

С.И. АКИНЬШИН
Т.Б. ХАРИТОНОВА

ПРАКТИКУМ ПО ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ (ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ)



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ
ПОСОБИЕ



ВОРОНЕЖ 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

С. И. Акиншин, Т. Б. Харитоновна

**ПРАКТИКУМ ПО ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ
(ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ)**

Учебно-методическое пособие

для студентов, обучающихся
по направлению 270800.62 «Строительство»

Воронеж 2021

УДК 528.48 (075.8)
ББК 26.1я73
А 39

Акинъшин С.И.

А 39 **Практикум по изыскательской практике (геодезической):** учебно-методическое пособие / С.И. Акинъшин, Т.Б. Харитонова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 162 с.

Учебно-методическое пособие составлено с целью облегчения самостоятельной работы студентов при подготовке и проведении практических занятий в полевых условиях в ходе учебной практики (геодезической).

Изложены поверки и юстировки теодолитов и нивелиров на примере приборов 2Т30П, VEGA ТЕО-5В, Н-3, Н-3К и основные положения инструкций по проведению топографических работ при изысканиях инженерных сооружений. Рассмотрены угловые, линейные и высотные измерения при производстве тахеометрической съемки местности, нивелировании трасс и площадей.

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

УДК 528.48 (075.8)
ББК 26.1я73

ВВЕДЕНИЕ

Учебная практика (геодезическая) проводится с целью закрепления теоретических знаний, полученных в процессе обучения, приобретения практических навыков и умений в работе с геодезическими приборами, выполнении основных топографических съемок местности масштабов 1:1000 ÷ 1:5000, развития самостоятельности и инициативы в руководстве съемочной группой.

Согласно программе учебной практики предусматривается отработка учебных вопросов по следующим темам:

1. Поверки основных геодезических инструментов.
2. Тахеометрическая съемка участка местности.
3. Геометрическое нивелирование трасс и площадей.

Учебная практика проводится в течение двух недель в форме практических занятий с выполнением полевых и камеральных работ. На практических занятиях по геодезическим съемкам учебная группа студентов разбивается на рабочие бригады по 8 – 10 человек, в каждой из которых занятия проводит один преподаватель с отработкой вопросов по конкретным видам геодезических работ. Занятия, связанные с производством полевых измерений, проводятся выходами на местность учебной группы студентов и работой с геодезическими приборами. Камеральная обработка результатов полевых измерений выполняется в классе.

На каждый вид геодезических работ в бригадах назначается старший, который распределяет работу по возможности равномерно между всеми студентами с тем, чтобы каждый из них участвовал во всех процессах работы. При этом каждый студент определенную часть времени выполняет обязанности техника-геодезиста, т.е. работает у основного инструмента – теодолита или нивелира.

По результатам выполненных работ каждой геодезической бригадой по каждой теме представляется отчет с приложением планов, профилей и полевых журналов.

Руководителем практики проверяются правильность составления отчета и оформления графических документов, знания, практические навыки и умения каждого студента в работе с геодезическими приборами и выполнении основных топографических съемок местности и проставляется зачет с оценкой.

ТЕМА № 1
ПОВЕРКИ ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1
ПОВЕРКИ ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Учебные цели:

1. Закрепить теоретические знания и практические навыки по выполнению поверок основных геодезических приборов.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Правила обращения с геодезическими приборами.
2. Конструкция и поверки технических теодолитов.
3. Конструкция и поверки нивелиров.
4. Приборы непосредственного измерения линий.

Материальное обеспечение рабочей бригады:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит 2Т30П (VEGA ТЕО-5В) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Вехи геодезические | – 2 шт. |
| 3. Нивелир Н-3К (Н-3) в комплекте | – 1 комплект |
| 4. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 2 шт. |
| 5. Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте | – 1 комплект |
| 6. Топор | – 1 шт. |
| 7. Коля деревянные | – 3 шт. |
| 8. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Устройство теодолитов 2Т30П, VEGA ТЕО-5В.
2. Порядок установки теодолита на станции.
3. Главное геометрическое условие теодолита.
4. Условия основных поверок теодолита 2Т30П, VEGA ТЕО-5В.
5. Что такое место нуля вертикального круга.
6. В чем заключается принцип геометрического нивелирования?
7. Устройство нивелира с цилиндрическим уровнем (Н-3), назначение и взаимодействие его частей в процессе измерений.
8. Устройство нивелира с компенсатором (Н-3К), назначение и взаимодействие его частей в процессе измерений.
9. Изложить последовательность действий при установке нивелира на станции.
10. Назвать условия основных поверок нивелира.

1.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов

1.1.1 Правила обращения с геодезическими приборами

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 приборов необходимо убедиться в исправности футляров. Не следует извлекать прибор из футляра пока не установлено его положение в нем. 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 устанавливают на штатив. Осаживают ножки штатива плавным нажатием на башмак.

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 из футляра нужно открыть замки крышки футляра и осторожно отделить ее от основания. После этого теодолит устанавливают на головку штатива и, придерживая его рукой, закрепляют становым винтом.

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 закреп-

лены. У теодолита зрительная 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. 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 приборы защищают от солнца и дождя при помощи топографического зонта. Во время наблюдения против солнца на объектив зрительной трубы надевают 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 завинчивают. В исправном приборе вращение соответствующих частей осуществляется плавно, без рывков и заеданий.

Все недостатки, требующие исправления в мастерской, замеченные во время проверок 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 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.

1.1.2 Конструкция и поверки технических теодолитов

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов применяются современные геодезические приборы – оптические и электронные теодолиты. В зависимости от точности они подразделяются на три категории: высокоточные, точные и технические. Основные характеристики перечисленных теодолитов приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

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

В электронных теодолитах серии VEGA ТЕО-5В/20В используется инкрементальная система считывания углов при угловых измерениях и за счет встроенного микропрограммного обеспечения реализовано автоматическое выполнение измерений, расчетов, отображение результатов и возможность сохранения их в памяти прибора. Результаты измерений горизонтального и вертикального углов могут отображаться одновременно.

Таблица 1.1 – Технические характеристики оптических теодолитов

Наименование основных характеристик	Типы оптических теодолитов					
	T05	T1	T2	T5	T15	T30
Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом, с						
- горизонтального круга	±0,5	±1,0	±2,0	±5,0	±15,0	±30,0
- вертикального круга	±1,0	±1,5	±3,0	±12,0	±25,0	±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, с 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

Таблица 1.2 – Технические характеристики электронных теодолитов VEGA

Наименование основных характеристик	Типы электронных теодолитов	
	ТЕО-5В	ТЕО-20В
Объектив	42 мм	
Увеличение зрительной трубы	30 ^x	
Изображение	Прямое	
Поле зрения	1°20'	
Минимальное фокусное расстояние	1,0 м	
Точность	5"	20"
Минимальный отсчет	1" (0,2 мгон) / 5" (1 мгон) / 10" (2 мгон) / 20" (4 мгон)	
Источник питания	Ni-MH перезаряжаемый аккумулятор / щелочные элементы питания, тип АА	
Продолжительность работы	Около 20 часов	
Единицы измерения углов	Градусы/минуты/секунды или гоны	
Класс пыли- и влаго защиты	IP54	
Подсветка	Есть	
Рабочая температура	От – 20 °С до + 50 °С	
Дисплей	Двусторонний	
Интерфейс	RS232C	Нет
Вес прибора	4,3 кг	
Компенсатор: - датчик наклона - диапазон работы	Да ± 3'	Нет –
Чувствительность уровня: - цилиндрический уровень - круглый уровень	30" / 2 мм 8' / 2 мм	
Лазерный отвес: - точность - класс лазера - длина волны лазера	± 0,8 мм / 1,5 м 2 (IEC 60825 – 1:20001) 635 нм	

Электронные теодолиты серии VEGA TEO-5B/20B могут использоваться для сгущения сетей триангуляции III – IV классов, при создании опорных пунктов на железной дороге, автомагистралях, мостах, природоохраненных водных объектах, карьерах, рудниках и т.д., в инженерной геодезии, а также в строительстве и при монтаже крупных объектов. Они также используются в кадастровых и топографических съемках и других инженерных съемках.

Электронные теодолиты серии VEGA TEO-5B/20B оснащены широким жидкокристаллическим LCD дисплеем и используют энергосберегающее технологическое решение; от четырех щелочных аккумуляторов АА теодолит может работать непрерывно до 20 часов. За счет инкрементальной системы считывания углов полученное в результате измерения значение угла сохраняется в памяти прибора при отключении питания. Это значит, что при следующем включении прибора и визировании той же самой цели полученное ранее значение угла не изменится.

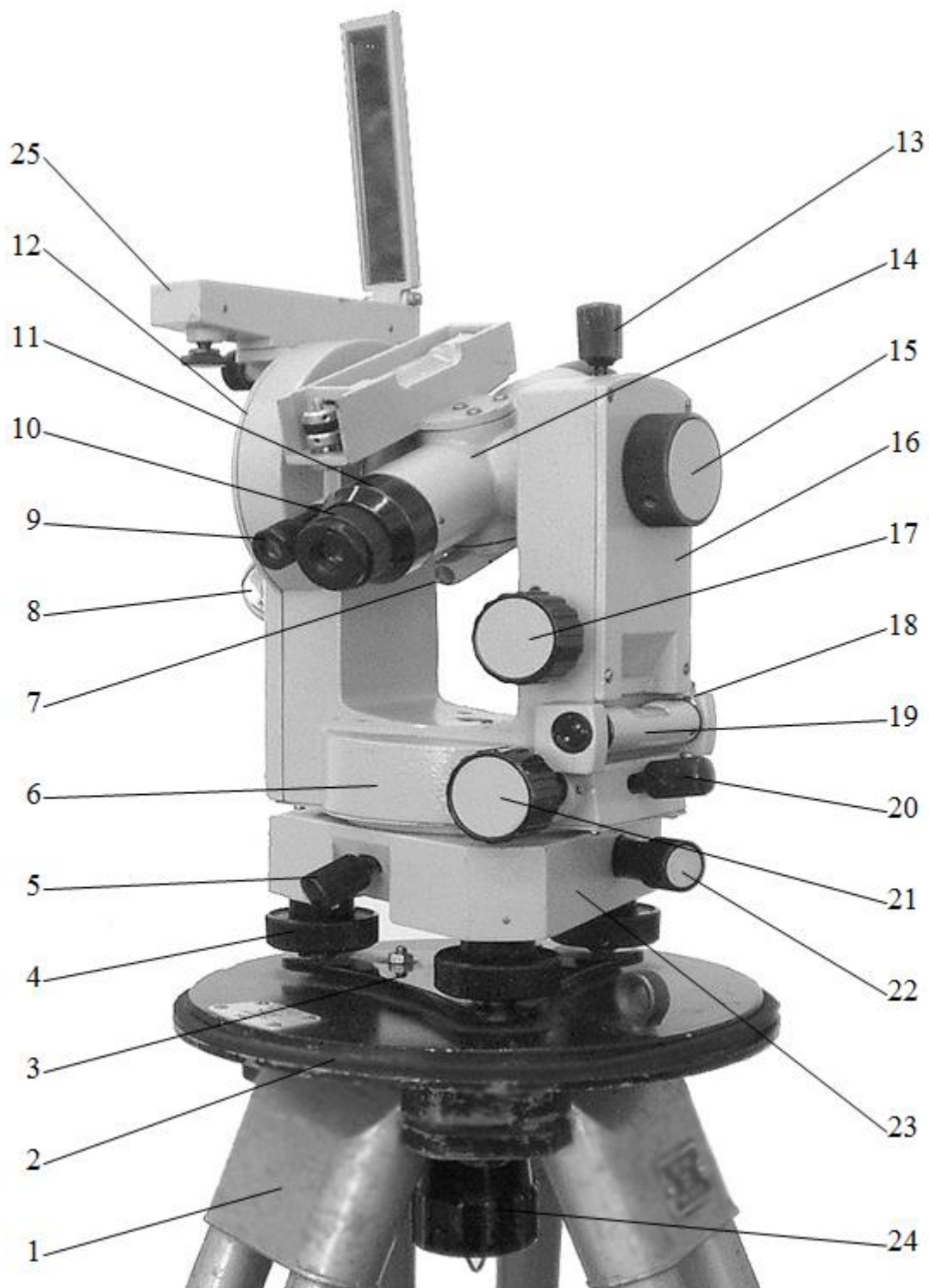
Устройство и установка теодолита на станции

Теодолит 2Т30П является модификацией теодолита Т30 и имеет улучшенные характеристики: увеличение зрительной трубы 20 крат, 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".

В комплект инструмента входят: теодолит с принадлежностями в футляре, буссоль, накладной уровень.

Устройство теодолита 2Т30П показано на рисунке 1.1. Трегерная пластина 3 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.



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 – bussоль

Рисунок 1.1 – Устройство теодолита 2Т30П

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 цилиндрический уровень на трубе.

Электронный теодолит VEGA TEO-5B имеет стандартную комплектацию: теодолит; руководство пользователя; зарядное устройство; аккумулятор; батарейный отсек для элементов питания типа АА; котировочные инструменты; чехол от дождя.

Схема размещения прибора и принадлежностей к нему в футляре представлена на рисунке 1.2. При укладке прибора в футляр необходимо совмещать красные метки и ослаблять закрепительные винты.

Устройство теодолита VEGA TEO-5B показано на рисунке 1.3.



