><u>Примечание:</u> Расстояние по дальномеру при «круге право» не определяется.</p> <p>8. Вычислить горизонтальные углы из полуприемов и среднее значение угла полным приемом. Результаты занести в пятую и шестую графы журнала.</p> $\beta_{кЛ} = КЛ_2 - КЛ_1; \beta_{кП} = КП_2 - КП_1; \beta_{кЛ} - \beta_{кП} \leq 1'$ $\beta_{ср} = \frac{\beta_{кЛ} + \beta_{кП}}{2}$ <p>9. Вычислить вертикальные углы полным приемом и место нуля вертикального круга. Результаты занести в восьмую и девятую графы журнала.</p> $\nu = \frac{Л - П}{2}; \quad МО = \frac{Л + П}{2}$ <p><u>Примечание:</u> Точность измерения вертикальных углов подтверждается постоянством места нуля.</p> <p>10. Измерить с помощью буссоли, установленной на теодолите, магнитный азимут линии, ближайшей к магнитному меридиану.</p> <p>11. Заполнить остальные графы журнала (с десятой по пятнадцатую) с помощью микрокалькулятора</p> <ul style="list-style-type: none"> - горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos^2 \nu$ - превышение $h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - l$

6.2. Съёмка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом

Технологическая карта № 6.2

СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ МЕСТНОЙ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА

Схема работ



Время работы: отлично - 90 мин.
хорошо - 110 мин.
удовлет. - 130 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 со штативом.
2. Нивелирные рейки РН-3 – 2 шт.
3. Журнал тахеометрической съемки.
4. Инженерный микрокалькулятор

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить теодолит в точке теодолитно-тахеометрического хода и привести его в рабочее положение – отцентрировать и отгоризонтировать. 2. Выполнить подготовительные работы в соответствии с технологической картой 2.3: <ul style="list-style-type: none"> - измерить высоту инструмента i; - определить место нуля (МО) вертикального круга. 3. При «круге лево» установить на горизонтальном круге теодолита нулевой отсчет $0^{\circ}00'00''$, ослабить зажимной винт лимба и навести центр сетки нитей трубы в основание вехи, стоящей на задней точке. Закрепить все винты инструмента.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
		<p>4. Выписать в журнал тахеометрической съемки исходные данные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отметку опорной точки; - высоту инструмента i; - место нуля (МО). <p>5. На нивелирных рейках сделать яркие повязки на высоте, равной высоте инструмента.</p>
3.	Съемка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом (на примере одной съемочной точки)	<p>1. Установить рейку в характерной съемочной точке, занести точку в абрис.</p> <p>2. Ослабить зажимной винт алидады и полярным способом выполнить съемку при последовательном наведении центра сетки нитей трубы на все речные точки по порядку, расположенные вокруг станции по часовой стрелке, согласно уже готового абриса.</p> <p>3. При каждом визировании на рейку среднюю горизонтальную нить наводят на отсчет, равный высоте инструмента (на повязку), и, закрепив колонку и зрительную трубу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определить расстояние по нитяному дальномеру и занести в третью графу журнала тахеометрической съемки $D = 100 \cdot (n_1 - n_2)$ <p>где n_1 и n_2 – отчеты по нижней и верхней дальномерным нитям;</p> <ul style="list-style-type: none"> - снять отсчет по горизонтальному кругу, который является горизонтальным углом, и занести в четвертую графу журнала; - снять отсчет по вертикальному кругу, определить угол наклона полуприемом с записью в пятую и шестую графы журнала $v = L - MO$ <p>4. По окончании работ на станции проверить ориентирование лимба теодолита, для чего вновь навести центр сетки нитей на начальную точку опорного хода. Если повторный отсчет отличается от нуля больше, чем на 5 мин, то съемку на станции повторить.</p> <p>5. Заполнить остальные графы журнала (с седьмой по тринадцатую) с помощью микрокалькулятора.</p> <ul style="list-style-type: none"> - горизонтальное проложение $d = D \cdot \cos^2 v$ <ul style="list-style-type: none"> - превышение $h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебные цели:

1. Выработать практические умения и приобрести навыки в решении задач по оценке точности геодезических измерений.
2. Привить чувство ответственности за точность проводимых измерений и качество выполняемых работ.

Отрабатываемые вопросы:

1. Решение задач по оценке точности равноточных измерений.
2. Уравновешивание сети полигонов методом красных чисел.

Приборы и принадлежности:

- инженерный микрокалькулятор – каждому;
- чертежные принадлежности - каждому.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Что такое измерения?
2. Классификация существующих измерений.
3. Виды возникающих погрешностей.
4. Свойства случайных погрешностей.
5. Критерии оценки точности результатов равноточных измерений.

7. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Так как геодезические работы состоят главным образом из измерений, а все измерения сопровождаются неизбежными, или случайными ошибками, то необходимо изучить природу таких ошибок, их свойства. Это даст возможность, во-первых, оценить точность полученных результатов измерений, т. е. качество получаемой из измерений продукции и, во-вторых, сделать на основании результатов измерений правильные, наиболее надежные выводы.

Измерением называется процесс сравнения некоторой физической величины с другой одноименной величиной, принятой за единицу измерения.

Классификация измерений

Измерения классифицируются по характеру, количеству и условиям измерений.

По характеру измерений:

- *прямые (непосредственные)* - искомое значение физической величины определяется непосредственно при измерении (измерение длины стола линейкой);

- **косвенные (посредственные)** – искомое значение физической величины определяется на основании известных зависимостей между этой величиной и величинами, измеряемыми прямым измерением (вычисление превышений через длину и угол наклона).

По количеству измерений:

- **необходимые** – количество измерений, достаточное для однозначного определения значения искомой величины (расстояние достаточно измерить один раз);
- **избыточные** – количество измерений, выполненное сверх необходимых.

По условиям измерений:

- **равноточные** – измерения, выполненные в одинаковых условиях, определяющих точность результата;
- **неравноточные** – измерения, выполняемые в разных условиях.

В качестве обстоятельств, учитываемых при определении равноточных измерений, принимаются условия, влияние которых на величину погрешности может быть установлено с достаточной определенностью (точность приборов, способов измерений, многократность измерений и др.).

Классификация погрешностей измерений

Истинная (абсолютная) погрешность – это отклонение Δ полученного результата l от истинного значения величины X .

$$\Delta = l - X$$

Причинами возникновения погрешностей являются:

- ограниченные возможности мерных приборов;
- случайные промахи и просчеты;
- природа измеряемых объектов;
- температурные колебания, состояние атмосферы, внешние воздействия (тряска, покачивание и т.д.)

Для достаточной наглядности точности результатов измерений применяется относительная погрешность.

Относительной погрешностью называется отношение истинной погрешности к измеряемой величине

$$\left(\frac{\Delta}{l} \right).$$

Например: Две линии длиной 100 и 200 м измерены с истинной погрешностью $\Delta = \pm 2$ см. Относительная погрешность данных измерений показывает, что второе измерение в два раза точнее.

$$1. \frac{\Delta}{l} = \frac{2\text{см}}{100\text{м}} = \frac{1}{500}; \quad 2. \frac{\Delta}{l} = \frac{2\text{см}}{200\text{м}} = \frac{1}{1000}.$$

Ввиду неизвестности истинного значения величины за ее численную характеристику принимается среднее арифметическое (\bar{X}) ряда измерений этой величины

$$\bar{X} = \frac{\sum l}{n}.$$

Вероятнейшей погрешностью называется отклонение v измеренного результата l от его среднего арифметического \bar{X}

$$v = l - \bar{X}.$$

В зависимости от природы возникновения погрешности бывают:

Грубые – погрешности из-за промахов и просчетов. Они недопустимы и выявляются путем избыточных (повторных) или контрольных измерений.

Систематические – погрешности из-за ограниченной точности прибора или его износа, неправильного выбора метода измерений, установки прибора. Систематические погрешности имеют определенное направление и величину и входят в результат по определенному закону.

Например, длина линии измеряется лентой, длина которой увеличена по сравнению с номинальной за счет температуры на величину Δl_t . Тогда систематическая погрешность ΔL в длине линии будет

$$\Delta L = \Delta l_t \cdot n,$$

где n – число лент.

Случайные – погрешности, вызванные влиянием случайных величин. Их действие на каждое измерение различно и не может быть заранее учтено. При повторении измерений в одних и тех же условиях случайные погрешности будут различны по величине и по знаку.

Свойства случайных погрешностей:

1. Для данных условий измерения случайные погрешности не могут превосходить по абсолютной величине известного предела, зависящего от точности измерений.

2. вероятность появления погрешности уменьшается с ростом ее величины, т.е. большие погрешности встречаются реже, чем малые.

3. Положительные случайные погрешности встречаются также часто, как и равные им по абсолютной величине отрицательные погрешности.

4. Среднее арифметическое из случайных погрешностей измерений одной и той же величины стремится к нулю при увеличении числа измерений:

$$\lim \frac{\sum \Delta}{n} = 0.$$

Принцип арифметической середины

Было отмечено, что ввиду неизвестности истинного значения величины за ее численную характеристику можно принять среднее арифметическое.

Пусть $l_1; l_2; l_3; \dots; l_n$ – равноточные измерения одной и той же величины, истинное значение которой X , тогда:

$$l_1 - X = \Delta_1$$

$$l_2 - X = \Delta_2$$

$$l_3 - X = \Delta_3$$

.....

$$l_n - X = \Delta_n$$

Почленно сложив и разделив на число измерений будем иметь

$$\frac{\sum l}{n} - X = \frac{\sum \Delta}{n}.$$

Величина $\frac{\sum l}{n} = \bar{X}$ есть **арифметическая середина** X , а величина $\frac{\sum \Delta}{n} = \varepsilon$ - **ошибка арифметического среднего**, тогда

$$\bar{X} - X = \varepsilon \quad \text{или} \quad \bar{X} = X + \varepsilon.$$

При увеличении числа измерений, по четвертому свойству, ошибка арифметического среднего ε стремится к нулю (при $n \rightarrow \infty$, $\varepsilon \rightarrow 0$), а арифметическая середина к истинному значению измеряемой величины. Поэтому при любом конечном числе измерений ($n > 1$) среднее арифметическое из равноточных измерений является наиболее надежным результатом таких измерений.

Критерии оценки точности результатов равноточных измерений

В качестве основного критерия точности ряда равноточных измерений принимается среднее квадратическое отклонение (погрешность), приведенное Гауссом

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}.$$

Таким образом, **средняя квадратическая погрешность** равна корню квадратному из суммы квадратов абсолютных погрешностей деленной на число измерений.

Достоинствами средней квадратической погрешности является то, что это достаточно чувствительная мера точности, так как максимальные по модулю погрешности оказывают на нее наибольшее влияние и достаточно надежно определяют точность при небольшом числе измерений.

Установлено, что погрешности распределяются по нормальному закону (рис. 7.1).

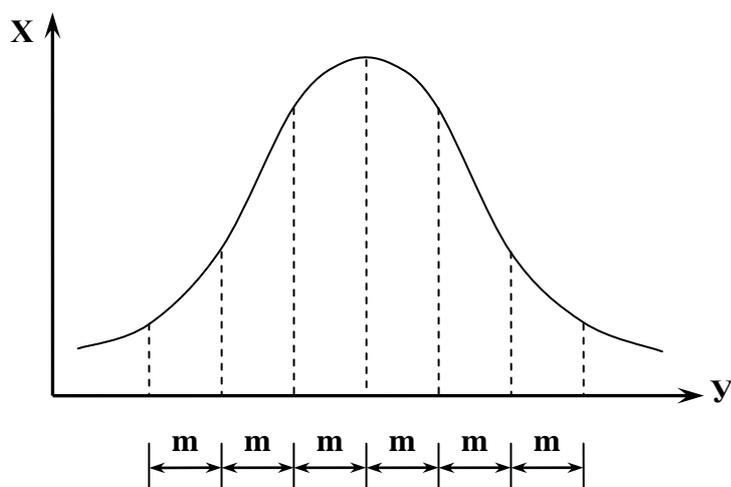


Рисунок 7.1 – Нормальный закон распределения погрешностей

Поэтому для решения практических задач принимается предельная погрешность

$$\Delta_{пред} = 3 \cdot m.$$

При необходимости повысить требования к точности измерений, принимают

$$\Delta_{пред} = 2 \cdot m.$$

Средняя квадратическая погрешность функции независимо измеренных величин

Пусть некая определяемая величина U связана с измеряемыми величинами X и Y зависимостью $U = f(x; y)$, где x и y – истинные значения аргументов, тогда значение функции с учетом погрешностей измерений

$$U + \Delta U = f(x \pm \Delta x; y \pm \Delta y).$$

Не выполняя вывод формулы, запишем выражение средней квадратической погрешности

$$m_u = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 m_z^2}.$$

Таким образом, **средняя квадратическая погрешность функции общего вида** равна корню квадратному из суммы квадратов произведений частных производных по каждой переменной, умноженной на их средние квадратические погрешности.

Средняя квадратическая погрешность арифметической середины

Среднее квадратическое отклонение арифметической середины из ряда равноточных измерений в \sqrt{n} раз меньше средней квадратической погрешности отдельного измерения

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}.$$

Тогда число измерений, необходимое для достижения заданной точности, выразится

$$n = \frac{m^2}{M^2}.$$

Выражение средней квадратической погрешности через вероятнейшие погрешности (формула Бесселя)

Формула средней квадратической погрешности применима для случаев, когда известно истинное значение измеряемой величины. Эти случаи в практике весьма редки. Как правило, истинное значение измеряемой величины неизвестно, но из измерений можно получить наиболее надежный результат – арифметическую середину \bar{X} .