Рисунок 1.2 – Стандартная комплектация электронного теодолита VEGA TEO-5B



1 – ручка; 2 – окуляр; 3 – аккумуляторный отсек; 4 – закрепительный винт вертикального круга; 5 – наводящий винт вертикального круга; 6 – клавиатура; 7 – трегер; 8 – зажимной винт трегера; 9 – винт рукоятки; 10 – оптический визир; 11 – цилиндрический уровень; 12 – юстировочный винт цилиндрического уровня; 13 – жидкокристаллический дисплей; 14 – последовательный порт RS-232C; 15 – круглый уровень; 16 – юстировочные винты круглого уровня; 17 – подъёмный винт; 18 – красная метка

Рисунок 1.3 – Части прибора теодолита VEGA TEO-5B (круг лево)

Широкий жидкокристаллический LCD дисплей, рисунок 1.4, располагается с двух сторон теодолита и содержит многофункциональные клавиши.

Назначение символов ЖК-дисплея и его клавиш представлено в таблицах 1.3 и 1.4.



Рисунок 1.4 – Вид жидкокристаллического дисплея VEGA TEO-5B

Таблица 1.3 – Назначение символов на экране ЖК-дисплея теодолита VEGA TEO-5B



Обозначение на экране	Функция	Обозначение на экране	Функция
	Индикатор уровня заряда батарей	Shift	Дополнительный режим функциональных клавиш
Rep	Повторное измерение углов	Tilt	Режим работы электронного уровня
%	Уклон в %	Hold	Удержание отсчета горизонтального угла
V	Вертикальный угол (отсчет от зенита)	H ^L	Горизонтальный угол (увеличение отсчетов против часовой стрелки)
° ' "	Отражение углов в градусах	H _R	Горизонтальный угол (увеличение отсчетов по часовой стрелки)
g	Отображение углов в гонах		

Таблица 1.4 – Назначение символов клавиш дисплея теодолита VEGA TEO-5B

Клавиша	Первая функция	Вторая функция
	Включение/выключение теодолита	
SHIFT	Активация дополнительного режима функциональных клавиш	Передача данных на другое устройство через RS-232C
HOLD	Удержание измеренного значения горизонтального угла	Режим повторных измерений углов
OSET	Установка значения горизонтального угла на 0°00'00"	Включение/выключение подсветки экрана и сетки нитей
V/%	Выбор режима измерения вертикальных углов: от зенита или уклон в %	Включение/выключение лазерного целеуказателя
R/L	Выбор метода измерения горизонтальных углов: R – увеличение отсчетов по часовой стрелке, L – увеличение отсчетов против часовой стрелки	Включение/выключение лазерного отвеса

Установка теодолита 2Т30П на станции включает последовательное выполнение 4 операций – грубую установку, горизонтирование, оптическое центрирование и фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Грубая установка теодолита включает установку раздвижного штатива над вершиной измеряемого угла (кольшком-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 точкой с помощью отвеса, при этом становой винт должен быть в центре головки штатива. Заглубить штатив в землю, плавно нажимая на его ножки, следя одновременно за тем, чтобы головка штатива была на глаз горизонтальна, а грузик отвеса находился над центром кольца, 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 (рисунок 1.5, положение I). 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 (рисунок 1.5, положение II). Вернуть колонку в первоначальное положение и, при необходимости, устранить отклонение пузырька повторным воздействием на подъемные винты.

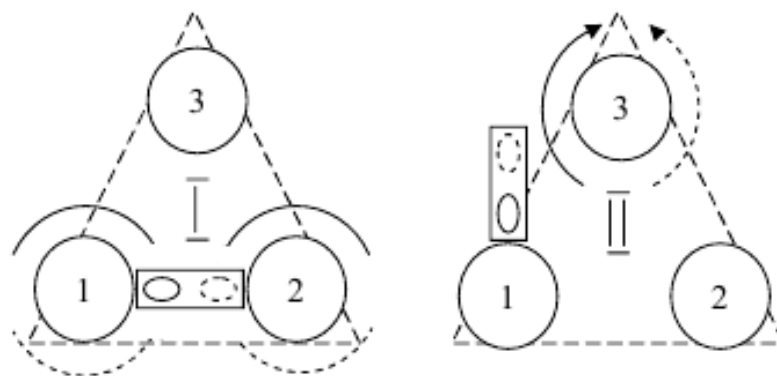


Рисунок 1.5 – Горизонтирование теодолита

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.

Установка теодолита VEGA TEO-5B на станции предусматривает последовательное выполнение 4 операций – грубую установку, горизонтирование, центрирование с помощью лазерного отвеса и фокусирование зрительной трубы и визирование.

Грубая установка теодолита включает следующие операции:

1) установка раздвижного штатива над вершиной измеряемого угла, убедившись, что опорная точка находится прямо под центральным отверстием головки штатива, высота соответствует росту наблюдателя с учетом высоты теодолита, а плоскость головки штатива, по возможности, расположена горизонтально (это важно при центрировании), и что все фиксирующие ручки штатива надежно затянуты;

2) установка теодолита на штатив и его фиксация с помощью станowego винта.

После грубой установки штатив ни в коем случае не должен шататься, а его ножки должны быть расставлены так, чтобы сохранить устойчивость с установленным на нем теодолитом, даже при сильном порыве ветра.

Горизонтирование теодолита совмещают с процессом центрирования, то есть, приведением вертикальной оси вращения теодолита в отвесное (рабочее) положение.

Горизонтирование теодолита включает следующие операции:

1) установка цилиндрического уровня по направлению двух подъемных винтов и фиксация положения алидады закрепительным винтом.

Примечание – важно, чтобы все положения алидады и зрительной трубы во время начальной установки и работы с теодолитом фиксировались с помощью соответствующих закрепительных винтов; вращать алидаду и зрительную трубу, зафиксированных вышеуказанными винтами, строго запрещается, в противном случае возможно повреждение прибора!

2) приблизительное приведение теодолита к горизонту по круглому уровню:

– используя подъемные винты А и В, рисунок 1.6а, вращая их двумя руками внутрь или наружу (делать это необходимо одновременно), переместите пузырек круглого уровня так, чтобы он оказался посередине от левого и правого края;

– используя подъемный винт С, рисунок 1.6б, переместите пузырек в центр круглого уровня.

3) точное горизонтирование теодолита с помощью цилиндрического уровня и трех подъемных винтов:

– ослабьте закрепительный винт горизонтального круга теодолита, поверните прибор таким образом, чтобы цилиндрический уровень оказался параллельным линии, соединяющей подъемные винты А и В, рисунок 1.7а, и, используя подъемные винты А и В, приведите пузырек в центр уровня;

– ослабьте закрепительный винт горизонтального круга теодолита, поверните прибор на 90° вокруг вертикальной оси, и приведите пузырек в центр с помощью подъемного винта С, рисунок 1.7б.

Повторяйте вышеуказанные шаги до тех пор, пока пузырек не будет оставаться в центре цилиндрического уровня при любом повороте прибора.

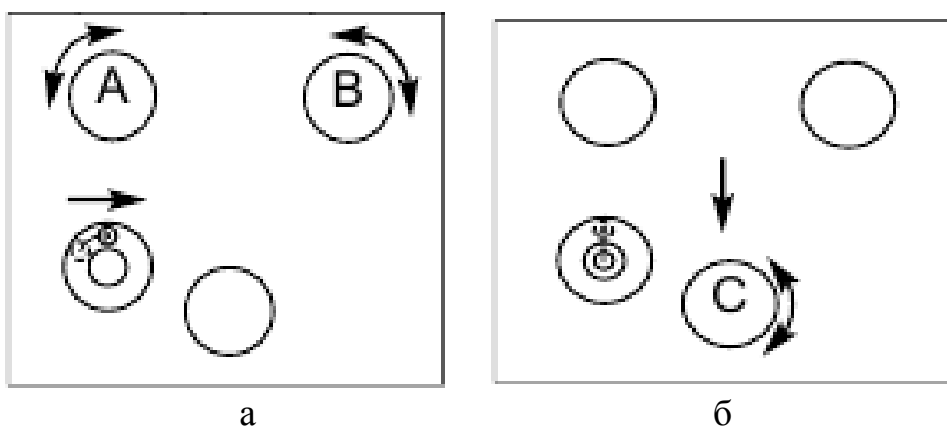


Рисунок 1.6 – Приблизительное горизонтирование теодолита с помощью круглого уровня

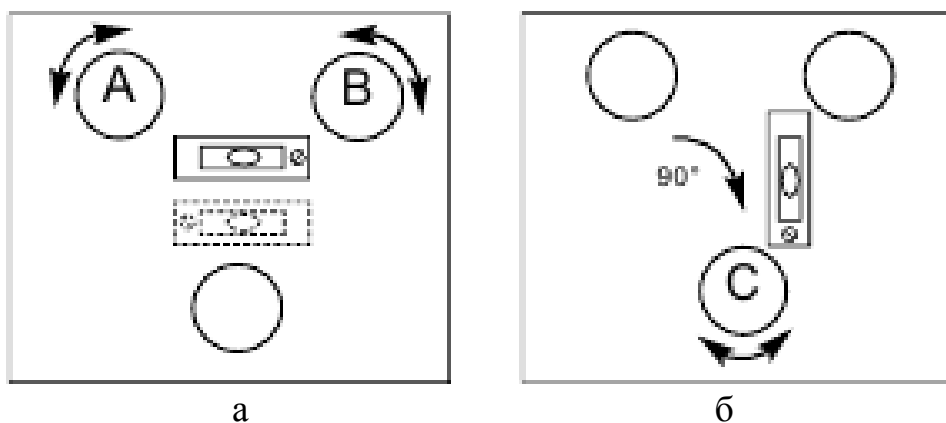


Рисунок 1.7 – Точное горизонтирование теодолита с помощью цилиндрического уровня

Центрирование теодолита с помощью лазерного отвеса предусматривает окончательную установку вертикальной оси теодолита над вершиной измеряемого угла. У лазерного отвеса проекция вертикальной оси инструмента на местности – лазерная точка. Лазерный луч сразу указывает, где располагается проекция вертикальной оси теодолита на местности.

Центрирование теодолита включает следующие операции:

1) включение лазерного отвеса:

- активируйте вторую функцию рабочих клавиш прибора нажатием клавиши [SHIFT];

- включите лазерный отвес нажатием клавиши [R/L]; пятно лазерного луча будет находиться рядом с точкой центрирования (вершиной угла);

2) совмещение лазерной точки с точкой центрирования:

- ослабьте становой винт и, двигая трегер по головке штатива, добейтесь совпадения лазерной точки с точкой центрирования;
- затяните становой винт;

3) при необходимости повторение выполненных действий: точное горизонтирование теодолита с помощью цилиндрического уровня и совмещение лазерной точки с точкой центрирования.

Примечание – указанные действия повторяют до тех пор, когда пузырек цилиндрического уровня будет находиться в нуль-пункте, а лазерная точка совпадать с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга теодолита в любом направлении;

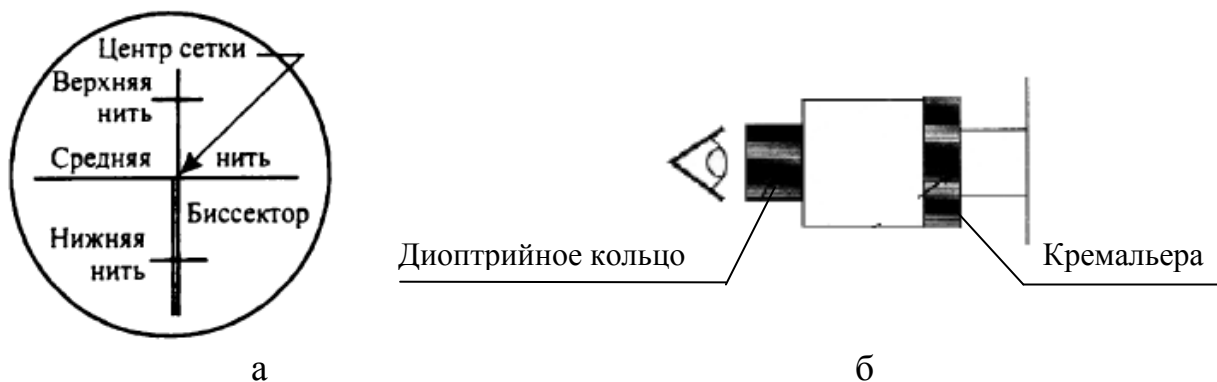
4) выключение лазерного центра нажатием клавиши [R/L].

Фокусирование зрительной трубы и визирование заключается в производстве фокусировки сетки нитей и изображения точки, а также наведения перекрестья сетки нитей точно на цель.

Фокусирование зрительной трубы и визирование выполняется в следующей последовательности:

1) фокусировка сетки нитей:

- наведите зрительную трубу на небо или яркую поверхность;



а) вид сетки нитей; б) наблюдение предмета
Рисунок 1.8 – Фокусирование зрительной трубы теодолита

- поверните окуляр зрительной трубы до тех пор, пока сетка нитей, рисунок 1.8, не станет четкой и черной. Это указывает на правильную настройку для глаза наблюдателя;

2) фокусировка изображения:

- ослабьте закрепительные винты горизонтального и вертикального кругов теодолита;

- наведите зрительную трубу на цель или оптический визир и затяните винты;


- смотрите через окуляр, рисунок 1.8б, зрительной трубы и вращайте кремальеру до тех пор, пока четко не увидите цель;

3) визирование на цель:

- наведите перекрестье сетки нитей точно на цель, вращая наводящие винты горизонтального и вертикального кругов;

- завершите фокусировку изображения цели, вращая кремальеру, пока изображение не станет четким и свободным от параллакса, т.е. не будет происходить видимого смещения между точкой визирования и сеткой нитей при незначительном перемещении глаза наблюдателя. Стрелка на фокусирующем кольце указывает направление на бесконечность.

Настройка параметров работы теодолита VEGA TEO-5B выполняется перед тем, как в первый раз начинают работать с данным теодолитом. В том случае, если пожелания в работе не меняются, то при дальнейшем использовании прибора эти настройки заново задавать не нужно.

Параметры работы прибора настраивают в режиме «настройка». Для входа в режим настроек нажимают клавишу [R/L] и, удерживая ее, нажимают кнопку питания , пока на экране не отобразится надпись SET (режим настроек). После звукового сигнала нужно сначала отпустить клавишу [R/L], а затем – кнопку питания. Нажмите клавишу [R/L].

Позиции выбранного режима настроек представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Позиции выбранного режима настроек теодолита VEGA TEO-5B

Задаваемые параметры	Варианты установок	Описание
1	ON (Вкл.)	Система отсчета вертикального угла: 0° от горизонта
	OFF * (Выкл.)	Система отсчета вертикального угла: от горизонта ± 90°
2	ON * (Вкл.)	Автоматическое отключение питания через 20 минут
	OFF (Выкл.)	Выключение функции автоматического отключения питания
3	1"*	Выбор дискретности отсчитывания углов: Г(0,2 мгон)
	5"	Выбор дискретности отсчитывания углов: 5"(1 мгон)
	10"	Выбор дискретности отсчитывания углов: 10"(2 мгон)
4	1*	Выбор единиц измерения углов: градусы
	2	Выбор единиц измерения углов: гоны
	3	Выбор единиц измерения углов: милы
5	ON*	Включение режима работы компенсатора
	OFF	Выключение режима работы компенсатора
6	ON (Вкл.)	Установка ГУ на 0 двойным нажатием клавиши [0SET]
	OFF* (Выкл.)	Установка ГУ на 0 однократным нажатием клавиши [0SET]
Примечание – вариант установки с символом * означает заводскую установку		

Производство отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита

Работа с теодолитом 2Т30П. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита снимают с помощью *отсчетного устройства* – шкалового микроскопа. Оба круга градуированы штрихами с оцифровкой каждого градуса. Изображение отсчетного индекса градуса и соответствующего ему штриха передается в поле зрения микроскопа, рисунок 1.9, 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 точностью 0,5'. 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, рисунок 1.9, отсчеты по горизонтальному кругу равны 95°46,5'. А отсчеты по вертикальному кругу: + 1°17', рисунок 1.9а, – 0°43', рисунок 1.9б.

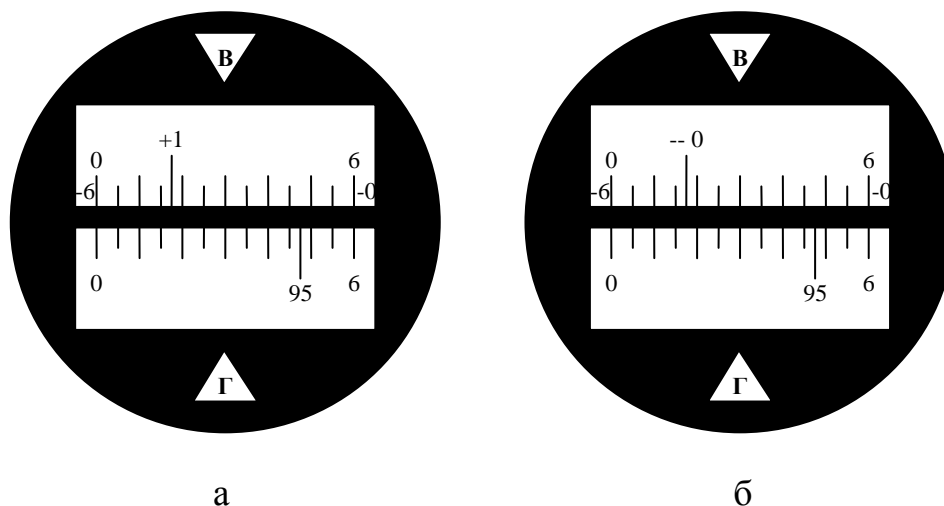





Рисунок 1.9 – Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30П при положительном (а) и отрицательном (б) угле наклона трубы

Работа с теодолитом VEGA TEO-5B. Как такового отдельного отсчетного устройства теодолит VEGA TEO-5B не имеет. Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам отображаются на экране жидкокристаллического дисплея.

Порядок работы с теодолитом следующий.

1. *Включение прибора.* Нажмите кнопку питания , и продолжайте удерживать ее, пока не отобразятся все символы ЖК-дисплея, после чего отпустите кнопку , – прибор перейдет в режим измерений.

2. *Выключение прибора.* Нажмите и удерживайте кнопку питания  до тех пор, пока на дисплее не отобразится надпись **OFF** (Выкл.), отпустите кнопку, после чего теодолит выключится.

3. *Включение подсветки экрана.* Нажмите клавишу [SHIFT], чтобы активировать дополнительный режим функциональных клавиш, и затем для включения подсветки экрана нажмите клавишу [OSET].

4. *Выключение подсветки экрана.* Нажмите повторно клавишу [OSET], когда активен дополнительный режим функциональных клавиш.

5. *Изменение направления отсчета горизонтального угла право/лево* осуществляется нажатием клавиши [R/L].

После включения и инициализации прибора горизонтальный угол отобразится как « $H_R \text{ xxx}^\circ \text{ xx}' \text{ xx}''$ », – это значит, что горизонтальный угол будет увеличиваться при вращении теодолита по часовой стрелке.

Нажмите и отпустите клавишу [R/L], отображение горизонтального угла изменится на « $H_L \text{ xxx}^\circ \text{ xx}' \text{ xx}''$ », это значит, что горизонтальный угол будет увеличиваться при вращении теодолита против часовой стрелки.

6. *Обнуление отсчета горизонтального круга* осуществляется нажатием клавиши [OSET].

Нажмите клавишу [OSET], затем отпустите ее, значение горизонтального угла начнет мигать. Нажмите [OSET] еще раз, и значение горизонтального угла изменится на отсчет $000^\circ 00' 00''$.

Кроме того, если в режиме настроек для 6-го параметра задано **OFF** (Выкл.), то однократным нажатием [OSET] можно сразу выставить горизонтальный угол на отсчет $000^{\circ}00'00''$.

7. Переключение режима измерения вертикального угла (от зенита/от горизонта или в виде уклона) осуществляется нажатием клавиши [V/%].

Режим измерения углов от зенита V_z (от горизонта V_r), рисунок 1.10а.

После включения и инициализации (приведение устройства в состояние готовности к использованию) теодолита режим измерения вертикальных углов от зенита устанавливается автоматически. Диапазон значений углов – от 0° до 360° . Например, в 1-й строке отобразится «V 058°52'20''».

Режим измерения углов в виде уклона $V_{\%}$, рисунок 1.10в.

При выбранном режиме измерения вертикальных углов от зенита (V) нажмите и отпустите клавишу [V/%], – установится режим измерения уклона ($V^{\%}$). В 1-й строке отобразится «V 0/6039%». Диапазон значений уклона – от -100% до $+100\%$, что соответствует диапазону углов от -45° до $+45^{\circ}$, горизонт – 0,0000. В случае если значение уклона выходит за пределы указанного диапазона, на дисплее отображается сообщение об ошибке **ЕГГОГ**.

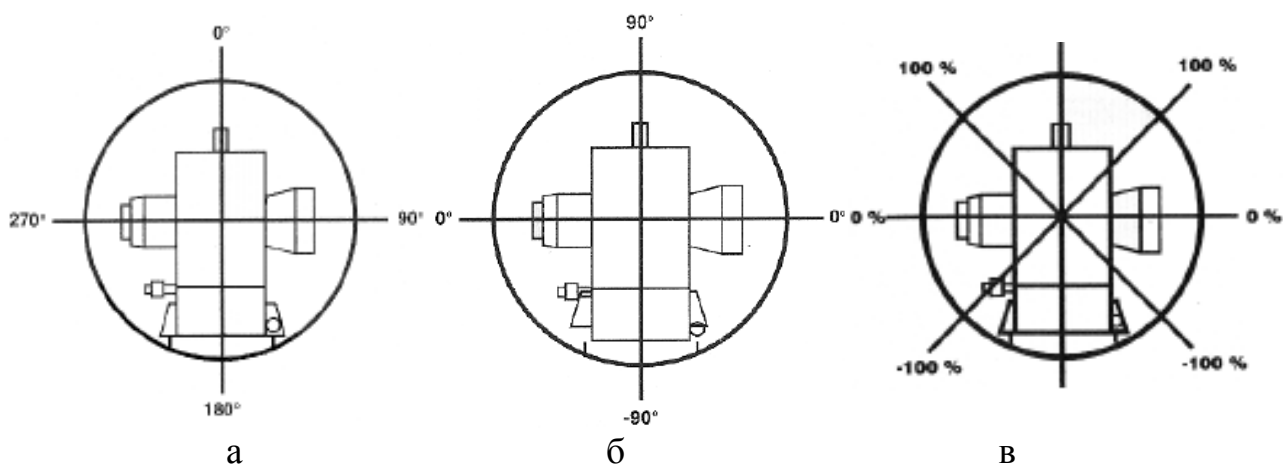
Для возврата обратно в режим измерения углов от зенита нажимают и отпускают клавишу [V/%].

8. Удержание значения горизонтального угла и задание его произвольного значения осуществляется нажатием клавиши [HOLD].

Режим удержания значения горизонтального угла, рисунок 1.11.

Нажмите клавишу [HOLD] и отпустите ее, раздастся звуковой сигнал, а в нижней строке экрана отобразится надпись **HOLD**. При таком положении считанное значение горизонтального угла сохраняется неизменным при вращении алидады.

Нажмите клавишу [HOLD] снова, – прибор вернется в обычный режим, а горизонтальный угол будет изменяться при вращении теодолита.



а) от зенита; б) от горизонта; в) в виде уклона
Рисунок 1.10 – Режимы измерения вертикального угла

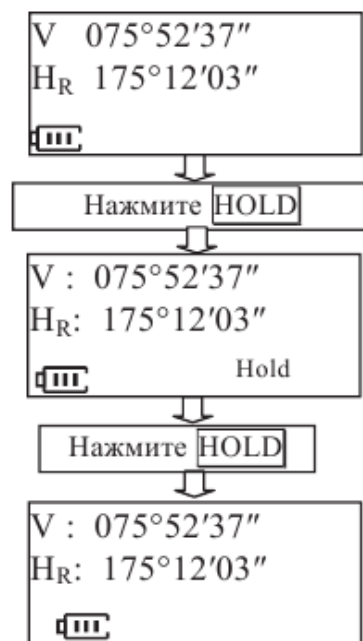


Рисунок 1.11 – Режим удержания значения горизонтального угла

Режим задания произвольного значения горизонтального угла

Вращайте наводящий винт горизонтального круга теодолита до тех пор, пока на экране не отобразится необходимое значение, нажмите клавишу [HOLD] и отпустите ее. Значение угла удержится, и отобразится сообщение **HOLD** об удержании значения. Вращая теодолит, выполните визирование на цель, нажмите и отпустите клавишу [HOLD] снова, функция удержания значения отключится, и можно выполнять следующее измерение.

9. *Включение дополнительного режима функциональных клавиш* осуществляется нажатием клавиши [SHIF].

Примечание – все клавиши теодолита имеют по 2 функции: основную обозначенную на клавише, и дополнительную – над клавишей. В обычном режиме работы активны основные функции клавиш, а в режиме SHIF активируются дополнительные функции.

Нажмите клавишу [SHIF] и отпустите ее, раздастся звуковой сигнал, а в нижней строке экрана отобразится надпись **SHIF**, – включится дополнительный режим функциональных клавиш. Нажмите клавишу [SHIF] снова, – прибор вернется в обычный режим (основной режим функциональных клавиш).

10. *Выбор единиц измерения углов: градусы/гоны/милы.*

Пример выбора единицы измерения – гоны:

а) нажмите одновременно клавишу [R/L] и кнопку питания – должен появиться звуковой сигнал. После звукового сигнала нажмите и отпустите клавишу [R/L], а затем нажмите кнопку питания – отобразится надпись **SET**;

б) нажмите четыре раза клавишу [R/L], чтобы перейти к параметру № 4;

в) нажмите клавишу [V/%], чтобы включить режим отображения углов в гонах (вариант установки № 2);

г) нажмите клавишу [SHIFT] для сохранения настройки значения угла и перехода в режим измерений.

Поверки и юстировки теодолита

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.

Реализация данного условия возможна только при строгом соответствии взаимного расположения основных осей теодолита.

Расположение основных осей в теодолите должно отвечать следующим требованиям, рисунок 1.12:

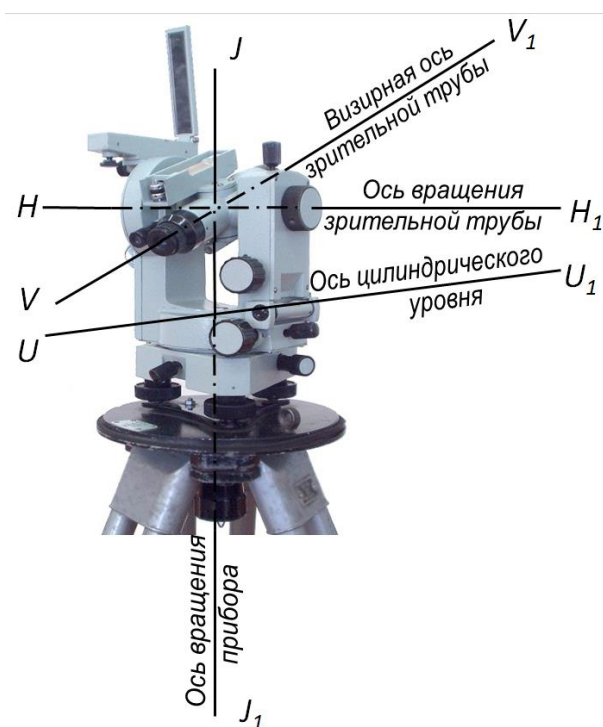


Рисунок 1.12 – Основные оси теодолита

– 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 вращения инструмента.