Для вычислений средней квадратической погрешности результатов измерений неизвестной величины применяют формулу Бесселя

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}},$$

где v_i - вероятнейшая погрешность (уклонение отдельного измерения от арифметической середины, $v_i = l_i - \bar{X}$).

Оценка точности неравноточных измерений

На практике очень часто выполняются неравноточные измерения. При вычислении наиболее достоверного значения из ряда неравноточных измерений одной и той же величины нельзя ограничиваться простым арифметическим средним, надо учесть степень надежности каждого результата измерений. Поэтому берется не просто среднее арифметическое, а весовое среднее арифметическое (средневзвешенное) или общая арифметическая средина.

Вес – это степень надежности результата измерения, степень влияния результата на весовое среднее арифметическое.

Чем больше вес, тем надежнее и точнее результат измерения.

Способ определения веса принимается такой, чтобы при более удовлетворяющем нас значении показателя, вес последнего был больше, чем вес показателя менее нас удовлетворяющего.

За веса результатов измерений принимают:

- величину обратную квадрату средней квадратической погрешности

$$p = \frac{c}{m^2},$$

где c – любое число;

m – средняя квадратическая погрешность измерения;

- число измерений (наблюдений)

$$p = n \cdot S;$$

- величину обратно пропорциональную числу станций или длине нивелирного хода.

Если вес результата какого-либо измерения принять равным единице, а среднюю квадратическую погрешность его обозначить через μ , то будем иметь формулу **средней квадратической погрешности единицы веса**

$$1 = \frac{c}{\mu^2}; \quad \mu^2 = c.$$

Общее выражение веса имеет вид

$$p_i = \frac{\mu^2}{m^2}.$$

Весовое арифметическое среднее определяется по формуле

$$x_{cp} = \frac{[p_i \cdot l_i]}{[p_i]}.$$

Для оценки точности неравноточных измерений используют формулы:

1. Средней квадратической погрешности единицы веса:

- для случая, когда даны истинные погрешности измерений $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_i^2 \cdot p_i]}{n}};$$

- для случая, когда даны вероятнейшие погрешности измерений $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_n$

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[\nu_i^2 \cdot p_i]}{n-1}},$$

где μ - средняя квадратическая погрешность измерения с весом, равным единице $p_i = 1$ (ошибке единице веса).

2. Средней квадратической погрешности общей арифметической середины

$$M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[p_i]}}.$$

Уравновешивание сети полигонов
методом красных чисел

Способ профессора В.В. Попова (метод красных чисел) применяется для уравновешивания как свободной, так и несвободной сети полигонов.

При уравновешивании нивелирной сети этот способ является строгим, т.е. дает такие результаты, как и способ наименьших квадратов. Применительно же к уравновешиванию сети теодолитных полигонов он не является строгим, поскольку при этом способе производится раздельное уравновешивание углов и приращений координат.

Ниже показана сущность метода красных чисел на примере уравновешивания свободной и несвободной нивелирной сети IV класса.

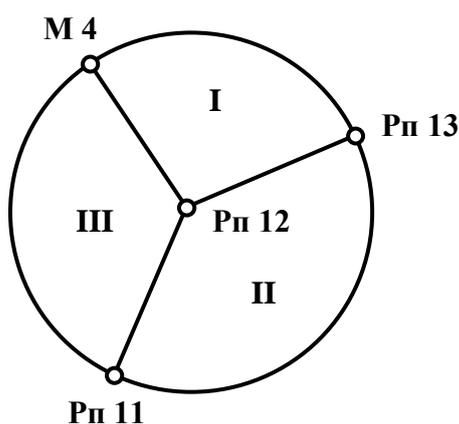


Рисунок 7.2 – Схема свободной нивелирной сети

А. Свободная сеть

Рассмотрим сеть, состоящую из трех полигонов. На схему (рис. 7.2) из нивелирных журналов каждого звена

наносятся все исходные данные, необходимые для уравнивания, оценки точности и вычисления отметок узловых точек.

Исходными данными являются:

- измеренные превышения h_i по каждому звену - ходу, связывающему две соседние узловые точки (стрелками показывается направление возрастания превышений);

- длины звеньев L_i ;
- число станций n_i в каждом звене;
- отметка исходной марки.

Уравнивание производится в следующей последовательности.

1. Прежде всего, подсчитываются невязки в превышениях по каждому полигону, соответствующие обходу полигона по направлению часовой стрелки, и их допустимые значения. Результаты этих вычислений записываются на той же схеме.

2. Убедившись в допустимости невязок, переходят к уравниванию сети. Для этой цели строят новый схематический чертеж более крупных размеров, на котором непосредственно производится вычисление поправок в звенья.

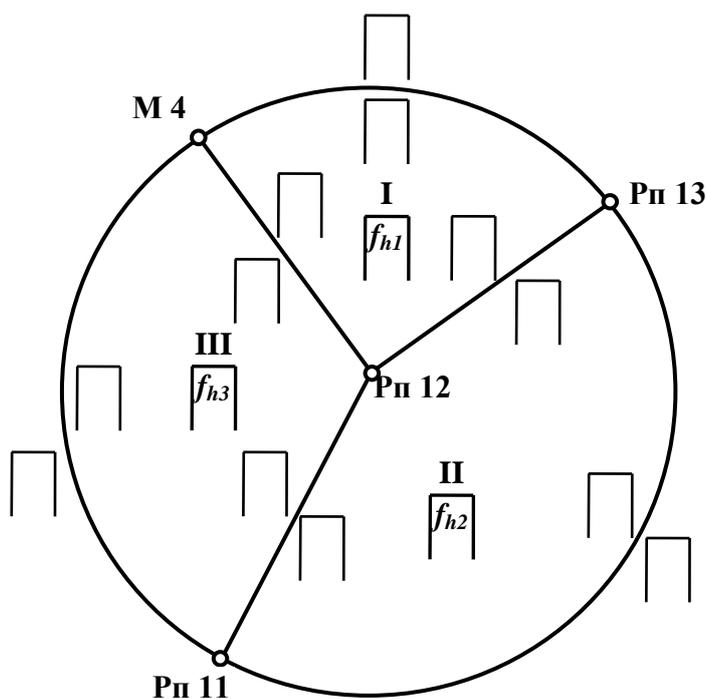


Рисунок 7.3 – Схема для вычисления поправок в звенья нивелирной сети

Соответственно этому определению

3. Внутри каждого полигона (примерно в его середине) и вне полигона около его звеньев заготавливают рамочки для записи чисел (рис. 7.3). Таким образом, у внешних звеньев полигонов будет по одной рамочке, а у внутренних – по две (по одной с каждой стороны). На рамочках, расположенных в центрах полигонов, записываются номера полигонов, а внутри этих рамочек – невязки.

4. Для каждого звена полигона вычисляются красные числа k_i, k_{ij} (i – номер данного полигона, j – номер смежного с ним).

Красным числом называется отношение числа станций в звене к числу станций во всем полигоне (или отношение длины звена к периметру полигона).

$$\left. \begin{aligned} k_i &= \frac{n_i}{\sum n_i} \\ k_{ij} &= \frac{n_{ij}}{\sum n_i} \end{aligned} \right\},$$

где n_i, n_{ij} - число станций в звене; $\sum n_i$ - число станций во всем полигоне.

Сумма красных чисел для каждого полигона должна быть равна единице.

Полученные таким путем числа записываются красным цветом над соответствующими рамочками, расположенными вне полигона около его звеньев.

5. Затем приступают к распределению невязок пропорционально красным числам соответствующих полигонов. Невязки распределяются непосредственно на схеме сети (рис. 3) введением поправок методом последовательных приближений.

Распределение невязок начинается с полигона, имеющего наибольшую по абсолютной величине невязку. Для этого определяют поправки

$$\left. \begin{aligned} \delta_i &= f_{h_i} \cdot k_i \\ \delta_{ij} &= f_{h_i} \cdot k_{ij} \end{aligned} \right\}$$

Поправкой называется произведение невязки в полигоне и его красных чисел.

Полученные произведения записывают во внешних к полигону рамочках под соответствующими красными числами.

Сумма полученных поправок должна быть равна распределенной невязке ($\sum \delta = f_i$). Распределенная невязка подчеркивается.

6. Далее, по ходу часовой стрелки, переходя к следующему полигону. Значение невязки в следующем полигоне изменится на величину поправки, пришедшей из первого (предыдущего) полигона. Учетная поправка подчеркивается.

Новая невязка распределяется пропорционально красным числам рассматриваемого полигона и полученные произведения, сумма которых также должна быть равна распределяемой невязке, записываются во внешних рамочках, под соответствующими красными числами. Распределенная невязка подчеркивается.

7. Аналогично переходят к третьему полигону, в котором будет новая невязка, равная сумме начальной невязки и поправок, пришедших из первого и второго полигонов. Учетные поправки подчеркиваются. Полученная невязка распределяется тем же путем, как и в первых двух полигонах, и подчеркивается.

Закончив распределение невязок во всех полигонах, возвращаются к первому (начальному) полигону. Здесь появилась новая невязка, равная сумме поправок, пришедших из смежных полигонов. Эта невязка распределяется так же, как и первый раз.

8. Таким образом, закончив первый цикл (первый круг) распределения невязок, приступают ко второму, затем к третьему и так далее до тех пор, пока все невязки полигонов станут равными нулю.

Следует помнить, что во избежание повторного использования одной и той же величины в процессе распределения невязок, каждое использованное значение необходимо сразу же подчеркнуть.

9. После того как все невязки будут распределены, подсчитываются суммы чисел во всех табличках у звеньев полигонов (s_i и s_{ij}).

Правильность вычисления этих сумм контролируется по формулам

$$\left. \begin{aligned} [s]_i \cdot k_i &= s_i \\ [s]_i \cdot k_{ij} &= s_{ij} \end{aligned} \right\}$$

где $[s]_i$ – сумма всех чисел во внешних табличках i -го полигона.

10. Затем вычисляются поправки на звенья каждого полигона, считая направление звеньев совпадающим с направлением обхода полигона.

Если i -й полигон по рассматриваемому звену не имеет смежного, то **поправка на звено v_i** равна сумме чисел s_i внешней таблички этого звена с обратным знаком.

Если i -й полигон по рассматриваемому звену имеет смежный с ним полигон, то **поправка на звено v_{ij}** равна разности сумм чисел $s_{ji} - s_{ij}$ внутренней и внешней табличек этого звена.

$$\left. \begin{aligned} v_i &= -s_i + 0 = -s_i \\ v_{ij} &= -s_{ij} + s_{ji} = s_{ji} - s_{ij} \end{aligned} \right\}$$

Полученные поправки записывают в скобках около соответствующих звеньев (рис. 7.3). Около внутренних звеньев сети поправки записывают по обе стороны звена (соответственно двум смежным полигонам этого звена).

В каждом полигоне сумма поправок на звенья должна быть равна невязке полигона с обратным знаком.

11. Для вычисления отметок узловых точек составляется ведомость (табл. 7.1), в которую заносятся номера точек, измеренные превышения по звеньям, поправки на звенья и отметка начальной точки (марки). Введя поправки в измеренные превышения, получают исправленные (уравновешенные) их значения, по которым вычисляются отметки узловых точек.

Таблица 7.1 – Ведомость вычисления отметок узловых точек нивелирной сети

№ узловых точек сети	Измеренные превышения $h_{изм}$, м	Поправки на звенья v , мм	Исправленные превышения $h_{испр}$, м	Отметки точек H , м
1	2	3	4	5
Начальная точка				H_n
Промеж. точки				
Начальная точка				$H_n = H_{пр} + h_{испр}$
	$\Sigma h = -\Sigma v$	$\Sigma v = -\Sigma h$	0	

Если требуется вычислить отметки точек, расположенных внутри какого-либо звена, то производится уравнивание превышений в этом звене по правилу для одиночного хода.

Б. Несвободная сеть.

Уравнивание несвободной сети (рис. 7.4) сводится к уравниванию свободной сети путем введения фиктивных звеньев, соединяющих исходные твердые точки (на рисунке фиктивные звенья показаны прерывистыми линиями).

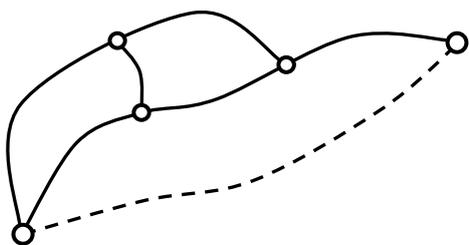


Рисунок 7.4 – Схема несвободной нивелирной сети

В результате получают дополнительные полигоны. Дополнительных полигонов берется для уравнивания на единицу меньше числа твердых точек.

Фиктивные звенья намечаются так, чтобы они не пересекали действительные звенья и чтобы дополнительные полигоны имели как можно меньше действительных звеньев.

Во всех полигонах (включая и дополнительные) подсчитываются невязки, соблюдая правило о направлении обхода полигона, указанное при рассмотрении свободной сети.

С учетом этого правила в дополнительных полигонах невязка подсчитывается по формулам

$$f(h) = [h] - (H_k - H_n)$$

где $[h]$ – сумма измеренных превышений по ходу;

H_n и H_k – отметка начальной и конечной точек.