Для угловых измерений соблюдение этих условий имеет большое значение, поскольку расположение осей может быть легко нарушено в процессе работы и транспортировки. Поэтому перед использованием теодолита необходимо убедиться в его соответствии основному геометрическому условию.

*Действия, связанные с проверкой инструмента на предмет его соответствия предъявляемым требованиям, называются **поверками**.*

*Действия, связанные с исправлением обнаруженных нарушений геометрических условий, называются **юстировками**.*

Запрещается производство измерений приборами, на которых не выполнены поверки и соответствующие им юстировки.

Выполнение главного геометрического условия требует производства поверок и соответствующих юстировок, число и порядок выполнения которых зависит от типа и конструкции теодолита.

Поверки теодолита 2ТЗ0П производят в определенной последовательности, так как юстировка прибора, выполняемая после каждой очередной поверки, дает возможность произвести следующую поверку.

Поверка № 1 – поверка цилиндрического уровня.

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

Порядок поверки. Приводят подъемные винты в такое положение, чтобы каждый из них имел примерно одинаковый запас вращения в обоих противоположных направлениях. Теодолит предварительно горизонтируют. Для этого устанавливают цилиндрический уровень поворотом алидады по направлению двух подъемных винтов, как показано на рисунке 1.13 (положение I, винты 1 и 2) и, вращая их в разные стороны (для ускорения процесса), приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Далее поворачивают алидаду на 90° , при этом уровень займет положение II, перпендикулярное положению I. Если после поворота алидады пузырек отклонится от нуль-пункта, то вращением винта 3 его выводят на нуль-пункт.

После горизонтирования теодолита поворачивают алидаду еще на 90° в том же направлении, в каком его поворачивали в положение II, рисунок 1.13. При этом уровень займет положение III. Если после поворота алидады пузырек установится на нуль-пункт или отклонится от него не более чем на одно деление, то условие поверки выполнено. А если смещение пузырька превышает одно деление, то выполняют юстировку.

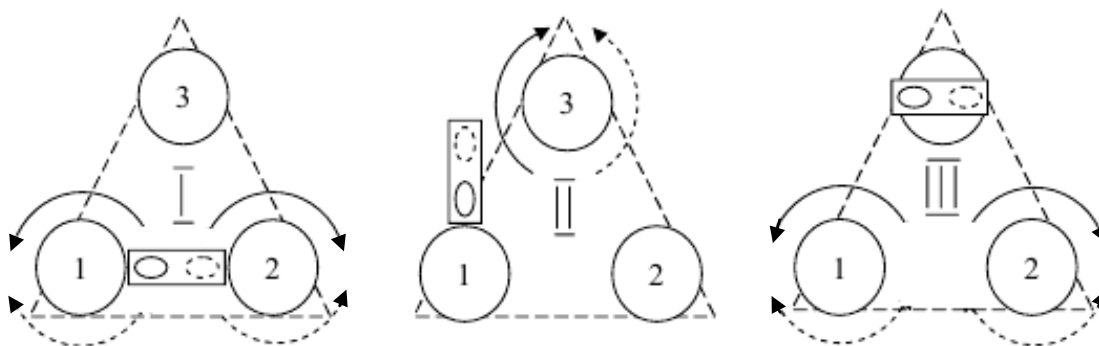


Рисунок 1.13 – Поверка цилиндрического уровня теодолита

Порядок юстировки. Действуя юстировочными винтами уровня, перемещают пузырек уровня на половину дуги отклонения. Вторую половину отклонения устраняют подъемными винтами. Поверку повторяют до тех пор, пока пузырек уровня не будет уходить от середины после разворота алидады на 180° более одного деления.

Поверка № 2 – поверка коллимационной погрешности.

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

Если указанное условие не выполнено, то визирная ось и нормаль к оси вращения трубы составляют некоторый угол C , называемый коллимационной погрешностью. Поверка условия у теодолитов с односторонней системой отсчета производится так, чтобы исключить влияние эксцентриситета алидады на отсчет.

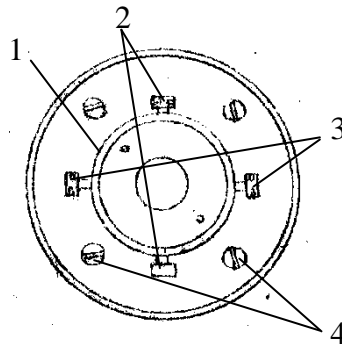
Порядок поверки. Закрепляют лимб, наводят центр сетки при «круге лево» на отдаленную точку местности, расположенную примерно у горизонта, и производят отсчет $KЛ$. Переводят трубу через зенит, наводят центр сетки при «круге право» на ту же точку и производят отсчет $KП$.

Величину коллимационной погрешности C вычисляют по формуле

$$C = \frac{KЛ - KП \pm 180^\circ}{2}. \quad (1.1)$$

Если погрешность C не превышает двойной точности отсчетного приспособления, то условие выполнено (для 2Т30П $C \leq 1'$). В противном случае производят юстировку.

Порядок юстировки. Вычисляют правильный отсчет по одной из формул $N = KП + C$ или $N = KЛ - C + 180^\circ$ и устанавливают полученный отсчет на лимбе горизонтального круга, при этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. У теодолита 2Т30П надо отвернуть защитный колпачок, прикрывающий исправительные винты 3 сетки, рисунок 1.14, и, действуя ими, совместить центр сетки с точкой местности. Для контроля поверку повторяют.



- 1 – диафрагма с сеткой нитей; 2 – вертикальные юстировочные винты;
3 – горизонтальные юстировочные винты; 4 – торцевые винты крепления диафрагмы

Рисунок 1.14 – Диафрагма с сеткой нитей

Поверка № 3 – поверка неравенства подставок.

Условие поверки. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Порядок поверки. Устанавливают теодолит на расстоянии 30 – 40 м от стены высокого здания и приводят ось теодолита в отвесное положение.

Закрепляют лимб, наводят центр сетки нитей на четко видимую высоко-расположенную точку M , направление на которую должно составлять с горизонтом угол 25° – 30° . Затем закрепляют алидаду, опускают трубу до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию m_1 центра сетки нитей.

Переводят трубу через зенит, открепляют алидаду и вновь визируют на точку M . Опустив трубу до уровня отмеченной ранее точки m_1 , отмечают проекцию точки m_2 , рисунок 1.15.

Если расстояние между проекциями m_1 и m_2 не более ширины биссектора сетки нитей или отношение отрезков удовлетворяет неравенству:

$$\frac{m_1 m_2}{Mm} \leq \frac{1}{6000},$$

то условие выполнено.

Если условие не выполнено, то теодолит отправляется в мастерскую, так как юстировка связана с частичной разборкой прибора.

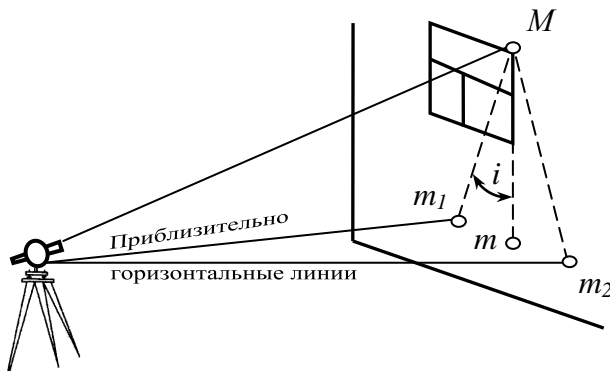


Рисунок 1.15 – Поверка неравенства подставок

Поверка № 4 – поверка сетки нитей.

Условие поверки. Вертикальная нить сетки нитей должна быть отвесна, т.е. располагаться в коллимационной плоскости трубы.

Порядок поверки. Это условие можно проверить двумя способами.

Первый способ (по отвесу). Приводят ось вращения теодолита в отвесное положение и наводят трубу на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 5 – 10 мм от прибора. Вертикальная нить сетки не должна отклоняться от нити отвеса более чем на 1/3 величины биссектора. Если данное условие не выполнено, то требуется юстировка.

Второй способ (наведением на точку). Трубу наводят на какую-нибудь точку, а затем вращают по горизонту. Если горизонтальная нить сетки при перемещении зрительной трубы наводящим винтом сходит с наблюдаемой точки, то производят юстировку.

Порядок юстировки. У теодолита 2Т30П надо снять колпачок, прикрывающий юстировочные винты сетки нитей, отпустить закрепительные винты окуляра и повернуть его вместе с сеткой до выполнения условия, после чего вновь закрепить окуляр.

После выполнения описанных действий надо повторить определение коллимационной погрешности, поэтому вторую и четвертую поверки рекомендуется выполнять одновременно.

Поверка № 5 – поверка места нуля теодолита 2Т30П.

Условие поверки. Место нуля вертикального круга должно быть постоянным и близким к нулю.

Порядок поверки. Установить теодолит в рабочее положение, навести центр сетки нитей на удаленную точку местности и снять отсчет (L) при «круге лево». Затем перевести трубу через зенит и повторить те же действия,

сняв отсчет (Π) при «круге право». По полученным отсчетам вычислить место нуля по формуле

$$MO = \frac{L + \Pi}{2} . \quad (1.2)$$

Перед снятием отсчетов необходимо привести пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункт. Для этого воздействуют подъемными винтами подставки теодолита.

Место нуля определяется дважды и вычисляется его среднее значение. Место нуля не должно быть больше двойной точности m_v отсчетного приспособления (для теодолита 2Т30П не более 1')

$$MO_{cp} = \frac{MO_1 + MO_2}{2} \leq 2m_v . \quad (1.3)$$

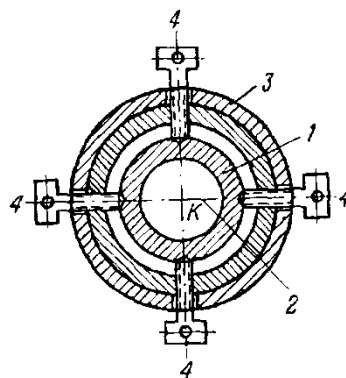
Если среднее значение места нуля более одной минуты, то необходимо выполнить юстировку.

Порядок юстировки. По отсчетам L и Π вычислить угол наклона (правильный отсчет) по одной из формул

$$v = L - MO, \quad v = MO - \Pi . \quad (1.4)$$

Далее, оставив центр сетки нитей наведенной на точку местности, 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 в окулярной части зрительной трубы и, воздействуя на вертикальные исправительные винты 4, рисунок 1.16, сетки нитей, передвинуть ее в вертикальной плоскости до совмещения центра сетки с наблюдаемой точкой.

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



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

Рисунок 1.16 – Диафрагма с сеткой нитей

Поверки электронного теодолита VEGA ТЕО-5В производят в определенной последовательности, так как юстировка прибора, выполняемая после каждой очередной поверки, дает возможность произвести следующую поверку.

Поверка № 1 – поверка цилиндрического уровня.

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

Порядок поверки аналогичен поверке цилиндрического уровня теодолита 2ТЗ0П, рисунок 1.13. Отличительной особенностью является то, что если после поворота алидады (положение III, рисунок 1.13) пузырек отклонится от нуля-пункта не более чем на 0,5 деления, то условие поверки выполнено. А если смещение пузырька превышает 0,5 деления, то необходима юстировка.

Порядок юстировки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Приведите прибор к горизонту. Поверните теодолит так, чтобы цилиндрический уровень был параллелен линии соединяющей два подъемных винта. Подъемными винтами приведите пузырек в середину уровня. Поверните теодолит на 180° (200 гон), и с помощью юстировочной шпильки поверните юстировочный винт, пока пузырек не сместится на половину расстояния до срединного положения пузырька, рисунок 1.17. Данные действия повторяйте до тех пор, пока пузырек не будет оставаться в середине уровня при вращении теодолита.

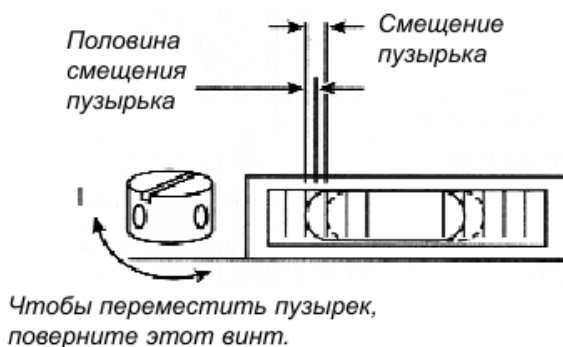


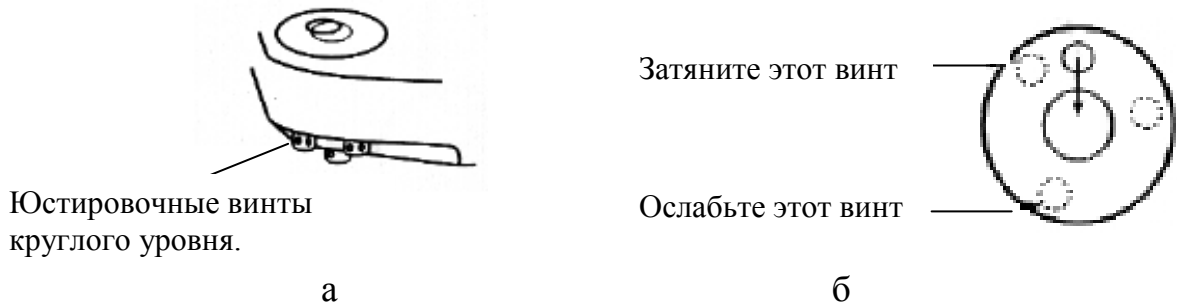
Рисунок 1.17 – Схема исправления цилиндрического уровня юстировочной шпилькой

Поверка № 2 – поверка круглого уровня.