Проверив допустимость невязок, приступают к уравниванию сети, считая ее свободной, приняв длины фиктивных звеньев равными нулю. В соответствии с этим у фиктивных звеньев не будет красных чисел, а следовательно, не будет и табличек и поправок.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает решение задач по вопросам занятия:

1. Решение задач по оценке точности равноточных измерений.

Задача № 7.1 Решение примера по оценке точности измерений при известном истинном значении измеряемой величины

Задача № 7.2 Решение примера по оценке точности измерений при неизвестном истинном значении измеряемой величины

Задача № 7.3 Решение примера по оценке точности функции независимо измеренных величин

2. Уравнивание сети полигонов методом красных чисел.

Задача № 7.4 Решение примера по уравниванию нивелирной сети из трех полигонов

7.1. Решение задач по оценке точности равноточных измерений

Задача № 7.1. Решение примера по оценке точности измерений при известном истинном значении измеряемой величины

Определить среднее квадратическое отклонение и относительную погрешность результатов измерения длин мерной лентой, если результаты шести измерений следующие:

$$l_1 = 100,01 \text{ м}; \quad l_3 = 100,04 \text{ м}; \quad l_5 = 99,99 \text{ м};$$

$$l_2 = 100,02 \text{ м}; \quad l_4 = 99,98 \text{ м}; \quad l_6 = 99,97 \text{ м},$$

а истинное значение длины линии – $L = 100 \text{ м}$.

Решение

1. Абсолютные погрешности результатов отдельных измерений

$$\Delta_i = l_i - L.$$

$$\Delta_1 = + 0,01; \quad \Delta_2 = + 0,02; \quad \Delta_3 = + 0,04;$$

$$\Delta_4 = - 0,02; \quad \Delta_5 = - 0,01; \quad \Delta_6 = - 0,03.$$

2. Средняя квадратическая погрешность результатов измерений

$$m_l = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}.$$

$$m_l = \sqrt{\frac{[0,01^2 + 0,02^2 + 0,04^2 + (-0,02)^2 + (-0,01)^2 + (-0,03)^2]}{6}} = 0,024 \text{ м}.$$

3. Относительная погрешность результатов измерений

$$\frac{m_l}{L} = \frac{0,023}{100} = \frac{1}{4167}.$$

Задача № 7.2. Решение примера по оценки точности измерений при неизвестном истинном значении измеряемой величины

Оценить точность измерений длины линии, результаты которых приведены в задаче № 1, если ее истинное значение неизвестно.

Решение.

1. Арифметическая средина результатов измерений

$$\bar{X}_l = \frac{\sum l_i}{n}.$$

$$\bar{X}_l = \frac{100,01 + 100,02 + 100,04 + 99,98 + 99,99 + 99,97}{6} = \frac{600,01}{6} = 100,002 \text{ м}$$

2. Вероятнейшие погрешности отдельных измерений

$$v = l_i - \bar{X}_l.$$

$$v_1 = + 0,008 \text{ м}; \quad v_2 = + 0,018 \text{ м}; \quad v_3 = + 0,038 \text{ м};$$

$$v_4 = - 0,022 \text{ м}; \quad v_5 = - 0,012 \text{ м}; \quad v_6 = - 0,032 \text{ м}.$$

3. Средняя квадратическая погрешность результатов измерений

$$m_l = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}.$$

$$m_l = \sqrt{\frac{0,008^2 + 0,018^2 + 0,038^2 + (-0,022)^2 + (-0,012)^2 + (-0,032)^2}{6-1}} =$$
$$= 0,0264 = 0,026 \text{ м}$$

4. Средняя квадратическая погрешность арифметической средины

$$M_l = \frac{m_l}{\sqrt{n}}.$$

$$M_l = \frac{0,026}{\sqrt{6}} = 0,011 \text{ м}.$$

5. Длина линии и точность ее измерения

$$L = \bar{X}_l \pm M_l.$$

$$L = 100,002 \pm 0,011 \text{ м.}$$

Проблемный вопрос:

Как быть, если поставлена задача теодолитом 2Т-30 измерить горизонтальный угол со средней квадратической погрешностью 10"

Ответ:

Нужно измерить угол несколькими приемами, ибо средняя квадратическая погрешность измерения одним полуприемом равна 30".

Количество полуприемов определяется

$$n = \frac{m^2}{M^2},$$

где $m = 30''$, $M = 1''$;

$$n = \frac{30^2}{10^2} = \frac{900}{100} = 9 \text{ полуприемов или 5 приемов.}$$

Таким образом, для измерения горизонтального угла теодолитом 2Т-30 со средней квадратической погрешностью 10", нужно измерить этот угол девятью полуприемами или пятью приемами.

Задача № 7.3. Решение примера по оценке точности функции независимо измеренных величин

Превышение между точками *A* и *B* (рис. 7.5) определено по углу наклона $\nu = 45^\circ$, измеренному со средней квадратичной погрешностью $m_\nu = \pm 30''$ и расстоянию $L = 50,5$ м, измеренному с точностью $m_L = 0,05$ м.

Оценить точность, с которой вычислено превышение.

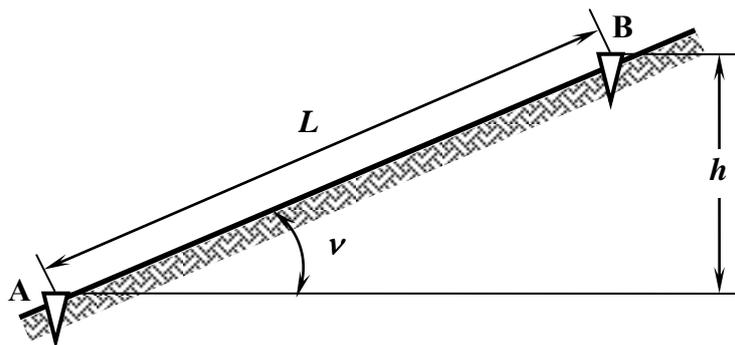


Рис. 7.5. Схема определения превышения

Решение.

1. Превышение

$$h' = L \cdot \sin \alpha .$$

$$h' = 50,5 \cdot \sin 45^\circ = 50,5 \cdot 0,707 = 35,704 \text{ м.}$$

2. Средняя квадратическая погрешность

$$m_h^2 = \left(\frac{\partial h'}{\partial L} \right)^2 \cdot m_L^2 + \left(\frac{\partial h'}{\partial \nu} \right)^2 \cdot m_\nu^2 .$$

$$\begin{aligned} m_h &= \pm \sqrt{\sin^2 \nu \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \cos^2 \nu \cdot m_\nu^2} = \\ &= \pm \sqrt{0,707^2 \cdot 0,05^2 + 50,5^2 \cdot 0,707^2 \cdot 0,000152^2} = \pm 0,0353 \text{ м} \end{aligned}$$

3. Точность вычисления превышения

$$h = h' \pm m_h .$$

$$h = 35,704 \pm 0,035 \text{ м.}$$

7.2. Уравновешивание сети полигонов методом красных чисел

Задача № 7.4. Решение примера по уравновешиванию нивелирной сети из трех полигонов.

Выполнить уравновешивание нивелирной сети, состоящей из трех полигонов. Все данные, необходимые для уравновешивания сети приведены на схематическом чертеже (рис. 7.6).

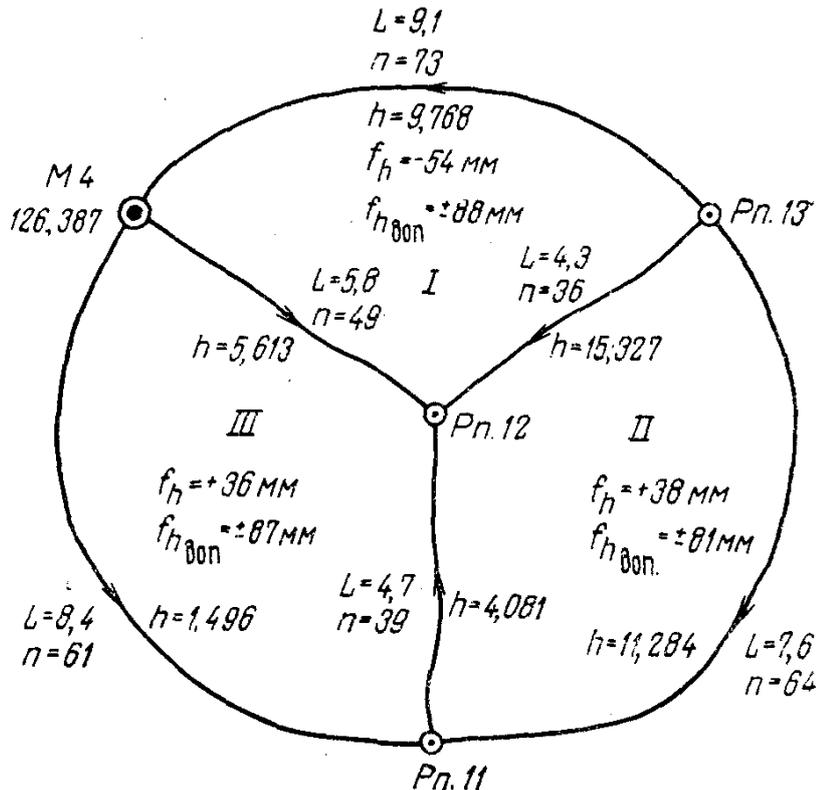


Рисунок 7.6 – Схема уравновешивания нивелирной сети полигонов

Решение

1. Вычисление невязок в превышениях по каждому полигону

$$f_h = \sum h_i ; \quad L = \sum L_i ; \quad \text{don}f_h = \pm 20\sqrt{L}.$$

а) невязка в I полигоне

$$f_h = -9,768 - 5,613 + 15,327 = -54 \text{ мм}$$

$$L = 9,1 + 3,3 + 5,8 = 19,2 \text{ км}$$

$$\text{don}f_h = \pm 20\sqrt{19,2} = \pm 88 \text{ мм}$$

б) невязка во II полигоне

$$f_h = 11,284 + 4,081 - 15,327 = +38 \text{ мм}$$

$$L = 4,3 + 7,6 + 4,7 = 16,6 \text{ км}$$

$$\partial \text{on} f_h = \pm 20 \sqrt{16,6} = \pm 81 \text{ мм}$$

в) невязка в III полигоне

$$f_h = 5,613 - 4,081 - 1,496 = +36 \text{ мм}$$

$$L = 5,8 + 4,7 + 8,4 = 18,9 \text{ км}$$

$$\partial \text{on} f_h = \pm 20 \sqrt{18,9} = \pm 87 \text{ мм}$$

2. Вычисление красных чисел и нанесение необходимых данных на схему (рис. 7) уравнивания сети

$$k_i = \frac{n_i}{\sum n_i}; \quad k_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum n_i}$$

Сумма красных чисел в полигоне должна равняться единице

$$\sum k = 1.$$

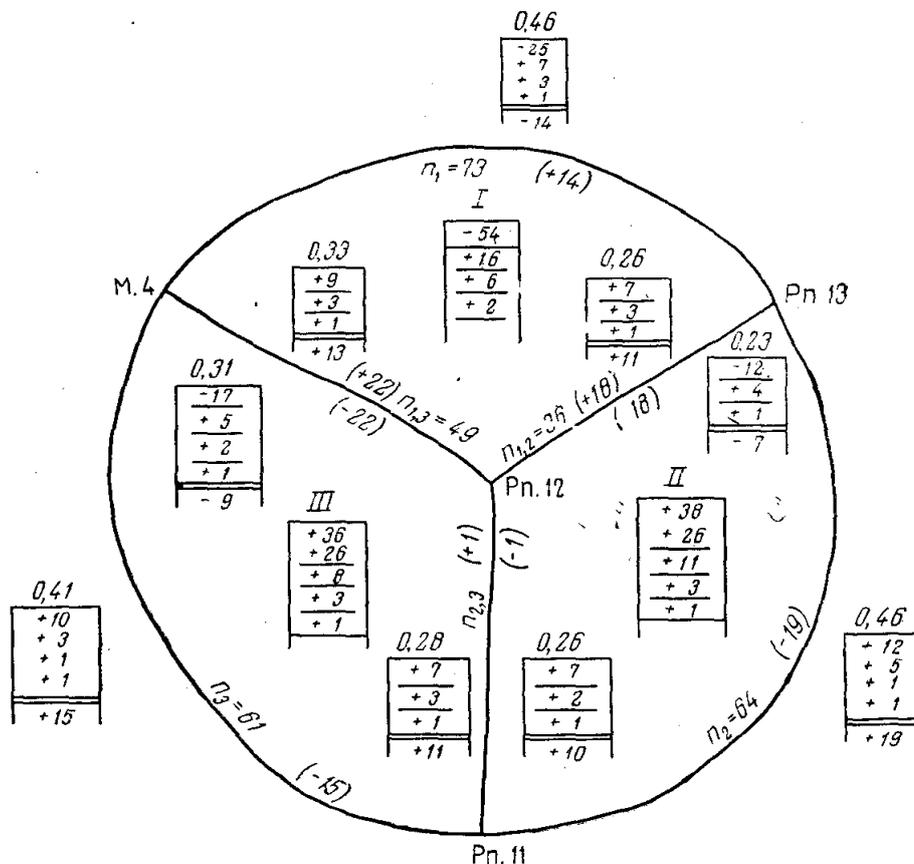


Рисунок 7.7 – Новая схема для вычисления поправок в звенья

а) красные числа в I полигоне

$$\sum n_i = 73 + 36 + 49 = 158$$

$$k_1 = \frac{73}{158} = 0,46; \quad k_{1-2} = \frac{36}{158} = 0,23; \quad k_{1-3} = \frac{49}{158} = 0,31;$$

$$\text{Контроль } \sum k = 0,46 + 0,23 + 0,31 = 1,0$$

б) красные числа во II полигоне

$$\sum n_i = 36 + 64 + 39 = 139$$

$$k_{2-1} = \frac{36}{139} = 0,26; \quad k_2 = \frac{64}{139} = 0,46; \quad k_{2-3} = \frac{39}{139} = 0,28;$$

$$\text{Контроль } \sum k = 0,26 + 0,46 + 0,28 = 1,0$$

в) красные числа в III полигоне

$$\sum n_i = 39 + 61 + 49 = 149$$

$$k_{3-2} = \frac{39}{149} = 0,26; \quad k_3 = \frac{61}{149} = 0,41; \quad k_{3-1} = \frac{49}{149} = 0,33;$$

$$\text{Контроль } \sum k = 0,26 + 0,41 + 0,33 = 1,0$$

3. Распределение невязок выполняют последовательным приближением вводом поправок (начинают с полигона, имеющего наибольшую по абсолютной величине невязку).

$$\delta_i = f_{h_i} \cdot k_i; \quad \delta_{ij} = f_{h_i} \cdot k_{ij}.$$

Сумма всех поправок должна равняться распределяемой невязке

$$\sum \delta = f_{h_i}$$

а) поправки в I полигоне

$$\delta_1 = -54 \cdot 0,46 = -25;$$

$$\delta_{1-2} = -54 \cdot 0,23 = -12;$$

$$\delta_{1-3} = -54 \cdot 0,31 = -17;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = -25 - 12 - 17 = -54.$$

Поправки выписываются в рамочки у границ I полигона (рис. 7).