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

Порядок поверки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Приведите прибор к горизонту по цилиндрическому уровню. Убедитесь, что пузырек круглого уровня находится в середине. В этом случае юстировка не требуется. Однако, если пузырек круглого уровня находится не в центре, выполните следующую процедуру.

Порядок юстировки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Приведите прибор к горизонту по цилиндрическому уровню. Работая юстировочной шпилькой поверните 2 юстировочных винта так, чтобы привести пузырек в нуль-пункт (рисунок 1.18а,б).



а) юстировочные винты; б) порядок смещения пузырька в указанном направлении
Рисунок 1.18 – Схема исправления круглого уровня

Поверка № 3 – поверка оптического визира.

Условие поверки. Створная ось оптического визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Общий вид оптического визира показан на рисунке 1.19а.

Порядок поверки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Установите марку на расстоянии 50 м от прибора. Наведите перекрестье сетки нитей зрительной трубы на центр марки.

Убедитесь, что сетка нитей оптического визира, рисунок 1.19б, наведена на центр марки. Если это так, то юстировка не требуется. Если нет, выполните юстировку.



а) общий вид; б) сетка нитей
Рисунок 1.19 – Оптический визир

Порядок юстировки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Установите крестообразную цель на расстоянии 50 м от прибора. С помощью зрительной трубы наведите перекрестье сетки нитей на центр марки.

Ослабьте 4 фиксирующих винта оптического визира, приведите оптический визир в правильное положение – сетка нитей оптического визира, должна быть наведена на центр марки. Затяните 4 фиксирующих винта.

Поверка № 4 – поверка лазерного отвеса.

Условие поверки. *Ось лазерного отвеса должна быть перпендикулярна к оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга и совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.*

Порядок поверки. Установите теодолит на устойчивую поверхность и зафиксируйте его. Разместите марку под теодолитом. Поверните кольцо переключателя, чтобы включить лазер, и точно сфокусируйте его.

Вращайте подъемные винты до тех пор, пока теодолит не будет приведен к горизонту, а лазерное пятно не совпадет с точкой центрирования на земле. Поверните прибор на 180° (200 гон), и проверьте, совпадают ли лазерное пятно и точка центрирования. В случае если они различаются менее, чем на 2 мм, юстировка не требуется. В противном случае выполните юстировку.

Порядок юстировки. Приведите прибор в рабочее положение, включите лазерный отвес и точно сфокусируйте его. Используя подъемные винты, приведите теодолит к горизонту и добейтесь, чтобы лазерное пятно совпало с точкой центрирования на земле.

Поверните теодолит на 180° (200 гон) и снимите защитный колпачок лазерного отвеса. Регулируя два юстировочных винта с помощью шестигранного ключа, перемести лазерную точку наполовину расстояния до точки центрирования.

Указанные действия нужно повторять до тех пор, пока теодолит не будет оставаться отгоризонтированным, а лазерная точка не будет совпадать с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга теодолита в любом направлении.

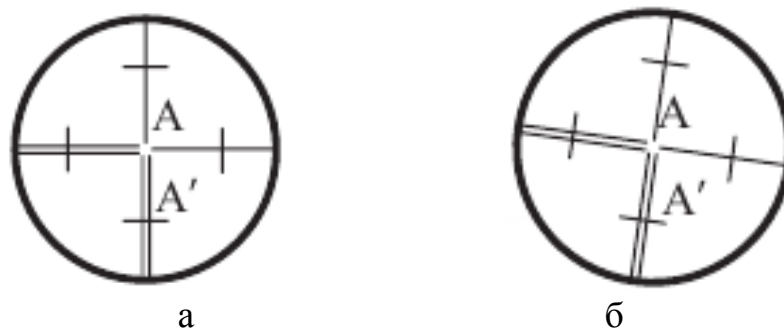
Поверка № 5 – поверка сетки нитей зрительной трубы.

Порядок поверки. Установите теодолит на штатив и тщательно приведите инструмент к горизонту. Разместите марку А на расстоянии 50 м от прибора.

Вращая наводящий винт вертикального круга, наведите зрительную трубу на марку А. В случае, если марка А смещается параллельно вертикальной нити сетки нитей, рисунок 1.20а, то юстировка не требуется. Однако, если происходит непараллельное смещение марки А, рисунок 1.20б, то выполните юстировку.

Порядок юстировки. Установите теодолит и на расстоянии 50 м от него разместите марку А. Снимите защитный колпачок окуляра зрительной трубы, поверните наводящий винт вертикального круга теодолита и слегка ослабьте четыре юстировочных винта. Затем поверните окулярную часть до тех пор, пока марка А не совпадет с вертикальной нитью зрительной трубы. Затяните юстировочные винты.

Действия повторяют до тех пор, пока не добьетесь параллельного смещения марки А относительно вертикальной оси сетки нитей.



а) правильно; б) неправильно
Рисунок 1.20 – Положение сетки нитей

Проверка № 6 – проверка коллимационной погрешности.

Порядок проверки. Установите теодолит и приведите его к горизонту. Наведите зрительную трубу на перекрестье сетки нитей коллиматора или центр удаленной марки. Возьмите отсчеты по горизонтальному кругу при «круге лево» $KЛ$ и «круге право» $KП$.

По формуле (1.1) вычислите коллимационную ошибку C .

Если $C < 10''$, то юстировка не требуется.

Если $C > 10''$, то необходимо выполнить юстировку.

Порядок юстировки. Вычислите правильный отсчет N по одной из формул $N = KП + C$ или $N = KЛ - C + 180^\circ$. Установите теодолит в положение при «круге право» ($KП$) и, вращая наводящий винт горизонтального круга, установите вычисленный правильный отсчет на лимбе горизонтального круга, при этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки.

Ослабив юстировочные винты сетки нитей, переместите ее этими винтами так, чтобы вертикальная нить сетки нитей зрительной трубы совпала с перекрестьем коллиматора наблюдаемой цели.

Повторяйте процедуры проверки и юстировки до тех пор, пока коллимационная ошибка не окажется в пределах допустимого значения.

Проверка № 7 – проверка компенсатора.

Порядок проверки. Тщательно приведите теодолит к горизонту с помощью цилиндрического уровня. Поверните прибор так, чтобы дисплей располагался примерно параллельно линии, соединяющей любые два подъемных винта. Включите и проинициализируйте прибор.

Выполните визирование на сетку нитей коллиматора или визирную марку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы. Снимите отсчет по вертикальному кругу L_1 .



Поверните наводящий винт вертикального круга, чтобы увеличить или уменьшить вертикальный угол на $3'$.

Используя третий подъемный винт, снова наведите зрительную трубу на точку, снимите отсчет по вертикальному кругу L_2 .

Вычислите разницу между отсчетами по формуле

$$\Delta_v = L_1 - L_2. \quad (1.5)$$

Если значение Δ_v не превышает 3", то юстировка не требуется. В противном случае необходима юстировка.

Порядок юстировки. Тщательно отгоризонтируйте теодолит с помощью цилиндрического уровня. Поверните прибор так, чтобы дисплей располагался примерно параллельно линии соединяющей любые два подъемных винта. Нажмите и удерживайте клавишу [SHIFT] затем нажмите и удерживайте в течение 2 секунд клавишу . Отпустите клавишу , на дисплее отобразится надпись **SET 0**, отпустите клавишу [SHIFT] и теодолит перейдет в режим юстировки наклона.


Поверните зрительную трубу для инициализации вертикального круга. В первой строке дисплея отобразится вертикальный угол, а во второй строке – значение наклона.

Поверните третий подъемный винт до тех пор, чтобы значение наклона стало равным 000.

Выполните визирование на перекрестье сетки нитей коллиматора или марку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы.

Снимите отсчет по вертикальному кругу v .

Поверните наводящий винт вертикального круга, чтобы увеличить или уменьшить вертикальный угол на 3'.

Вращая третий подъемный винт, снова наведите зрительную трубу на цель. После стабилизации значения нажмите клавишу , и прибор автоматически перейдет в режим измерений.

Проверка № 8 – проверка места нуля теодолита VEGA TEO-5B.

Порядок проверки. Установите теодолит на штатив или устойчивую поверхность и приведите его к горизонту.


Наведите зрительную трубу теодолита на перекрестье сетки нитей коллиматора или точку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы теодолита. Затем снимите значение вертикального угла при «круге лево» (L) и при «круге право» (P).

Вычислите значение места нуля вертикального круга (MO), по формуле

$$MO = \frac{L + P - 360^\circ}{2}. \quad (1.6)$$

Если $MO < 15''$, то юстировка не требуется.

Если $MO > 15''$, то необходимо выполнить юстировку.

Порядок юстировки. Установите теодолит на штатив или юстировочную платформу и приведите его к горизонту. Нажмите кнопку питания  и, удерживая ее в таком положении, нажмите клавишу [V/%], чтобы войти в режим корректировки места нуля. На экране отобразится надпись **SET F1**.

Поверните зрительную трубу вверх-вниз для инициализации вертикального круга. Наведите теодолит на перекрестье сетки нитей коллиматора или точку, размещенную в пределах $\pm 10''$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы теодолита, затем нажмите клавишу [R/L]. На экране отобразится **SET F2**.

Поверните теодолит на 180° , и наведите его на ту же самую цель.

На экране отобразится SET. Нажмите клавишу [R/L], чтобы сохранить скорректированное значение места нуля. Процедура юстировки завершена, и прибор автоматически перейдет в режим измерений.

Примечание – после корректировки места нуля (МО) проверяют его значение. Если в экране корректировки места нуля нажать клавишу [R/L], то можно сразу перейти в режим измерений. Скорректированное значение места нуля в этом случае не сохранится.

1.1.3 Конструкция и поверки нивелиров

Нивелиры применяют для измерения превышений и определения отметок точек при геодезических съемках, а в строительстве – для создания высотной разбивочной основы, выноса в натуру проектов вертикальной планировки, для передачи отметок на дно котлованов и монтажные горизонты, а также при производстве контроля строительно-монтажных работ и выполнении исполнительных съемок.

Нивелиры выпускаются в нескольких исполнениях: с уровнем при зрительной трубе (Н-3); с компенсатором углов наклона (Н-3К); с лимбом для измерения горизонтальных углов (Н-3Л); с компенсатором и лимбом (Н-10КЛ).

Основные технические характеристики нивелиров приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Технические характеристики нивелиров

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

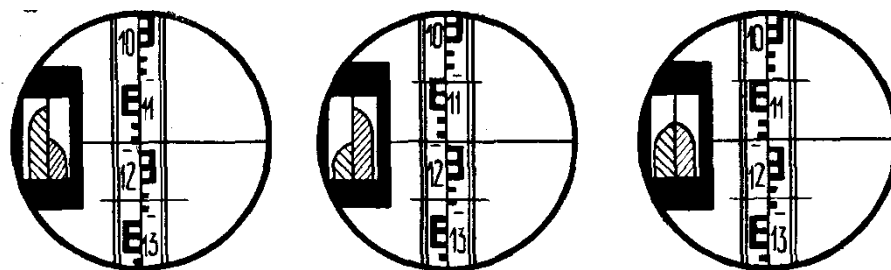
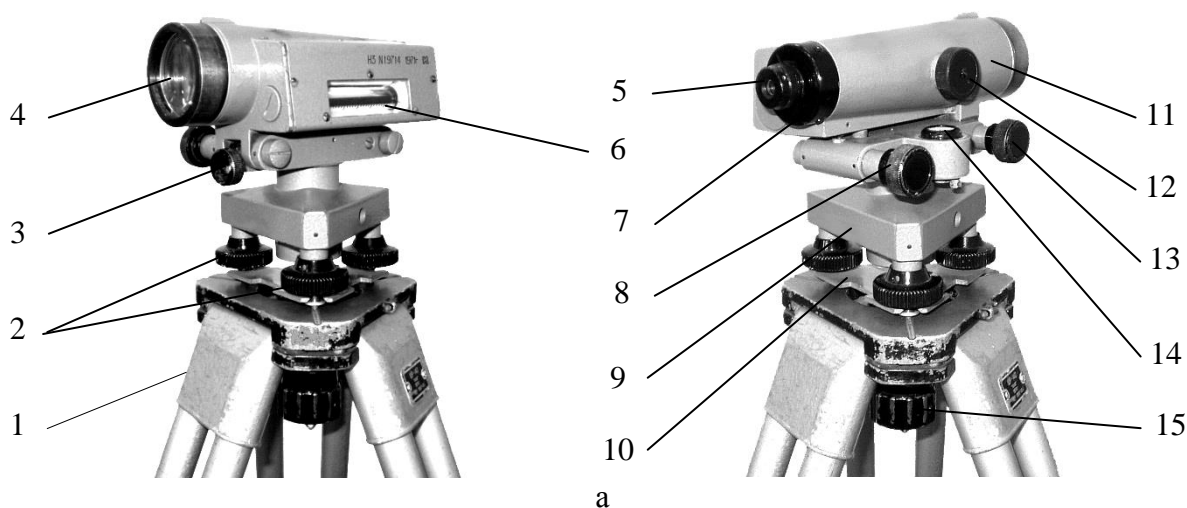
Устройство и установка нивелира на станции

Точный нивелир Н-3, рисунок 1,21, состоит из двух основных частей: 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.