б) поправки во II полигоне

Невязка во II полигоне изменилась на величину поправки переданной из I полигона и стала $f_h = 38 - 12 = +26$.

$$\delta_2 = +26 \cdot 0,46 = +12;$$

$$\delta_{2-1} = +26 \cdot 0,26 = +7;$$

$$\delta_{2-3} = +26 \cdot 0,28 = +7;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +12 + 7 + 7 = +26 .$$

Поправки выписываются в рамочки у границ II полигона (рис. 7).

в) поправки в III полигоне

Невязка в III полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и II полигонов и стала $f_h = +36 + 7 - 17 = +26$.

$$\delta_3 = +26 \cdot 0,41 = +10;$$

$$\delta_{3-2} = +26 \cdot 0,26 = +7;$$

$$\delta_{3-1} = +26 \cdot 0,33 = +9;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +10 + 7 + 9 = +26 .$$

Поправки выписываются в рамочки у границ III полигона (рис. 7). Затем все распределенные невязки и учтенные поправки сразу же подчеркиваются.

4. Второй и последующие круги распределения невязок выполняются с учетом того, что новая невязка представляет собой сумму поправок, пришедших из соседних полигонов.

4.1. Второй круг распределения невязок:

а) поправки в I полигоне

Невязка в I полигоне изменилась на величину поправки переданной из II и III полигонов и стала $f_h = +9 + 7 = +16$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой -54 .

$$\delta_1 = +16 \cdot 0,46 = +7;$$

$$\delta_{1-2} = +16 \cdot 0,23 = +4;$$

$$\delta_{1-3} = +16 \cdot 0,31 = +5;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +7 + 4 + 5 = +16 .$$

б) поправки во II полигоне

Невязка во II полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и III полигонов и стала $f_h = +4 + 7 = +11$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +26.

$$\delta_2 = +11 \cdot 0,46 = +5;$$

$$\delta_{2-1} = +16 \cdot 0,26 = +3;$$

$$\delta_{2-3} = +16 \cdot 0,28 = +3;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +5 + 3 + 3 = +11.$$

в) поправки в III полигоне

Невязка в III полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и II полигонов и стала $f_h = +3 + 5 = +8$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +26.

$$\delta_3 = +8 \cdot 0,41 = +3;$$

$$\delta_{3-2} = +8 \cdot 0,26 = +2;$$

$$\delta_{3-1} = +8 \cdot 0,33 = +3;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +3 + 2 + 3 = +8.$$

4.2. Третий круг распределения невязок:

а) поправки в I полигоне

Невязка в I полигоне изменилась на величину поправки переданной из II и III полигонов и стала $f_h = +3 + 3 = +6$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +16.

$$\delta_1 = +6 \cdot 0,46 = +3;$$

$$\delta_{1-2} = +6 \cdot 0,23 = +1;$$

$$\delta_{1-3} = +6 \cdot 0,31 = +2;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +3 + 1 + 2 = +6.$$

б) поправки во II полигоне

Невязка во II полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и III полигонов и стала $f_h = +1 + 2 = +3$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +11.

$$\delta_2 = +3 \cdot 0,46 = +1;$$

$$\delta_{2-1} = +3 \cdot 0,26 = +1;$$

$$\delta_{2-3} = +3 \cdot 0,28 = +1;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +1 + 1 + 1 = +3.$$

в) поправки в III полигоне

Невязка в III полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и II полигонов и стала $f_h = +1 + 2 = +3$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +8.

$$\delta_3 = +3 \cdot 0,41 = +1;$$

$$\delta_{3-2} = +3 \cdot 0,26 = +1;$$

$$\delta_{3-1} = +3 \cdot 0,33 = +1;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +1 + 1 + 1 = +3.$$

4.3. Четвертый круг распределения невязок:

а) поправки в I полигоне

Невязка в I полигоне изменилась на величину поправки переданной из II и III полигонов и стала $f_h = +1 + 1 = +2$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +6.

$$\delta_1 = +2 \cdot 0,46 = +1;$$

$$\delta_{1-2} = +2 \cdot 0,23 = +0;$$

$$\delta_{1-3} = +2 \cdot 0,31 = +1;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +1 + 0 + 1 = +2.$$

б) поправки во II полигоне

Невязка во II полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и III полигонов и стала $f_h = +0 + 1 = +1$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +3.

$$\delta_2 = +1 \cdot 0,46 = +1;$$

$$\delta_{2-1} = +1 \cdot 0,26 = +0;$$

$$\delta_{2-3} = +1 \cdot 0,28 = +0,1;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +1 + 0 + 0 = +1.$$

в) поправки в III полигоне

Невязка в III полигоне изменилась на величину поправки переданной из I и II полигонов и стала $f_h = +0 + 1 = +1$. Новая невязка записывается в рамочку под чертой, проведенной под распределенной невязкой +3.

$$\delta_3 = +1 \cdot 0,41 = +1;$$

$$\delta_{3-2} = +1 \cdot 0,26 = +0;$$

$$\delta_{3-1} = +1 \cdot 0,33 = +0;$$

$$\text{Контроль } \sum \delta = +1 + 0 + 0 = +13.$$

5. Суммы чисел в табличках у звеньев s_i ; s_{ij} .

Контроль сумм

$$\left. \begin{aligned} [s]_i \cdot k_i &= s_i \\ [s]_i \cdot k_{ij} &= s_{ij} \end{aligned} \right\}$$

а) суммы в I полигоне

$$s_1 = -14; \quad s_{1-2} = -7; \quad s_{1-3} = -9$$

$$[s]_i = -14 - 7 - 9 = -30;$$

$$\text{Контроль } s_1 = -30 \cdot 0,46 = -13,8;$$

$$s_{1-2} = -30 \cdot 0,23 = -6,9;$$

$$s_{1-3} = -30 \cdot 0,31 = -9,3.$$

б) суммы во II полигоне

$$s_2 = +19; \quad s_{2-1} = +11; \quad s_{2-3} = +11$$

$$[s]_i = +19 + 11 + 11 = +41;$$

$$\text{Контроль } s_2 = +41 \cdot 0,46 = +18,9;$$

$$s_{2-1} = +41 \cdot 0,26 = +10,7;$$

$$s_{2-3} = +41 \cdot 0,28 = +11,4.$$

в) суммы в III полигоне

$$s_3 = +15; \quad s_{3-2} = +10; \quad s_{3-1} = +13$$

$$[s]_i = +15 + 10 + 13 = +38;$$

$$\text{Контроль } s_3 = +38 \cdot 0,41 = +15,5;$$

$$s_{3-2} = +38 \cdot 0,26 = +9,9;$$

$$s_{3-1} = +38 \cdot 0,33 = +12,5.$$

6. Поправки на звенья каждого полигона

$$\left. \begin{aligned} v_i &= -s_i \\ v_{ij} &= s_{ji} - s_{ij} \end{aligned} \right\}$$

Сумма всех поправок на звенья в полигоне должна равняться невязки с обратным знаком

$$[v]_i = -f_h$$

а) поправки на звенья в I полигоне

$$v_1 = +14; \quad v_{1-2} = 11 - (-7) = +18; \quad v_{1-3} = 13 - (-9) = +22;$$

Контроль $[v]_i = +14 + 18 + 22 = +54; \quad f_h = -54 \text{ мм.}$

б) поправки на звенья во II полигоне

$$v_2 = -19; \quad v_{2-1} = -7 - 11 = -18; \quad v_{2-3} = 10 - 11 = -1;$$

Контроль $[v]_i = -19 - 18 - 1 = -38; \quad f_h = +38 \text{ мм.}$

в) поправки на звенья в III полигоне

$$v_3 = -15; \quad v_{3-2} = +11 - 10 = +1; \quad v_{3-1} = -9 - 13 = -22;$$

Контроль $[v]_i = -15 + 1 - 22 = -36; \quad f_h = +36 \text{ мм.}$

7. Отметки узловых точек вычисляются в ведомости

Таблица 7.2 – Ведомость вычисления отметок узловых точек нивелирной сети

№ узловых точек сети	Измеренные превышения $h_{изм}$, м	Поправки на звенья v , мм	Исправленные превышения $h_{испр}$, м	Отметки точек H , м
1	2	3	4	5
М.4				126,387
	-9,768	+14	-9,754	
Рп.13				116,633
	+15,327	+18	+15,345	
Рп.12				131,978
	-4,081	+1	-4,080	
Рп.11				127,898
	-1,496	-15	-1,511	
М.4				126,387
	-18	+18	0	

8. Средняя квадратическая погрешность нивелирования на 1 км хода

$$m = \pm \sqrt{\frac{[p v^2]}{n-1}}; \quad p_i = \frac{l}{L_i};$$

где L_i – длина звена, в км;
 n – число звеньев в полигоне.

а) средняя квадратическая погрешность в I полигоне

$$\begin{aligned} v_1 &= +14; & v_2 &= +18; & v_3 &= +22; \\ p_1 &= 0,11; & p_2 &= 0,23; & p_3 &= 0,17; \end{aligned}$$

$$m_I = \pm \sqrt{\frac{14^2 \cdot 0,11 + 18^2 \cdot 0,23 + 22^2 \cdot 0,17}{3}} = \pm \sqrt{\frac{178,36}{3}} = \pm 8 \text{ мм.}$$

б) средняя квадратическая погрешность во II полигоне

$$\begin{aligned} v_1 &= -19; & v_2 &= -18; & v_3 &= -1; \\ p_1 &= 0,13; & p_2 &= 0,23; & p_3 &= 0,21; \end{aligned}$$

$$m_{II} = \pm \sqrt{\frac{(-19)^2 \cdot 0,13 + (-18)^2 \cdot 0,23 + (-1)^2 \cdot 0,21}{3}} = \pm \sqrt{\frac{100,21}{3}} = \pm 6 \text{ мм.}$$

в) средняя квадратическая погрешность в III полигоне

$$\begin{aligned} v_1 &= +1; & v_2 &= -15; & v_3 &= -22; \\ p_1 &= 0,21; & p_2 &= 0,12; & p_3 &= 0,17; \end{aligned}$$

$$m_{III} = \pm \sqrt{\frac{1^2 \cdot 0,21 + (-15)^2 \cdot 0,12 + (-22)^2 \cdot 0,17}{3}} = \pm \sqrt{\frac{109,49}{3}} = \pm 6 \text{ мм.}$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Учебные цели:

1. Выработать практические умения и приобрести навыки в подготовке разбивочных данных и составлению разбивочных чертежей.
2. Формировать понимание важности подготовки геодезических данных для точного выноса проекта в натуру.

Отрабатываемые вопросы:

1. Решение задачи по подготовке данных для выноса в натуру красной линии застройки.

Приборы и принадлежности:

- инженерный микрокалькулятор – каждому;
- чертежные принадлежности - каждому.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Прямая геодезическая задача?
2. Обратная геодезическая задача?
3. В чем заключается сущность геодезических работ ?
4. Способы подготовки разбивочных данных ?
5. Назвать разбивочные элементы, которые определяются при геодезической подготовке проекта.
6. Что собой представляет разбивочный чертеж?
7. Что называется красной линией застройки ?
8. Что собой представляет строительная сетка ?

8. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

При возведении сооружений для перенесения проекта в натуру выполняют геодезические разбивочные работы. Они заключаются в перенесении на местность (в выносе в натуру) точек, осей и отметок запроектированных сооружений и их закрепление специальными знаками. Геодезические разбивочные работы являются составной частью технологического процесса строительства любых сооружений военных объектов. Эти работы предшествуют каждой из стадий строительства, сопровождают и завершают возведение сооружения.