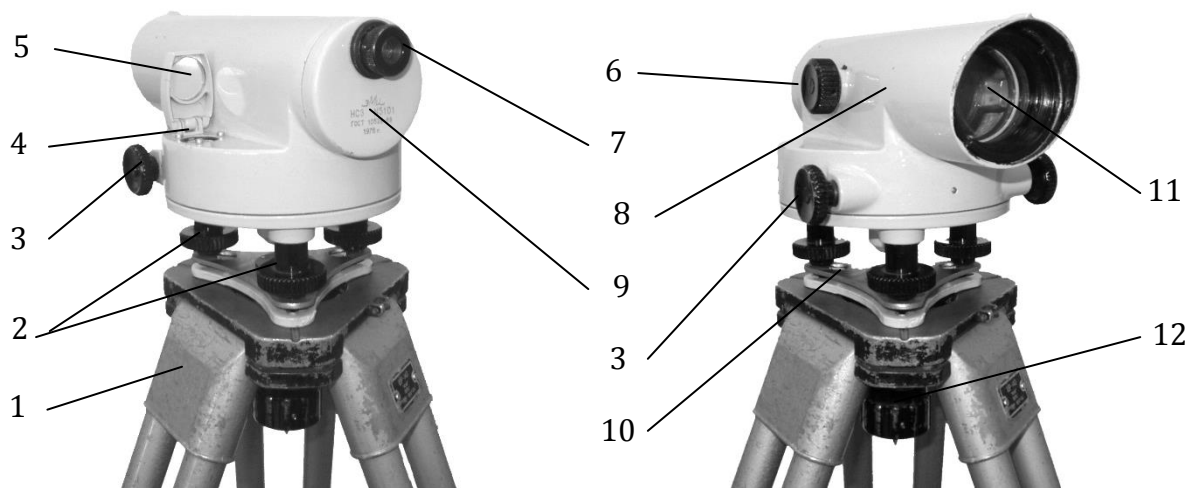
Нивелир крепится на штативе 1 становым винтом 15. Перед отсчетом по рейке, глядя в окуляр зрительной трубы, наблюдают за положением пузырька цилиндрического уровня и вращением элевационного винта выводят пузырек в нуль-пункт, т.е. совмещают изображения половинок противоположных концов пузырька, видимых в поле зрения трубы, рисунок 1.21.



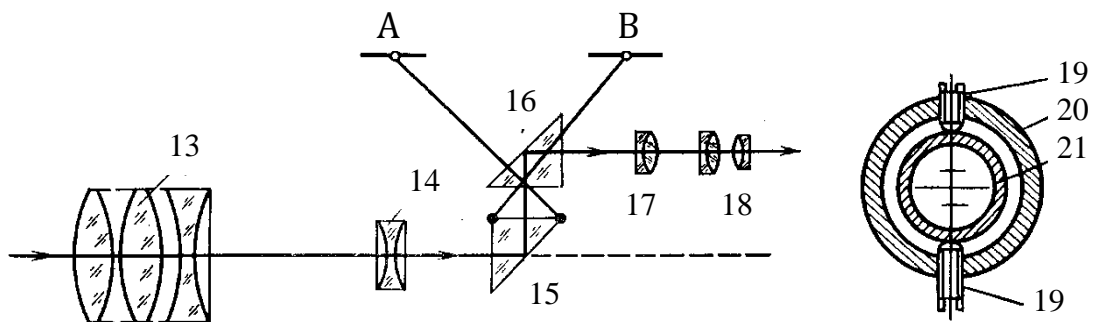
а) основные части нивелира: 1 – штатив; 2 – подъемные винты; 3 – закрепительный винт; 4 – объектив; 5 – окуляр; 6 – цилиндрический уровень; 7 – предохранительный колпачок; 8 – элевационный винт; 9 – подставка; 10 – пружинящая пластина; 11 – зрительная труба; 12 – кремальера; 13 – наводящий винт; 14 – круглый уровень; 15 – становой винт; б) поле зрения зрительной трубы

Рисунок 1.21 – Устройство нивелира Н-3

Точный нивелир Н-3К, рисунок 1.22, относится к нивелирам с самоустанавливающейся линией визирования. 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. Оптико-механический компенсатор, состоящий из двух призм (рисунок 1.22б), обеспечивает автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение при возможных отклонениях оси вращения нивелира от вертикали в пределах $\pm 10'$. Для этого призма 15 вывешивается четырьмя скрещенными нитями.



а



б

в

а) основные части нивелира: 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; б) оптическая схема зрительной трубы: 13 – объектив; 14 – фокусирующая линза; 15, 16 – призмы компенсатора; 17 – сетка нитей; 18 – окуляр; в) поперечный разрез окулярной части трубы: 19 – юстировочные винты; 20 – оправа окуляра; 21 – диафрагма сетки нитей

Рисунок 1.22 – Устройство нивелира Н-3К

Время самоустановки 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 21 сетки нитей (рисунок 1.22в) крепится в окулярной части зрительной трубы двумя вертикальными юстировочными винтами 19, с помощью которых сетку при необходимости можно смещать в вертикальной плоскости вверх или вниз. На рисунке 1.22а 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° . Для снятия отсчетов по лимбу имеется окуляр и штриховой микроскоп. Отсчеты берутся с точностью $0,1^\circ$.

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 устанавливается на штатив. 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.

Нивелирные рейки и производство отсчетов по ним

Взятие отсчетов по рейкам. Для нивелирования III и IV класса и для технического нивелирования применяют обычно двухсторонние или односторонние рейки с шашечными сантиметровыми делениями. Рейки бывают длиной 1,5; 3 и 4 м, как целые, так и складные, рисунок 1.23. К примеру, складная трехметровая рейка 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.

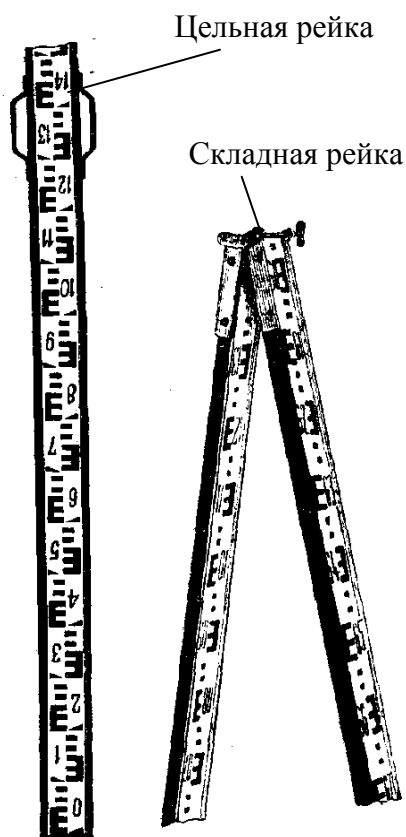


Рисунок 1.23 – Нивелирные рейки

Отсчет снимают с точностью до 1 мм по средней горизонтальной нити, а для определения расстояний – по нижней и верхней, рисунок 1.24.

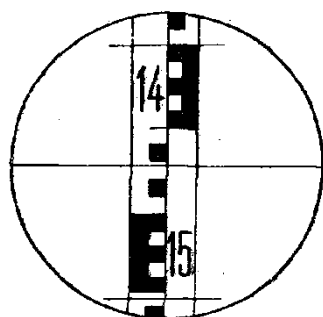
Последовательность снятия отсчета по рейке:

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

- отсчитать вниз (для нивелиров с трубами обратного изображения) или вверх (для нивелиров с трубами прямого изображения) от начала дециметра количество полных сантиметровых делений, отсекаемых горизонтальной нитью сетки;

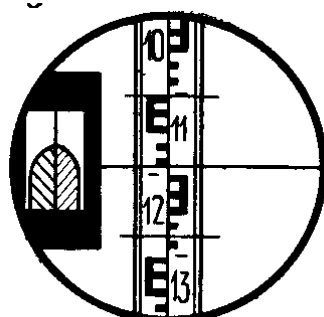
- оценить на глаз число миллиметров, отсекаемых горизонтальной нитью на неполном сантиметре.

При работе с уложенными нивелирами необходимо вращением элевационного винта совместить концы половинок пузырька цилиндрического уровня, после чего производить отсчеты по рейке, рисунок 1.24б.



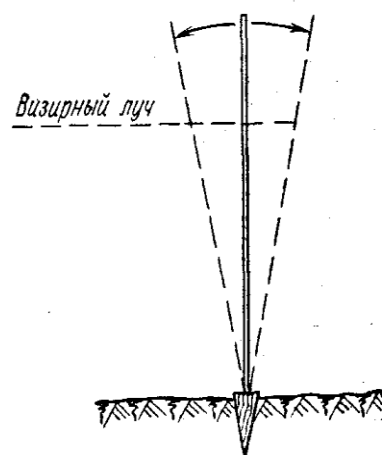
средняя нить – 1472
верхняя нить – 1400
нижняя нить – 1554

а



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

б



в

а) снятие отсчета нивелиром Н-3К; б) снятие отсчета нивелиром Н-3;
в) снятие отсчета при покачивании рейки

Рисунок 1.24 – Снятие отсчетов по рейке

Отсчеты по рейкам производят при вертикальном 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, рисунок 1.24в. Наименьший отсчет соответствует перпендикулярному положению рейки к линии визирования. Если отсчет меньше 1000 мм, то рейку покачивать не следует.

Поверки и юстировки нивелиров

Поверки уровенных нивелиров (Н-3)

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.

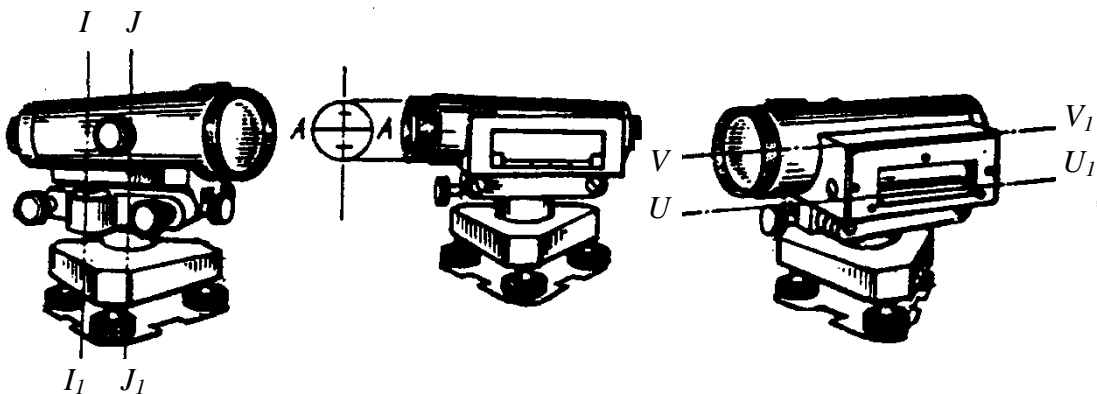
Взаимное расположение основных осей прибора показано на рисунке 1.25.

Если при выполнении поверок обнаруживается несоответствие взаимного расположения частей прибора, его юстируют исправительными винтами. У самоустанавливающихся нивелиров дополнительно делают поверки, контролирующие работу компенсатора. Поверку производят в определенной последовательности, так как юстировка прибора, выполняемая после каждой очередной поверки, дает возможность произвести следующую поверку.

Поверка № 1 – поверка круглого уровня.

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

Порядок поверки. 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 нивелир на 180° . Если после этого пузырек остался в нуль-пункте, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.



II_1 – ось круглого (установочного) уровня; JJ_1 – ось вращения прибора;

VV_1 – визирная ось; UU_1 – ось цилиндрического уровня

Рисунок 1.25 – Схема основных осей нивелиров

Порядок юстировки. Действуя исправительными винтами круглого уровня, перемещают пузырек на половину дуги отклонения, а оставшуюся половину отклонения устранить с помощью подъемных винтов. Для контроля действия повторяют.

Поверка № 2 – поверка сетки нитей.

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

Порядок поверки. Поверка выполняется двумя способами. Первый способ аналогичен поверки сетки нитей теодолита с помощью отвеса. При втором способе берут два отсчета по рейке при левой и правой части поля зрения трубы. Взятые отсчеты не должны различаться более чем на 1 мм.

Поверка № 3 – поверка главного условия уровенных нивелиров.

Условие поверки. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (рисунок 1.26).

Порядок поверки. На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить металлическими костылями или деревянными колышками и выполнить двойное нивелирование по способу вперед.

Для этого нивелир сначала нужно установить на первой станции так, чтобы окуляр по отвесной линии находился над точкой *B*, измерить высоту инструмента i_1 , как показано на рисунке 1.27, а по рейке, установленной в точке *A*, снять отсчет a_1 по средней горизонтальной нити сетки, рисунок 1.28а. Затем нивелир и рейку поменять местами, измерить высоту инструмента i_2 на второй станции и снять отсчет по рейке b_1 , как показано на рисунке 1.28б.