Основными видами геодезических разбивочных работ являются:

- построение на местности линий в заданном направлении;
- построение на местности линий заданной длины;
- построение на местности проектных углов;
- вынос в натуру точек с заданными координатами и отметками;
- построение на местности линий и плоскостей с проектными уклонами.

Проект переносится в натуру после его подготовки от геодезической рабочей основы или строительной сетки.

В результате подготовки проекта для перенесения в натуру необходимо вычислить координаты всех точек, подлежащих выносу в натуру, дирекционные углы и расстояния между точками.

Эти данные могут быть получены графическим, аналитическим и графо-аналитическим способами.

При графическом способе определение координат, измерение линий, горизонтальных и дирекционных углов производится с помощью циркуля, поперечного масштаба и транспортира. Графический способ менее точный, поэтому он в чистом виде мало применим.

При аналитическом способе подготовки геодезических данных координаты проектных точек сооружений вычисляют по исходным координатам и проектным значениям длины линий и их ориентирования. Вычисления ведут по формулам прямой геодезической задачи. В случае наличия координат проектных точек сооружения, вычисляют длины линий и дирекционные углы, пользуясь формулами обратной геодезической задачи.

В практике наиболее применим графо-аналитический способ геодезической подготовки проектов для перенесения в натуру, при этом графические и аналитические определения сочетаются так, чтобы не нарушались наложенные на проект условия.

Все необходимые данные для перенесения отдельных элементов сооружений в натуру наносят на разбивочный чертеж (рис. 8.2) при геодезической подготовке проекта.

На данном занятии будет рассмотрена задача по подготовке данных для выноса в натуру отрезка красной линии застройки.

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает решение задачи по вопросу занятия:

1. Подготовка разбивочных данных для выноса проекта на местность.

Задача № 8.1 Решение примера по подготовке данных для выноса в натуру красной линии застройки.

8.1. Подготовка разбивочных данных для выноса проекта на местность

Задача № 8.1. Решение примера по подготовке данных для выноса в натуру красной линии застройки

Запроектировать отрезок красной линии застройки AB , на котором разбить контур сооружения размером 20×40 м, его длинной стороной вдоль красной линии и вершиной одного угла в точке B окончания красной линии, и построить разбивочный чертеж, если известны (рис. 8.1):

- координаты реперов опорной сети P_{n-1} ($X_{P_{n-1}} = 1702$; $Y_{P_{n-1}} = 1408$) и P_{n-2} ($X_{P_{n-2}} = 1660$; $Y_{P_{n-2}} = 1485$);
- координаты точки A ($X_A = 1810$; $Y_A = 1390$).
- дирекционный угол направления AB $\alpha_{A-B} = 114^{\circ}32'$
- длина отрезка красной линии $L_{A-B} = 100$ м.

Задача состоит в том, чтобы по известным координатам вычислить углы и расстояния.

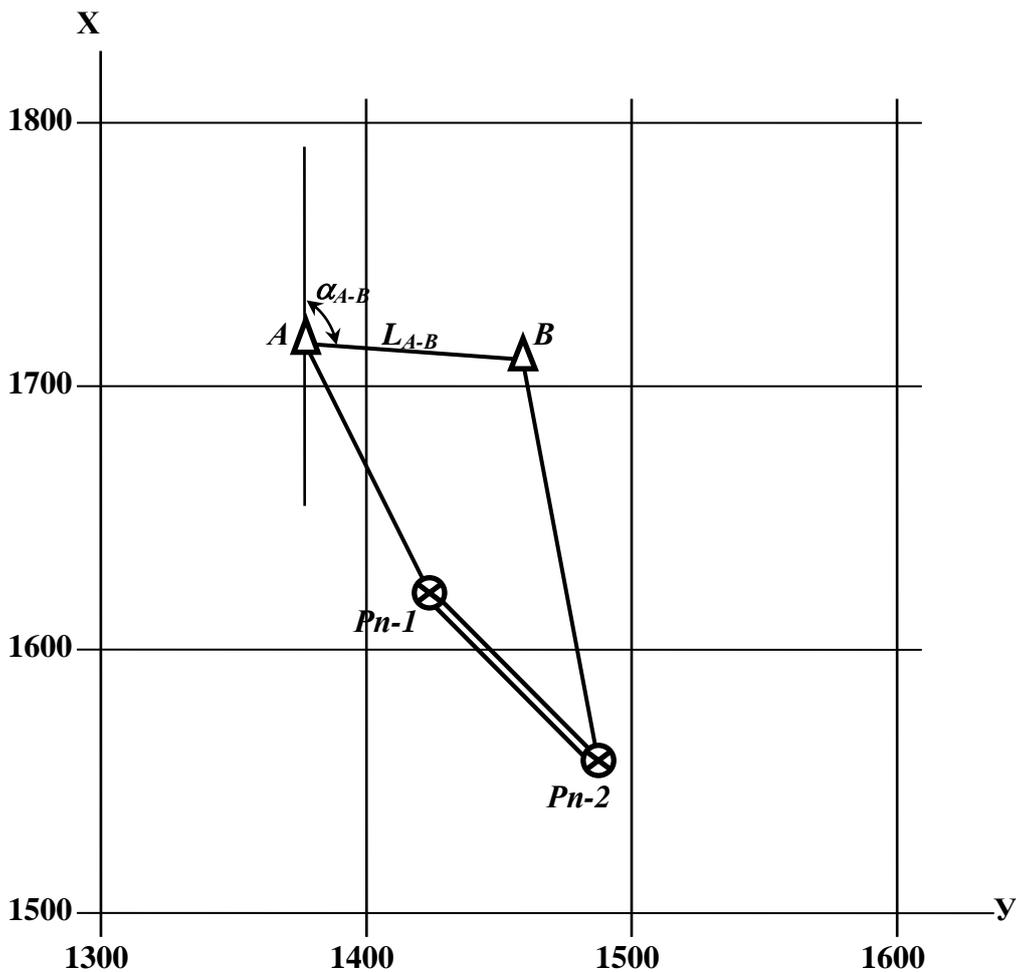


Рисунок 8.1 – Проект застройки

Решение

1. Вычисление координат конечной точки **B** отрезка красной линии застройки по формулам прямой геодезической задачи

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{a-b}; & Y_B &= Y_A + \Delta Y_{a-b} \\ \Delta X_{AB} &= L_{AB} \cos \alpha_{AB}; & \Delta Y_{AB} &= L_{AB} \sin \alpha_{AB} \end{aligned}$$

$$\Delta X_{AB} = -41,522$$

$$\Delta Y_{AB} = +90,972$$

$$X_B = 1810 + (-41,522) = 1768,5$$

$$Y_B = 1390 + 1480,97$$

2. Вычисление дирекционных углов и длин сторон полигона по формулам обратной геодезической задачи

а) вычисление дирекционных углов

$$\operatorname{tg} \alpha_{B-Pn2} = \frac{Y_{Pn2} - Y_B}{X_{Pn2} - X_B} = \frac{1485 - 1480,97}{1660 - 1768,5} = \frac{4,03}{-108,5} = -0,0394; \quad \alpha_{B-Pn2} = -2^{\circ} 15';$$

$$\alpha_{B-Pn2} = 180^{\circ} - 2^{\circ} 15' = 177^{\circ} 45';$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{Pn2-Pn1} = \frac{Y_{Pn1} - Y_{Pn2}}{X_{Pn1} - X_{Pn2}} = \frac{1408 - 1485}{1702 - 1660} = \frac{-77}{42} = -1,833; \quad \alpha_{Pn2-Pn1} = -61^{\circ} 23'$$

$$\alpha_{Pn2-Pn1} = 360^{\circ} - 61^{\circ} 23' = 298^{\circ} 37';$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{Pn1-A} = \frac{Y_A - Y_{Pn1}}{X_A - X_{Pn1}} = \frac{1390 - 1408}{1810 - 1702} = \frac{-18}{108} = -0,1667; \quad \alpha_{Pn1-A} = -9^{\circ} 28'$$

$$\alpha_{Pn1-A} = 360^{\circ} - 9^{\circ} 28' = 350^{\circ} 52'.$$

б) вычисление длин сторон

$$L_{Pn2-Pn1} = \frac{X_{Pn1} - X_{Pn2}}{\cos \alpha_{Pn2-Pn1}} = \frac{1702 - 1660}{\cos 298^{\circ} 37'} = 87,8 \text{ м};$$

$$L_{Pn1-A} = \frac{Y_A - Y_{Pn1}}{\sin \alpha_{Pn1-A}} = \frac{1390 - 1408}{\sin 350^{\circ} 52'} = \frac{-18}{-0,1644} = 109,3 \text{ м}.$$

3. Вычисление горизонтальных углов

$$\beta_n = \alpha_n + 180^{\circ} - \alpha_{n+1}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 298^\circ 37' + 180^\circ - 350^\circ 32' = 128^\circ 07' \\ \beta_2 &= 350^\circ 32' + 180^\circ - 114^\circ 32' = 56^\circ 00' \\ \beta_3 &= 114^\circ 32' + 180^\circ - 177^\circ 45' = 116^\circ 47' \\ \beta_4 &= 177^\circ 45' + 180^\circ - 298^\circ 37' = 59^\circ 08'\end{aligned}$$

4. Проверка выполнимости условия $f_\beta \leq \text{дон}f_\beta$ (при работе 2Т-30):

$$\begin{aligned}\Sigma\beta_{\text{изм}} &= \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4, & \Sigma\beta_{\text{теор}} &= 180^\circ \cdot (n - 2) \\ f_\beta &= \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}, & \text{дон}f_\beta &= \pm 1' \sqrt{n}\end{aligned}$$

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 128^\circ 07' + 56^\circ 00' + 116^\circ 47' + 59^\circ 08' = 360^\circ 02';$$

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (4 - 2) = 360^\circ 00';$$

$$f_\beta = 360^\circ 02' - 360^\circ 00' = +2'.$$

$$\text{дон}f_\beta = +1' \sqrt{4} = +2'$$

Условие $f_\beta \leq \text{дон}f_\beta$ выполнено, т.е. $2' = 2'$.

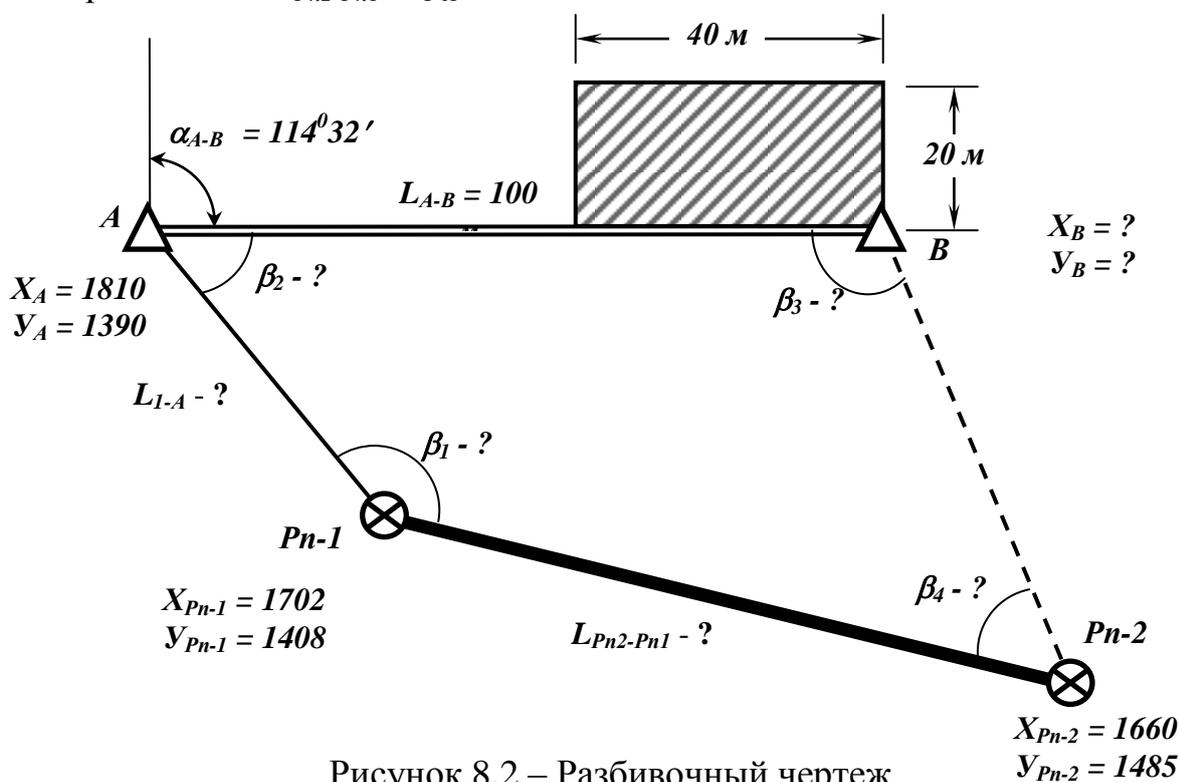
5. Распределение невязки

Поправки по одной минуте целесообразно ввести в углы β_2 и β_4 .

6. Оформление разбивочного чертежа

Разбивочный чертеж (рис. 8.2) представляет собой теодолитный ход с известными координатами его вершин и содержит разбивочные элементы:

- горизонтальные углы β_1 ; β_2 ; β_3 ; β_4 .
- расстояния $L_{P_{n-2}-P_{n-1}}$; L_{1-A} .