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

$$x = \frac{a_1 + b_1}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} . \quad (1.7)$$

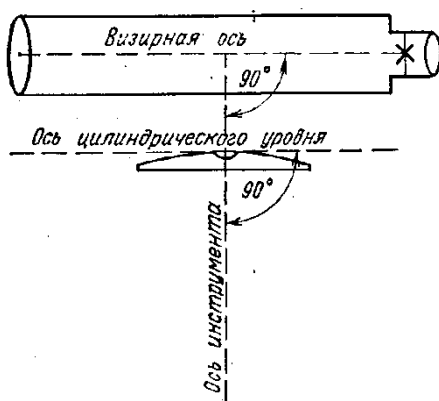
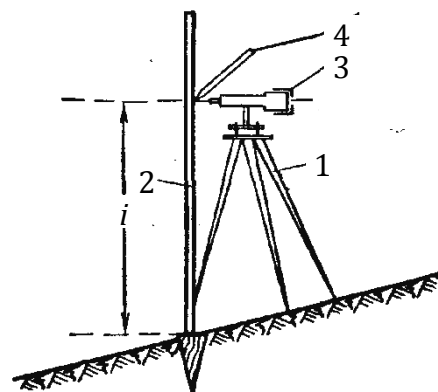
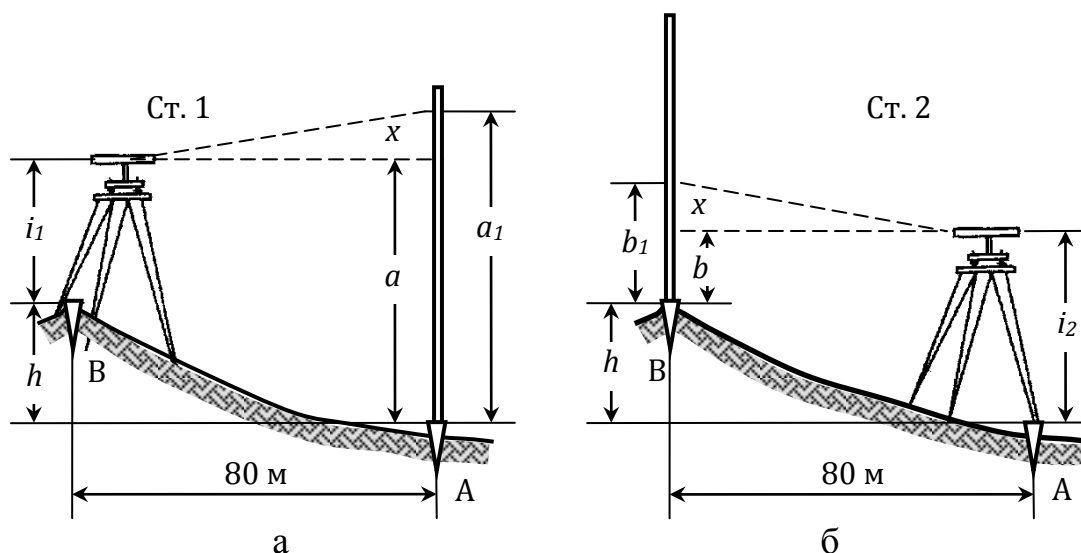


Рисунок 1.26 – Главное условие уровенных нивелиров



1 – нивелир; 2 – рейка; 3 – объектив зрительной трубы; 4 – карандаш; i – высота нивелира

Рисунок 1.27 – Измерение высоты нивелира



а) установка нивелира на станции 1; б) установка нивелира на станции 2
 Рисунок 1.28 – Проверка главного условия нивелиров по способу вперед

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

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.

Порядок юстировки. Необходимо сначала 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 нуля-пункта 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, совместить изображения половинок концов пузырька. Затянуть до упора боковые юстировочные винты и поверку повторить.

Проверки нивелиров с компенсаторами (Н-ЗК) выполняются в той же последовательности, что и проверки уровенных нивелиров, за исключением некоторых особенностей, вызванных различием в их конструкциях.

Проверка № 1 – проверка круглого уровня.

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

Проверка выполняется аналогично уровенным нивелирам.

Проверка № 2 – проверка сетки нитей.

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

Проверка выполняется аналогично уровенным нивелирам.

Поверка № 3 – поверка главного условия нивелиров с компенсаторами.

Условие поверки. Линия визирования должна быть горизонтальна.

Порядок поверки. На ровном месте разбить линию длиной 80 м, концы которой закрепить металлическими костылями или деревянными колышками с вбитыми в торец гвоздями, рисунок 1.29, 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 (рисунок 1.29а), привести его ось в отвесное положение, снять отсчеты по рейкам a_1 и b_1 и вычислить превышение по формуле

$$h_1 = a_1 - b_1 . \quad (1.8)$$

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

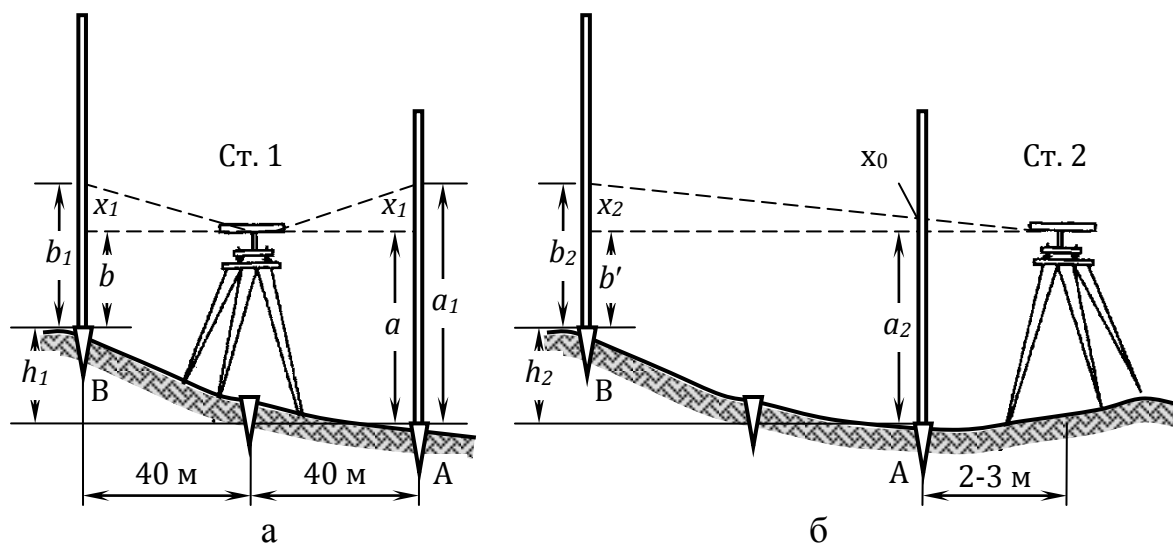
Далее нивелир установить за одной из реек на второй станции (например, за точкой *A*, рисунок 1.29б) на расстоянии 2...3 м, снять отсчеты a_2 по ближней и b_2 по дальней рейкам и вычислить превышение по формуле

$$h_2 = a_2 - b_2 . \quad (1.9)$$

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

$$x_2 = |h_2 - h_1| . \quad (1.10)$$

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.



а) установка нивелира на станции 1; б) установка нивелира на станции 2
Рисунок 1.29 – Поверка главного условия нивелиров по способу из середины и вперед

Порядок юстировки. 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 поверку обязательно повторяют.

Поверка № 4 – поверка компенсатора.

Условие поверки. *Компенсатор должен быть исправен.*

Порядок поверки. 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 нечетким 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.

Поверки нивелирных реек РН-3000С выполняют в закрытом помещении, куда их вносят вместе с нормальным штриховым метром за два часа до начала работы.

Поверка № 1 – поверка длины реек.

Условие поверки. *Разность между средней длиной пары реек не должна превышать допустимого значения.*

Порядок поверки. Поочередно укладывают рейки так, чтобы их концы не провисали и при помощи контрольного метра дважды в прямом и обратном направлениях измеряют длины отрезков между делениями 1-10; 10-20 и 20-30 дм.

По результатам исследований находят среднюю длину метра каждой пары реек и средний поправочный коэффициент для одного метра. Допустимая разность между средней длиной пары реек комплекта принята равной 1,5 мм.

Поверка № 2 – поверка точности дециметровых делений рейки.

Условие поверки. *Погрешности в дециметровых делениях рейки не должны превышать допустимого значения.*

Порядок поверки. Исследование выполняют при помощи нормальной штриховой линейки, нуль которой совмещают с нулевым делением рейки. Отсчеты производят против дециметровых делений рейки в пределах каждого метра.

Случайные погрешности дециметровых делений рейки не должны превышать + 0,5 мм.

Поверка № 3 – поверка разности нулей красной и черной сторон реек.

Условие поверки. *Разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки не должна превышать допустимого значения.*

Порядок поверки. На расстоянии 20 м от нивелира забивают костыль, на который устанавливают отвесно рейку и берут отсчеты по черным и красным сторонам. Разность этих отсчетов дает разность нулей реек. Таких определений делают четыре и за окончательный результат принимают среднее значение из всех полученных значений разностей. Допустимая разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки принята равной 2 – 3 мм.

Поверка № 4 – поверка правильности установки на рейке круглого уровня.

Условие поверки. *Ось уровня должна быть параллельна оси рейки.*

Порядок поверки. В 50 – 60 м от нивелира забивают костыль (или колышек) и устанавливают на него рейку. Затем наводят на нее зрительную трубу и, по сигналу наблюдателя, реечник устанавливает ребро рейки так, чтобы его изображение совпало с вертикальной нитью сетки. Если при этом пузырек уровня при рейке остался на середине, то условие выполнено. В противном случае, действуя его исправительными винтами, приводят пузырек на середину. Поверку повторяют, повернув рейку на 90°.

1.1.4 Приборы непосредственного измерения линий

Мерные ленты и рулетки

Для непосредственного измерения линий применяются стальные мерные ленты, представляющие собой полосу шириной 10 – 15 мм, толщиной 0,4-0,5 мм и длиной 20, 24 или 50 м. По точности измерения они подразделяются на штриховые типа ЛЗ, шкаловые типа ЛЗШ и концевые.

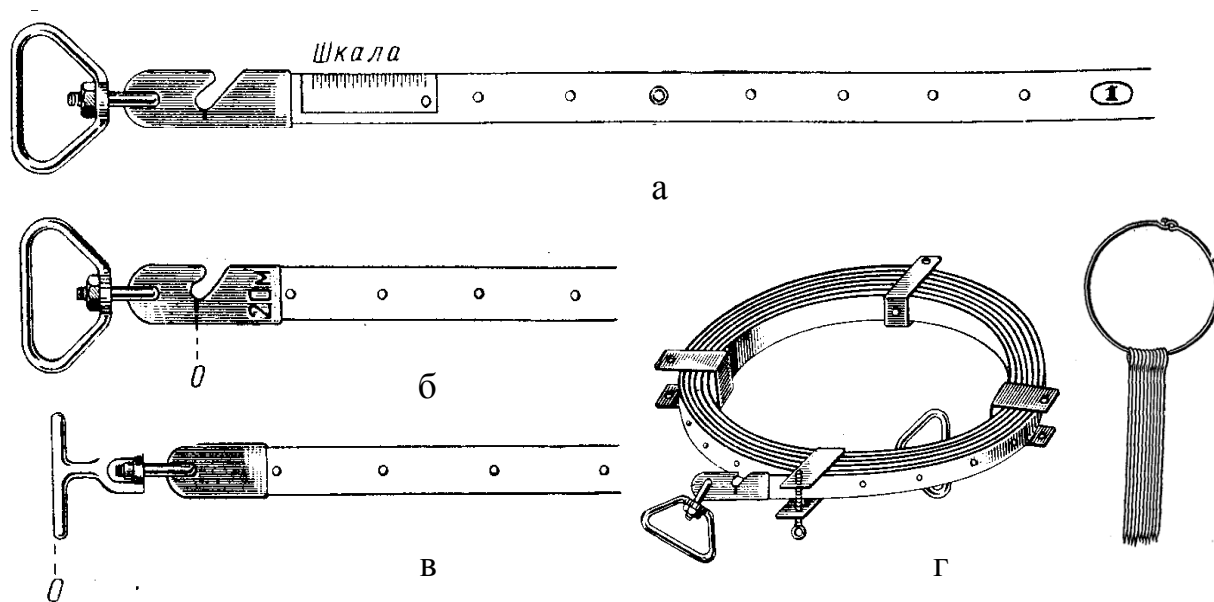
Штриховые ленты, рисунок 1.30б, применяются при измерениях малой точности, т.е. при инженерных съемках. Ленты на концах имеют латунные наконечники со скошенными и закругленными вырезами. Против центров закругления вырезов нанесены штрихи. Расстояние между штрихами соответствует номинальной длине лент, например 20 м. Ленты разделены на метры, полуметры и дециметры. Метровые деления обозначены латунными пластинками с выбитыми на них цифрами 1, 2, 3 и т.д. Полуметровые деления отмечены латунными заклепками без оцифровки. Дециметровые деления обозначены круглыми отверстиями диаметром 0,2 мм. Сантиметры оцениваются на глаз. Оцифровка мерной ленты выполнена с двух сторон, например, с одной стороны от 0 до 20 м, а с другой – от 20 м до 0. Отсчет по ленте берется на глаз с точностью до 1 см.

Шкаловые ленты, рисунок 1.30а, на концах имеют шкалы с миллиметровыми делениями. Эти деления нанесены в пределах одного дециметра.

Концевые ленты, рисунок 1.30в, удобны для измерения расстояний между стенами зданий при производстве съемок на застроенной территории.

Для хранения и транспортирования мерную ленту наматывают на специальное металлическое кольцо и закрепляют винтом (рисунок 1.30г). Для фиксации концов ленты в процессе укладки ее в створе измеряемой линии служат шпильки. Комплект состоит из 6 или 11 шпилек. Для удобства работ при переноске ленты шпильки надевают на проволочное кольцо.

Для измерения коротких расстояний при съемке контуров местности и обмере зданий применяют стальные и тесьмяные рулетки различной длины.



а) шкаловая лента; б) штриховая лента; в) концевая лента;
г) лента на железном кольце со шпильками

Рисунок 1.30 – Мерные ленты

Компарирование мерных лент и рулеток

Перед работой мерные ленты и рулетки компарируют.

Компарирование – это сравнение длины мерного прибора с точно известной длиной нормальной меры (ленты, рулетки).