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПЛАНОВОЙ И ВЫСОТНОЙ РАЗБИВКИ

Учебные цели:

1. Изучить способы построений на местности проектных углов и линий, заданных направлений и отметок точек.
2. Выработать практические умения и приобрести навыки выполнения плановых и высотных разбивок.

Отрабатываемые вопросы:

1. Разбивка линий заданной длины, заданных направлений.
2. Разбивка проектного угла.
3. Разбивка отметки точки.
4. Передача отметки по вертикали.

Приборы и принадлежности:

- теодолит 2Т-30 в комплекте со штативом и отвесом;
- нивелир Н-3 (Н-3К) в комплекте;
- мерная лента ЛЗ-20 в комплекте;
- нивелирная рейка РН-3 - 2 шт.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Порядок разбивки линии способом ватерпасовки.
2. Порядок разбивки линии способом редукции.
3. Порядок разбивки заданного направления способом вешения.
4. Порядок разбивки горизонтального угла приближенным способом.
5. Порядок разбивки горизонтального угла с заданной точностью.
6. Порядок выноса в натуру отметки точки.
7. Порядок передачи отметки на монтажный горизонт.
8. Порядок передачи отметки на дно котлована.

9. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Вынос в натуру точек и осей сооружений выполняется различными способами. Эти способы включают в себя ряд элементарных геодезических построений на местности, таких как построение линий и углов заданной величины, линий проектной длины в заданном направлении и построение заданных направлений. Любое построение является действием, обратным измерению: если при измерении определяется неизвестная пространственная характеристика закрепленная на местности, то при построении откладывается и закрепляется на местности заданная проектом величина.

Построение линий заданной длины

При разбивочных работах приходится часто сталкиваться с построением на местности линий заданной проектом длины. Оно заключается в том, что проектную длину линии, заданную горизонтальным проложением, откладывают на местности, которая в общем случае является наклонной.

Если не требуется высокой точности построения линии, то ее длину откладывают *способом ватерпасовки* с помощью проверенного мерного прибора без введения каких-либо поправок. Ленту, рулетку или проволоку удерживают на весу в горизонтальном положении, которое определяется на глаз или по уровню. Конец мерного прибора проецируется на местность также на глаз или по отвесу (рис. 9.1).

В случаях, когда необходимо построить линию с заданной точностью, пользуются одним из двух *способов редукции*:

- откладывают линию, заданной длины непосредственно на заранее подготовленной горизонтальной поверхности;
- откладывают линию последующим перемещением концов ее отрезков на величину поправок за наклон местности.

При применении обоих способов вводят поправки за компарирование мерного прибора и за разность температур воздуха при измерениях и компарировании.

Второй способ редукции более точен и имеет большее применение. Его сущность в том, что вместо построения, применяют измерение длины линии. От проектной длины d переходят к наклонной линии L в заданном направлении путем введения поправки на разность превышений концов линии

$$\Delta L_h = \frac{h^2}{2 \cdot d}$$

где d - горизонтальное проложение (проектная длина);
 h - превышение конечной точки над начальной.

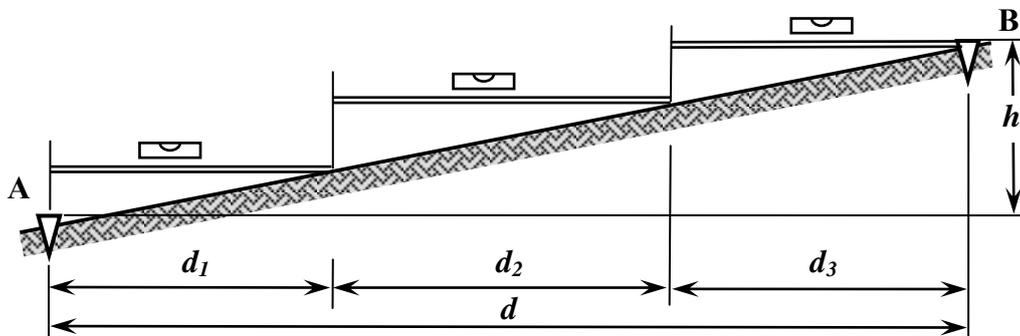


Рисунок 9.1 – Построение линий заданной длины способом ватерпасовки

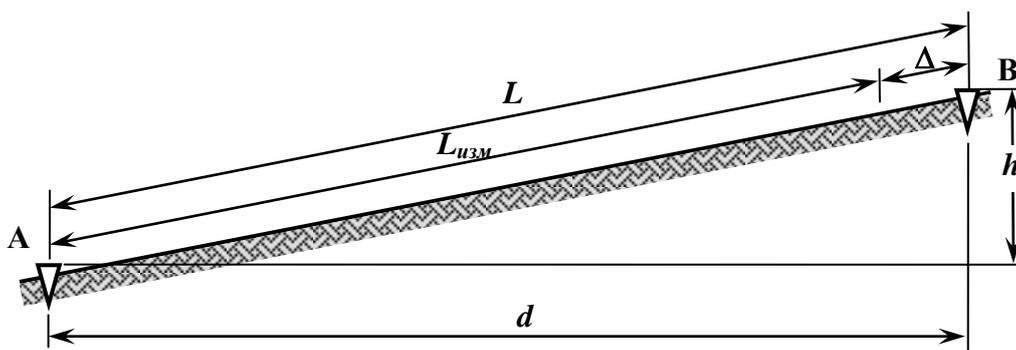


Рисунок 9.2 – Построение линий заданной длины способом редукции

Поправку ΔL_h всегда добавляют к величине проектной длины и получают наклонную длину

$$L = d + \Delta L_h$$

На местности от начальной точки A (рис. 9.2) в заданном направлении измеряют с проектной степенью точности длину вспомогательной линии $L_{изм}$, близкую по величине к длине d .

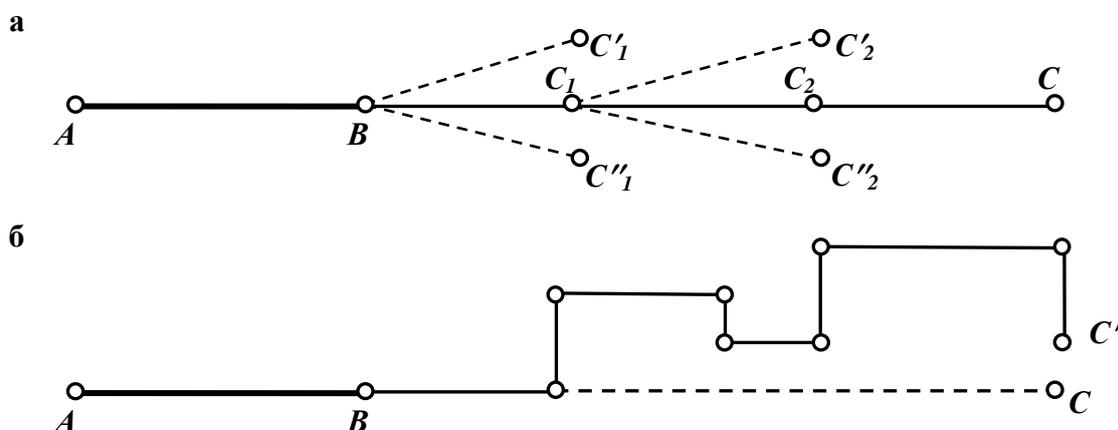
После введения поправок (кроме поправок за приведение к горизонту) линии сравнивают и получают длину домера Δ , который откладывают с учетом знака от конечной точки линии

$$\Delta = L - L_{изм} .$$

Построение линий проектной длины в заданном направлении

Линию проектной длины в заданном направлении разбивают способами вешения или теодолитного хода.

При *способе вешения* (рис. 9.3 а) теодолит устанавливают в точке A и, визируя на точку B , выставляют точку C_1 , затем измеряют расстояние BC . Анало-



а – способом вешения; б – проложением теодолитного хода

Рисунок 9.3 – Построение линий заданной длины в заданном направлении

гично выставляются последовательно в створе AB точка C_2 и т.д. Направление выносится в натуру при двух положениях вертикального круга, и за окончательное принимается среднее положение точек.

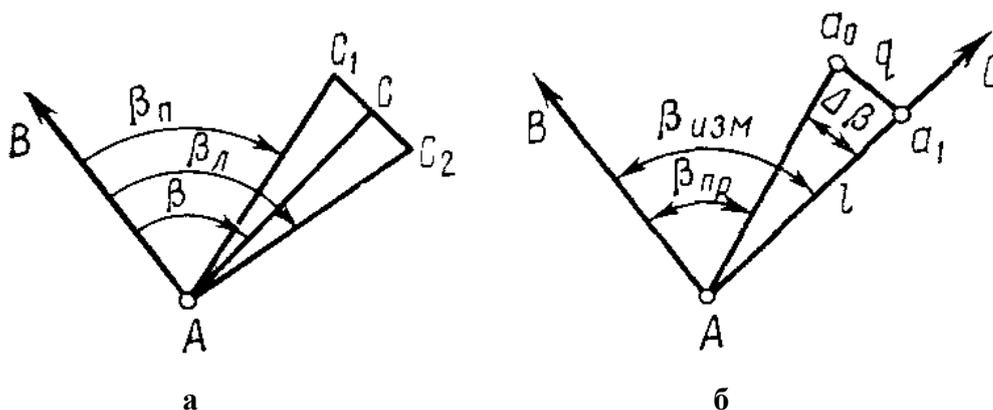
Теодолитный ход (рис. 9.3 б) применяют при невозможности использования способа вешения.

Ход прокладывают в обход препятствий примерно параллельно направлению заданной длины. Вычисляют координаты конечной точки C' хода, сравнивают их с проектными координатами точки C и находят величину и направление поправки $C'C$.

Построение углов заданной величины

При перенесении в натуру горизонтального угла на местности задают вершину и одну из его сторон и пользуются приближенным способом или способом повышенной точности.

1-й способ. Над точкой A (рис. 9.4 а) местности устанавливают теодолит в рабочее положение и визируют трубой на другую точку B .



а – приближенным способом; б – способом повышенной точности
Рисунок 9.4 – Построение на местности проектного угла

При закрепленном лимбе поворотом алидады откладывают заданную величину угла и фиксируют на местности вторую его сторону (например, AC_1). Чтобы исключить влияние некоторых инструментальных погрешностей, заданную величину угла строят при двух положениях вертикального круга. В результате получают два направления AC_1 и AC_2 второй стороны угла. За окончательное положение второй стороны принимают биссектрису AC .

2-й способ. Этот способ (рис. 9.4 б) заключается в том, что вначале заданный угол откладывают при одном положении вертикального круга, а затем полученный угол измеряют несколькими приемами. Полученное среднее значение угла сравнивают с проектным

$$\Delta\beta = \beta_{изм} - \beta_{пр}$$

Если на направлении AC закрепить предварительную точку a_1 , то величину смещения q можно определить по формуле

$$q = \frac{l \cdot \Delta\beta}{\rho} .$$

Отложив на перпендикуляре к направлению AC величину q , получим точку a_0 , направление на которую и даст искомую сторону угла β .

Перенесение в натуру отметок точек

Основным способом перенесения отметки точки в натуру является способ с использованием нивелира и двух реек.

Пусть H_{np} проектная отметка точки A (рис. 9.5), а H_r - пункта геодезической основы. Примерно посередине между репером и точкой A устанавливают нивелир в рабочее положение и берут отсчет a по рейке, установленной на репере. Из рис. 9.5 следует, что отсчет по рейке, установленной на временном знаке (точке A), будет

$$a_{np} = H_r + a - H_{np}.$$

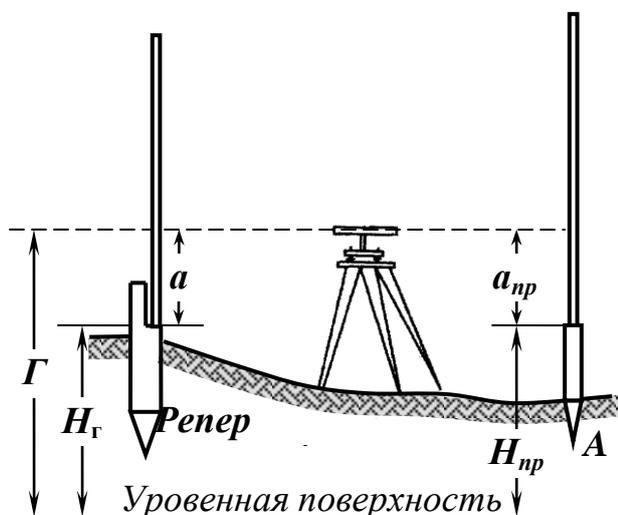


Рисунок 9.5 – Вынос в натуру проектной отметки

Но так как

$$H_r + a = GI,$$

то

$$a_{np} = GI - H_{np}.$$

Временный знак в точке A перемещают по вертикали (вверх или вниз) до получения нужного отсчета a_{np} по рейке, установленной на его торце.

Для контроля перенесение в натуру отметок точек производят по двум сторонам реек или при двух горизонтах инструмента.

Передача высотных отметок по вертикали

При передаче высотных отметок по вертикали применяют два нивелира, нивелирные рейки и подвесные компарированные ленты или рулетки (рис. 9.6). Рейки устанавливают на реперы или марки, между которыми передают отметки. Рулетки подвешивают на кронштейнах. Для устойчивости к подвешенной рулетке прикрепляют груз весом около 10 кг, который погружают в ведро с

вязкой жидкостью. Наблюдения выполняют по двум нивелирам одновременно, один из которых установлен на дневной поверхности, а другой – на монтажном горизонте или на дне котлована. В результате наблюдений получают отсчеты a и b по шкалам реек и c и d по шкале рулетки. Отметку определяемой точки H_B вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + a \pm (d - c) - b, \text{ м};$$

где H_A - отметка исходного репера, м.

Разность отсчетов по рулетке $d - c$ определяют с учетом поправок за компарирование, температуру и натяжение рулетки.

При невысокой точности передачи высотных отметок по вертикали применяют тригонометрическое нивелирование.

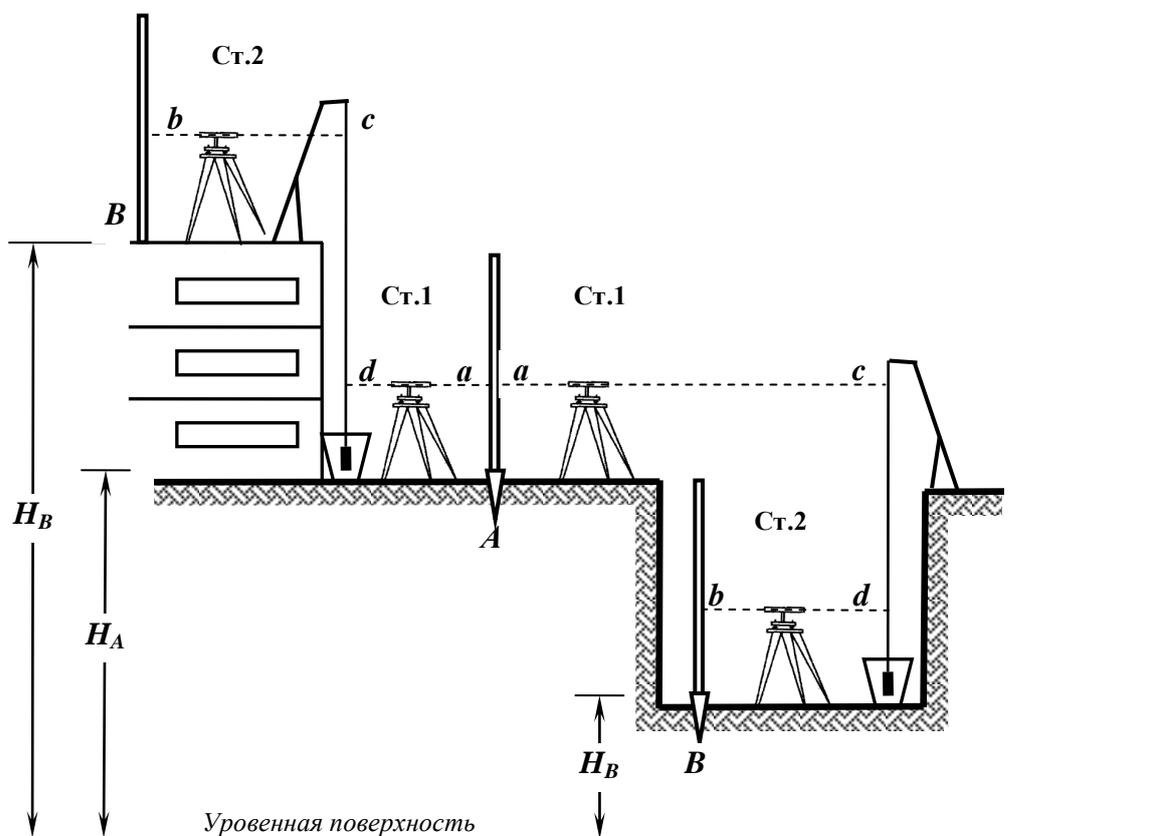


Рисунок 9.6 – Передача отметок по вертикали

Выполнение работы

Выполнение работы предусматривает обработку технологических карт по вопросам занятия:

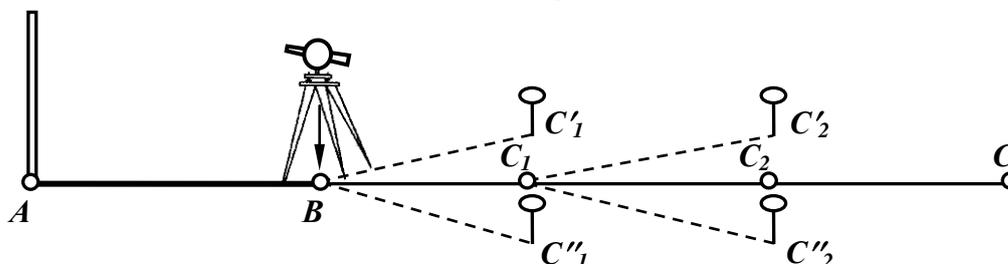
1. Разбивка линий заданной длины, заданных направлений – ТК №№ 9.1 – 9.2.
2. Разбивка проектного угла – ТК № 9.3.
3. Разбивка отметки точки – ТК № 9.4.
4. Передача отметки по вертикали – ТК №№ 9.5 – 9.6

9.1. Разбивка линий заданной длины, заданных направлений

Технологическая карта № 9.1

РАЗБИВКА НАПРАВЛЕНИЯ СПОСОБОМ ВЕШЕНИЯ

Схема работ



Время на исполнение: отлично – 15 мин.
хорошо – 20 мин.
удовлет. – 30 мин.

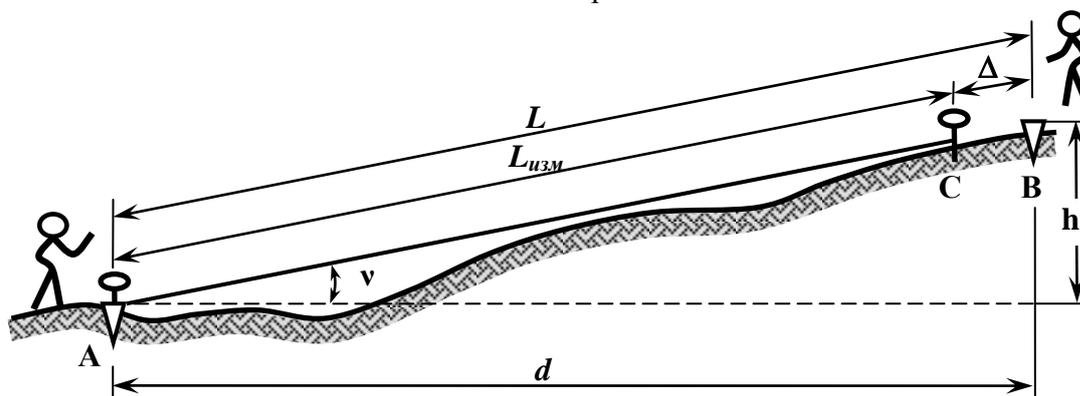
Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 в комплекте.
2. Шпильки – 3 шт.
3. Рулетка 2-х метровая – 1 шт.
4. Геодезическая веха – 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить теодолит над точкой B и привести его в рабочее положение. 2. Привести зрительную трубу в положение «круг право».
2.	Разбивка направления линии AB до точки C_1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Навести зрительную трубу на точку A. 2. Перевести трубу через зенит и по вертикальной линии сетки нитей зрительной трубы зафиксировать шпилькой положение точки C'_1. 3. Прodelать те же работы при «круге лево» и второй шпилькой зафиксировать положение точки C''_1. 4. Рулеткой разделить отрезок $C'_1C''_1$ пополам и третьей шпилькой зафиксировать окончательное положение точки C_1.
3.	Разбивка направления линии AB до точки C_2 и далее	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перенести теодолит в точку C_1 и при двух положениях прибора, аналогичным образом разбить точку C_2. 2. Последующие точки по заданному направлению разбиваются тем же порядком.

Технологическая карта № 9.2
РАЗБИВКА ЛИНИИ ЗАДАННОЙ ДЛИНЫ

Схема работ



Время на исполнение: отлично – 15 мин.
хорошо – 20 мин.
удовлет. – 30 мин.

Приборы и принадлежности:

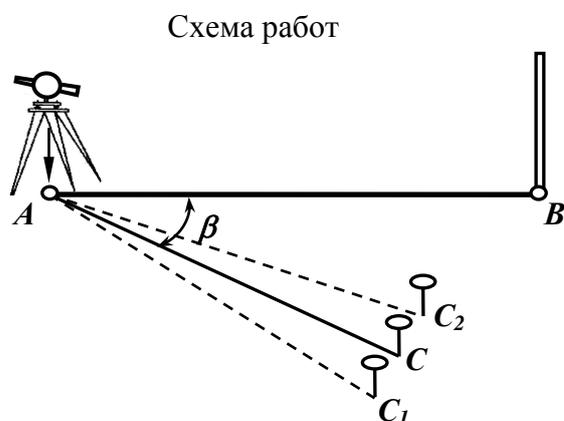
1. Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте со шпильками.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислить поправку за превышение конечной точки линии над начальной $\Delta L_h = \frac{h^2}{2 \cdot d} .$ <p><u>Примечание:</u> Если превышение неизвестно, то его определяют путем непосредственных геодезических измерений на местности.</p> 2. Определить длину наклонной линии, соответствующую проектной величине (ее горизонтальному проложению) путем введения поправки за превышение $L = d + \Delta L_h$ <p><u>Примечание:</u> 1. Поправка за превышение всегда добавляется к проектной длине линии d. 2. Если угол ν наклона линии не превышает 1°, то поправка ΔL_h не учитывается и принимается $L = d$</p>
2.	Разбивка линии AB , заданной (проектной) длины	<ol style="list-style-type: none"> 1. На местности от начальной точки A в заданном направлении с помощью мерной ленты измерить с проектной степенью точности длину вспомогательной линии, равную ее проектной длине $L_{изм} \approx d ,$ и закрепить вспомогательную точку C. 2. Сравнить измеренную на местности линию с ее вычисленной длиной и получить величину домера $\Delta = L - L_{изм}$ 3. На местности от вспомогательной точки C отложить домер с учетом знака и окончательно закрепить конечную точку линии B

9.2. Разбивка проектного угла

Технологическая карта № 9.3

РАЗБИВКА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПРИБЛИЖЕННЫМ СПОСОБОМ



Техническое условие:

Для разбивки проектного горизонтального угла должно быть известно положение на местности его вершины и одной из сторон, а также расположение угла относительно этой стороны (вправо или влево)

Время на исполнение: отлично – 10 мин.
хорошо – 15 мин.
удовлет. – 20 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Теодолит 2Т-30 в комплекте.
2. Шпильки – 3 шт.
3. Рулетка 2-х метровая – 1 шт.
4. Геодезическая веха – 1 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить теодолит над вершиной угла (над точкой A) и привести его в рабочее положение. 2. Привести зрительную трубу в положение «круг право». 3. Установить на горизонтальном круге отсчет, равный $0^{\circ}00'00''$ и с этим отсчетом навести зрительную трубу на точку B.
2.	Разбивка проектного угла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Освободить алидаду и на горизонтальном круге отложить отсчет, равный проектной величине β при правом угле или $360^{\circ} - \beta$ при левом угле. 2. На требуемом расстоянии по вертикальной линии сетки нитей зрительной трубы зафиксировать шпилькой положение точки C_1. 3. Не меняя положение горизонтального круга, проделать те же работы при «круге лево» и второй шпилькой зафиксировать положение точки C_2. 4. Рулеткой разделить отрезок C_1C_2 пополам и третьей шпилькой зафиксировать окончательное положение точки C.

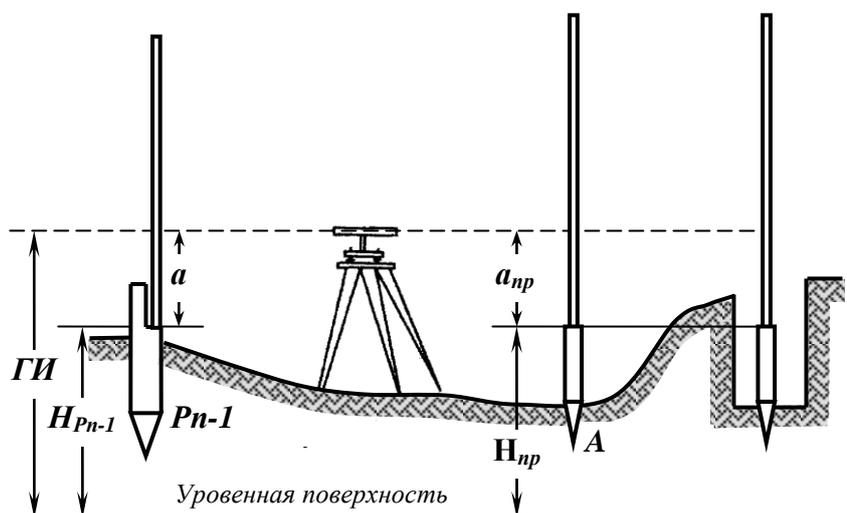
9.3. Разбивка отметки точки

Технологическая карта № 9.4

ВЫНОС В НАТУРУ ПРОЕКТНОЙ ОТМЕТКИ ТОЧКИ

Схема работ

Техническое условие:



Для выноса в натуру проектной отметки точки нужно иметь вблизи ее репер или точку, отметка которой известна.

Время на исполнение: отлично – 20 мин.
хорошо – 25 мин.
удовлет. – 30 мин.

Приборы и принадлежности:

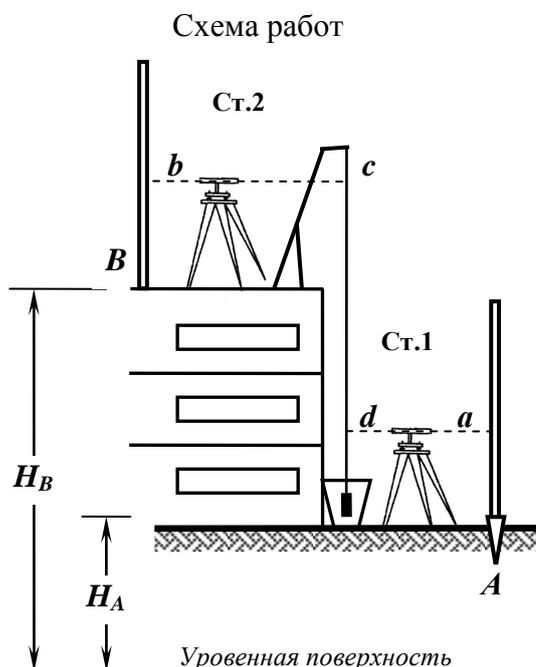
1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Нивелирная рейка - 2 шт.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить нивелир между репером и точкой, примерно на заданном расстоянии от них. 2. Установить на репер (P_{n-1}) нивелирную рейку и взять отсчет a. 3. Вычислить горизонт инструмента ($ГИ$) $ГИ = H_{P_{n-1}} + a.$
2.	Вынос в натуру отметки точки A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислить длину проектной рейки (отсчет по рейке) $a_{пр} = ГИ - H_{пр}.$ <ol style="list-style-type: none"> 2. Установить рейку на колышек в точке A и, постепенно забивая его, добиться, чтобы отсчет по рейке был равен $a_{пр}$.

9.4. Передача отметки по вертикали

Технологическая карта № 9.5

ПЕРЕДАЧИ ОТМЕТКИ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ



Техническое условие:

Для передачи отметки на монтажный горизонт нужно иметь вблизи репер или точку, отметка которой известна.

Время на исполнение: отлично – 30 мин.
хорошо - 35 мин.
удовлет. – 40 мин.

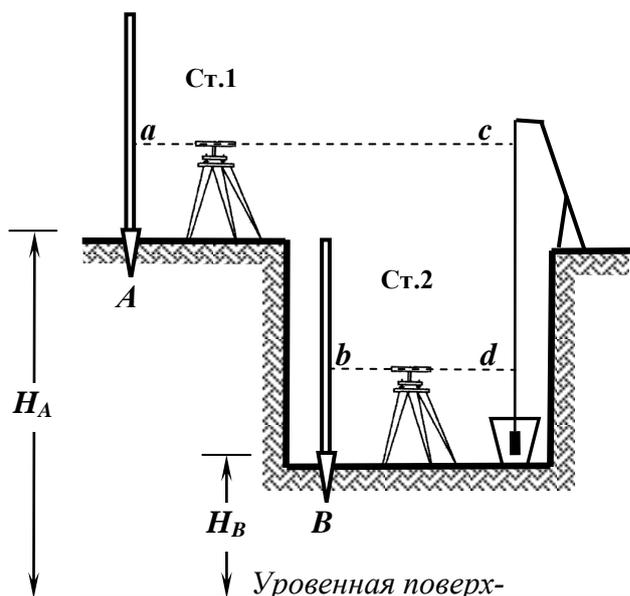
Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Нивелирная рейка - 2 шт.
3. Рулетка.
4. Геодезическая вежа.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	1. Установить на бровке монтажного горизонта наклонную вежу и подвесить к ней рулетку с грузом. <u>Примечание:</u> Для того, чтобы исключить колебания рулетки опустить груз в ведро с водой.
2.	Передача отметка на монтажный горизонт точку <i>B</i>	1. Установить нивелир на первой станции (см. схему) и взять отсчеты по рейке <i>a</i> , установленной в точке <i>A</i> (на репере), и по рулетке <i>d</i> . 2. Установить нивелир на второй станции (см. схему) и взять отсчеты по рулетке <i>c</i> и рейке <i>b</i> , установленной в точке <i>B</i> на монтажном горизонте. 3. Вычислить отметку точки <i>B</i> на монтажном горизонте $H_B = H_A + a + (d - c) - b.$

Технологическая карта № 9.6
ПЕРЕДАЧИ ОТМЕТКИ НА ДНО КОТЛОВАНА

Схема работ



Техническое условие:

Для передачи отметки на дно котлована нужно иметь вблизи репер или точку, отметка которой известна.

Время на исполнение: отлично – 30 мин.
 хорошо - 35 мин.
 удовлет. – 40 мин.

Приборы и принадлежности:

1. Нивелир Н-3 (Н-3К) со штативом.
2. Нивелирная рейка - 1 шт.
3. Рулетка.
4. Геодезическая веха.

№ п/п	Наименование работ	Порядок выполнения
1.	Подготовительные работы	1. Установить на бровке котлована наклонную веху и подвесить к ней рулетку с грузом. <u>Примечание:</u> Для того, чтобы исключить колебания рулетки опустить груз в ведро с водой.
2.	Передача отметка на дно котлована точку В	1. Установить нивелир на первой станции (см. схему) и взять отсчеты по рейке <i>a</i> , установленной в точке <i>A</i> (на репере), и по рулетке <i>c</i> . 2. Установить нивелир на второй станции (см. схему) и взять отсчеты по рулетке <i>d</i> и по рейке <i>b</i> , установленной в точке <i>B</i> на дне котлована. 3. Вычислить отметку точки <i>B</i> на дне котлована $H_B = H_A + a - (d - c) - b.$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все виды геодезических работ широко применяются в различных областях науки, техники, народного хозяйства и военном деле.

Однако, постановка этих работ требует тщательного предварительного подбора того или иного метода съемок или разбивок с точки зрения наиболее рационального и применимого в данных конкретных условиях.

Так, угломерная съемка и нивелирование по квадратам участка, выбранного для строительства, дает наиболее точные результаты, но требует больших затрат времени. Электронная тахеометрическая съемка позволяет работать с меньшим количеством станций и значительно снижает затраты времени на технические изыскания, повышает точность производства работ.

От требуемой точности также зависит выбор метода съемки и геодезических приборов. Точность в строительстве регламентируется допусками и может ориентировочно быть принята в пределах 30% от его величины.

Современное развитие геодезии предусматривает применение новых приборов на основе цифровых и лазерных технологий, широкое использование компьютерной техники и прикладных программ при обработке полевых измерений. Это значительно повышает эффективность ведения геодезических съемок, работ по обеспечению строительного-монтажного производства и требует от инженера-строителя постоянного наблюдения за направлением развития геодезического приборостроения и внедрения новых приборов и методов съемок в инженерно-геодезическую практику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поклад, Г.Г. Геодезия: Учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Академический Проект; Парадигма, 2011. – 538 с.
2. Практикум по геодезии: Учебное пособие для вузов / Под ред. Г.Г. Поклада. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 470 с.
3. Акиньшин, С.И. Инженерная геодезия: Учебное пособие / С.И. Акиньшин. – 2-е изд., испр. и доп. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 297 с.
4. Акиньшин, С.И. Руководство к практическим занятиям по дисциплине «Инженерная геодезия»: Учебное пособие / С.И. Акиньшин, Ю.А. Попов – Воронеж: ВВВАИУ (ВИ), 2005. – 144 с.
5. Акиньшин, С.И. Инженерная геодезия: Полевой практикум / С.И. Акиньшин, А.В. Журавлев, И.Л. Барышев. – Воронеж: ВАИУ, 2008. – 115 с.
6. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; Под ред. Д.Ш. Михелева. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
7. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов / Под ред. В. Е. Новака. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
8. Куштин, И.Ф. Инженерная геодезия: Учебник / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 416 с.
9. Манухов, В.Ф. Инженерная геодезия. Основы геодезических измерений с элементами метрологического обеспечения: Учебное пособие / В.Ф. Манухов, А.С. Тюряхин. – Саранск: Изд. Мордовского ГУ, 2007. – 98 с.
10. Паудяль, С.П. Инженерные геодезические задачи: Учебное пособие / С.П. Паудяль. – М.: Изд. МАДИ (ГТУ), 2004. – 72 с.
11. Попов, В.Г. Разбивка виражей, уширения проезжей части, горизонтальных кривых, пересечений и примыканий / В.Г. Попов. – Челябинск: Изд. Ю-УрГУ, 1998. – 140 с.
12. Практикум по инженерной геодезии: Учебное пособие для вузов / Б.Б. Данилевич [и др.]; Под ред. В.Е. Новака. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 334 с.
13. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 28 с.
14. Титов, А.И. Геодезия транспортного строительства: Учебное пособие / А.И. Титов. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2005. – 194 с.
15. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1989. – 286 с.: ил.
16. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: Учебник / Г.А. Федотов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 463 с.

3.2. Производство отсчетов по рейке и измерение расстояний нитяным дальномером.....	45
<i>Технологическая карта 3.2. Снятие отсчетов по рейке.....</i>	45
<i>Технологическая карта 3.3. Измерение расстояний нитяным дальномером.....</i>	46
3.3. Полевые поверки и юстировки нивелира Н-3К (Н-3).....	47
<i>Технологическая карта 3.4. Поверка и юстировка круглого уровня нивелира Н-3 (Н-3К).....</i>	47
<i>Технологическая карта 3.5. Поверка и юстировка сетки нитей нивелира Н-3 (Н-3К).....</i>	48
<i>Технологическая карта 3.6. Поверка главного условия уровенного нивелира Н-3.....</i>	49
<i>Технологическая карта 3.7. Поверка главного условия нивелира с компенсатором Н-3К.....</i>	51
Лабораторная работа № 4 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ.....	53
4. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	53
4.1. Составление ведомости координат.....	66
<i>Технологическая карта 4.1. Вычислительная обработка теодолитной съемки, составление ведомости координат.....</i>	66
4.2. Накладка полигона по координатам.....	70
<i>Технологическая карта 4.2. Графическая обработка теодолитной съемки, накладка полигона по координатам.....</i>	70
4.3. Задания на расчетно-графическую работу.....	71
<i>Технологическая карта 4.3. Графическая обработка теодолитной съемки, накладка полигона по румбам.....</i>	76
Лабораторная работа № 5 ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ, ВЫСОТНАЯ ПРИВЯЗКА ТОЧКИ.....	78
5. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	78
5.1. Продольное нивелирование в прямом направлении.....	82
<i>Технологическая карта 5.1. Продольное нивелирование в прямом направлении.....</i>	82
5.2. Продольное нивелирование в обратном направлении.....	85
<i>Технологическая карта 5.2. Продольное нивелирование в обратном направлении.....</i>	85
5.3. Вычисление по нивелирному журналу.....	86
<i>Технологическая карта 5.3. Вычисление по нивелирному журналу.....</i>	86
Лабораторная работа № 6 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.....	87
6. Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	87

6.1. Измерения при создании геодезической рабочей основы теодолитно-тахеометрического хода.....	93
<i>Технологическая карта 6.1. Съёмка основных точек.....</i>	93
6.2. Съёмка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом.....	95
<i>Технологическая карта 6.2. Съёмка подробностей местной ситуации и рельефа.....</i>	95
Лабораторная работа № 7 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	97
7. Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	97
7.1. Решение задач по оценке точности равноточных измерений.....	109
<i>Задача № 7.1</i> Решение примера по оценке точности измерений при известном истинном значении измеряемой величины.....	109
<i>Задача № 7.2</i> Решение примера по оценке точности измерений при неизвестном истинном значении измеряемой величины.....	110
<i>Задача № 7.3</i> Решение примера по оценке точности функции независимо измеренных величин.....	112
7.2. Уравнивание сети полигонов методом красных чисел.....	113
<i>Задача № 7.4</i> Решение примера по уравниванию нивелирной сети из трех полигонов.....	113
Лабораторная работа № 8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ...	122
8. Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	122
8.1. Подготовка разбивочных данных для выноса проекта на местность.....	124
<i>Задача № 8.1</i> Решение примера по подготовке данных для выноса в натуру красной линии застройки.....	124
Лабораторная работа № 9 ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПЛАНОВОЙ И ВЫСОТНОЙ РАЗБИВКИ.....	127
9. Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	127
9.1. Разбивка линий заданной длины, заданных направлений.....	133
<i>Технологическая карта 9.1. Разбивка направления способом вешения.....</i>	133
<i>Технологическая карта 9.2. Разбивка линии заданной длины.....</i>	134
9.2. Разбивка проектного угла.....	135
<i>Технологическая карта 9.3. Разбивка горизонтального угла приближенным способом.....</i>	135
9.3. Разбивка отметки точки.....	136

<i>Технологическая карта 9.4. Вынос в натуру проектной отметки точки</i>	136
9.4. Передача отметки по вертикали.....	137
<i>Технологическая карта 9.5. Передача отметки на монтажный горизонт</i>	137
<i>Технологическая карта 9.6. Передача отметки на дно котлована</i>	138
Заключение.....	139
Список литературы.....	140

Учебное издание

Сергей Иванович Акиньшин

кандидат технических наук

ГЕОДЕЗИЯ

Лабораторный практикум

Отпечатано в авторской редакции

Подп. в печать 25.10. 2012. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. 9,0.

Усл.-печ. л. 9,1. Бумага писчая. Тираж 160 экз. Заказ № 510.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 Вороне. Ул. 20-летия Октября, 84