Компарирование мерных лент в полевых условиях производят на компараторах, базис которых имеет длину не менее 120 м. Такой базис выбирают на ровной местности, лишенной растительности. Концы базиса закрепляют металлическими штырями, на торцах делают насечки.

Поправка за компарирование Δl_k определяется из выражения:

$$\Delta l_k = \frac{D_n - D_p}{n}, \quad (1.11)$$

где D_n – длина компаратора, полученная из многократных измерений нормальной лентой; D_p – длина компаратора, полученная из многократных измерений рабочей лентой; n – относительный коэффициент, равный

$$n = \frac{D_p}{l_0}, \quad (1.12)$$

l_0 – номинальная длина рабочей ленты.

Простейший способ компарирования мерных лент состоит в непосредственном сравнении нормальной и рабочей меры. Для этого ленты укладывают на плоскости, совмещают начальные штрихи, натягивают с одинаковой силой и при помощи миллиметровой линейки измеряют расстояние между конечными штрихами. Величина расхождения между конечными штрихами является поправкой за компарирование. Сравнение выполняют многократно и из результатов выводят среднее значение.

Стальные рулетки компарируются аналогично процессу компарирования стальных мерных лент. Однако при решении геодезических задач в строительстве приходится откладывать линии, длина которых менее длины рулетки. В этом случае необходимо проверить не только длину рулетки, но и длину каждого ее метра.

Компарирование каждого метра рулетки выполняется специальной контрольной линейкой с ценой деления 0,2 м. Результаты компарирования получают из выражения:

$$l_m = l_n + (П + З), \quad (1.13)$$

где l_n – уравнение контрольной линейки; $П$ и $З$ – передний и задний отсчеты по шкалам линейки.

Записи отсчетов при компарировании мерных приборов оформляются в специальных журналах.

1.2 Рекомендации по выполнению задания

1.2.1 Общие рекомендации

При получении инструментов на базе необходимо записать номера теодолитов и нивелиров в журнал технического состояния и эксплуатации приборов (рисунки 1.31 и 1.32), сделать маркировку на лентах, рейках и рулетках с тем, чтобы каждая геодезическая подгруппа работала с тем инструментом, который она подготовила.

При выполнении поверок нужно придерживаться той последовательности и методики, которые приведены в настоящем руководстве. Результаты поверок заносить в журнал-отчет, записи вести простым карандашом и очень аккуратно.

Юстировки сетки нитей и уровней приборов и инструментов нужно производить после того, как получено подтверждение их необходимости. Юстировки выполняются в присутствии руководителя практики. Все записи производятся в полевых журналах, а не на случайных листах.

1.2.2 Рекомендации по подготовке теодолита для наблюдений

Подготовка теодолита для наблюдений заключается в установке его на станции в строго определенной последовательности – грубой установки, горизонтирования, центрирования, фокусирования зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Центрирование теодолита над точкой выполнять при помощи нитяного отвеса в два приема. Сначала устанавливается над точкой штатив так, чтобы основание штатива было горизонтально, становой винт находился в центре прорези головки, а острие отвеса над точкой. После этого станковым винтом прикрепляют к головке штатива теодолит и, перемещая его по головке, уточняют центрирование.

ЖУРНАЛ
учета технического состояния и эксплуатации теодолита

Поверка теодолита _____ Дата _____
(шифр и номер теодолита)

Поверка № 1 – поверка цилиндрического уровня

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 2 – поверка коллимационной погрешности

Порядок поверки:
$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^0}{2}$$

Точка наблюдения	Отсчеты по ГК		Вычисления
	КЛ	КП	
1			$C =$
2			$C =$

Заключение о поверке: _____

Поверка № 3 – поверка неравенства подставок

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 4 – поверка сетки нитей

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 5 – поверка места нуля вертикального круга

Порядок поверки:
$$MO = \frac{Л + П}{2}$$

Точка наблюдения	Отсчеты по ВК		Вычисления
	Л	П	
1			$MO =$
2			$MO =$

Заключение о поверке: _____

Общий вывод о исправности теодолита : _____

ЖУРНАЛ
учета технического состояния и эксплуатации нивелира

Поверка нивелира _____ Дата _____
(шифр и номер нивелира)

Поверка № 1 – поверка круглого уровня

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 2 – поверка сетки нитей

Порядок поверки: _____

Заклучение о поверке: _____

Поверка № 3 – поверка основного геометрического условия

Порядок поверки:

1. Первые измерения

Наименование	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм $h = a - b$
	ближняя	дальняя	
Станция 1	$a_1 =$	$b_1 =$	$h_1 =$
Станция 2	$a_2 =$	$b_2 =$	$h_2 =$
		Погрешность, мм $x = h_1 - h_2 $	$x =$

2. Вторые измерения (по необходимости)

Наименование	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм $h = a - b$
	ближняя	дальняя	
Станция 1	$a_1 =$	$b_1 =$	$h_1 =$
Станция 2	$a_2 =$	$b_2 =$	$h_2 =$
		Погрешность, мм $x = h_1 - h_2 $	$x =$

Заклучение о поверке: _____

Юстировка главного условия (выполняется при необходимости)

$$b' = a_2 - h_1 =$$

Общий вывод о исправности нивелира:

Рисунок 1.32 – Журнал учета технического состояния и эксплуатации нивелиров

При горизонтировании теодолита (приведении основной оси теодолита в отвесное положение) необходимо помнить, что после приведения оси теодолита в отвесное положение может быть нарушено центрирование.

Центрирование и горизонтирование теодолита необходимо выполнять несколькими последовательными приближениями.

При *фокусировании зрительной трубы (установки трубы для наблюдений)* нужно не только установить ее по глазу и предмету, но и устранить параллакс сетки нитей. После получения четкой видимости наблюдаемой точки и совмещения ее изображения с центром сетки нитей надо слегка переместить глаз у окуляра. Если изображение точки местности смещается относительно центра сетки нитей, то параллакс имеется. Устранение параллакса сетки нитей производится небольшим вращением кремальеры.

Непосредственное визирование на геодезические знаки или точки местности часто бывает затруднено в силу условий местности. Поэтому эти знаки обозначают визирными целями-марками, вехами, шпильками. Вехи над точками должны быть установлены отвесно. Фактически верх вехи или шпильки может отклоняться от отвесного положения, поэтому центр сетки наводят на их основания, рисунок 1.33.

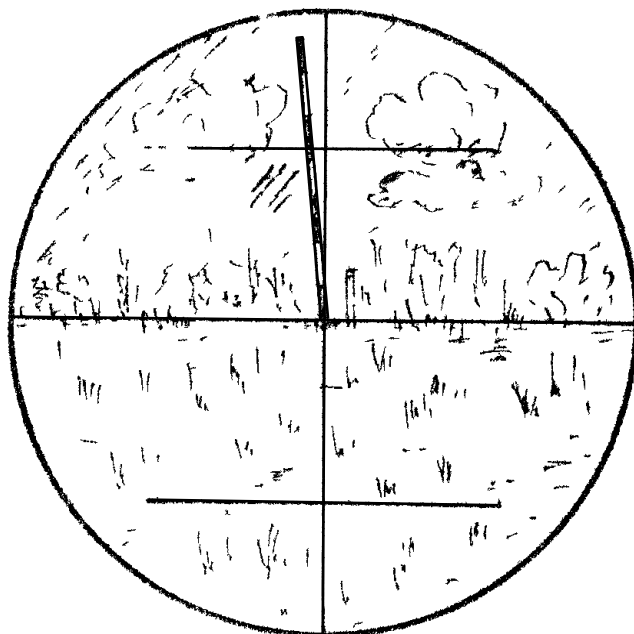


Рисунок 1.33 – Наведение зрительной трубы на точку

1.2.3 Рекомендации по подготовке нивелира для наблюдений

Подготовка нивелира для наблюдений заключается в установке его на станции в строго определенной последовательности – приведения оси прибора в отвесное положение и установки трубы для наблюдений. При этом необходимо придерживаться той последовательности, которая приведена в настоящем пособии.

ТЕМА № 2

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в выборе положения опорных точек, производства угловых и линейных измерений при создании съемочного обоснования тахеометрической съемки.

2. Научиться вести полевую документацию и выполнять вычислительную обработку журналов угловых и линейных измерений при проложении теодолитно-высотных и тахеометрических ходов, уравнивание результатов измерений и вычисление плановых и высотных координат точек съемочной сети, обработку журналов тахеометрической съемки ситуации и рельефа, построение топографического плана участка местности в заданном масштабе.

3. Приобретение навыков в руководстве рабочей бригадой и организации съемочных работ.

Время – 33 часа.

Общие положения

Тахеометрическая съемка представляет собой топографическую съемку, в результате которой получают план местности с изображением ситуации и рельефа. Тахеометрическая съемка выполняется самостоятельно для создания планов небольших участков местности в крупных масштабах (1:500; 1:5000).

Ее применение особенно выгодно для съемки узких полос местности при изысканиях трасс железных и автомобильных дорог, линий электропередач, трубопроводов и других протяженных объектов.

Свое название съемка получила от слова «тахеометрия», что означает быстрое измерение. Быстрота измерений при тахеометрической съемке достигается тем, что положение снимаемой точки в плане и по высоте определяется при одном наведении трубы прибора на рейку, установленную в этой точке. Тахеометрическая съемка выполняется с помощью оптических теодолитов-тахеометров, номограммных или электронных тахеометров.

Работы по тахеометрической съемке, исходя из общего лимита времени на практику, рассчитаны на пять рабочих дней в соответствии с заданием, выдаваемым руководителем. В первый день проводится рекогносцировка местности и создание планово-высотного обоснования тахеометрической съемки, привязка ее к местной сети. Второй и третий дни используются для съемки основных опорных точек, измерения азимутов направлений, съемки подробностей местной ситуации и рельефа. Пятый и шестой дни практики отводятся для камеральной обработки результатов полевых измерений и составления топографического плана участка местности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

СОЗДАНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в работе с тахеометром (теодолитом) при выполнении тахеометрической съемки, освоение методики производства работ по созданию съемочного обоснования.
2. Приобретение навыков в выборе положения опорных точек съемки, производства угловых и линейных измерений при создании съемочного обоснования и ведению полевых журналов.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Рекогносцировка участка и разбивка на местности опорных точек замкнутого теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.
2. Угловые и линейные измерения по созданию плановой и высотной основы тахеометрической съемки.
3. Планово-высотная привязка точек опорного хода.

Материальное обеспечение рабочей бригады:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Вехи геодезические | – 2 шт. |
| 3. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 2 шт. |
| 4. Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте | – 1 комплект |
| 5. Топор | – 1 шт. |
| 6. Колья и сторожки деревянные в комплекте | – 5 шт. |
| 7. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Какова суть метода тригонометрического нивелирования?
2. В чем состоит сущность тахеометрической съемки?
3. Назовите виды съемочного обоснования тахеометрической съемки?
4. Изложите порядок работы на станции при прокладке теодолитно-высотных и тахеометрических ходов.

2.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

2.1.1 Рекогносцировка участка и разбивка на местности опорных точек замкнутого теодолитно-высотного (тахеометрического) хода

Рекогносцировка участка местности предусматривает: визуальный осмотр и знакомство с ним в ходе его обхода или объезда; установление направления теодолитного хода; обозначение геодезическими вехами мест для установки опорных точек полигона.

При выборе на участке мест под опорные точки полигона необходимо руководствоваться определенными правилами.

Правила выбора опорных точек:

1. Количество точек должно быть минимальным, но достаточным для ведения съемки всей площади участка и некоторой прилегающей территории.

2. Опорные точки необходимо располагать на возвышенных местах, на перегибах рельефа с таким расчетом, чтобы из каждой точки была хорошая видимость на две соседние точки, причем полная просматриваемость до земли вех, установленных в этих точках.

3. Места под точки должны обеспечивать установку теодолита и хорошую видимость окружающей местности в радиусе 150 – 200 м.

4. Расстояние между точками должно быть в пределах 20 – 350 м. Нормальным расстоянием считается 250 – 300 м.

5. Стороны полигона должны позволять измерение их мерной лентой. Участки, занятые оврагами, болотами и т.д. целесообразно теодолитным (тахеометрическим) ходом обойти.

Выбранные на местности опорные точки полигона разбиваются.

Разбить опорные точки значит закрепить их временными или постоянными закрепительными знаками (деревянными кольями, столбами, металлическими трубками диаметром 2 – 3 см, костылями и т.д.) с окапыванием их канавкой глубиной 5 – 10 см.

Рекогносцировку участка местности, выбор и закрепление опорных точек полигона производят одновременно.

2.1.2 Угловые и линейные измерения по созданию плановой и высотной основы тахеометрической съемки

Планово-высотное обоснование тахеометрической съемки создается прокладкой теодолитно-высотных и тахеометрических ходов по опорным точкам геодезической основы. Требования, предъявляемые к теодолитно-высотным и тахеометрическим ходам, приведены в таблице 2.1.

Стороны хода измеряются мерной лентой или оптическим дальномером дважды в прямом и обратном направлениях. Горизонтальные и вертикальные углы измеряются полным приемом. Результаты линейных и угловых измерений заносят в журнал теодолитно-высотного хода, таблица 2.2, (тахеометрического хода, таблица 2.3).

Таблица 2.1 – Требования к теодолитно-высотным и тахеометрическим ходам

Масштаб съемки	Максимальная длина ходов между опорными точками, м	Максимальная длина сторон, м	Максимальное число сторон в ходе
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Таблица 2.2 – Журнал измерения углов и линий замкнутого теодолитно-высотного хода

Станции	Наблюдаемый пункт	Горизонтальные углы			Вертикальные углы			Длина линий, м
		Отсчеты по ГК	Угол из полуприема	Среднее значение угла	Отсчеты по ВК	Место нуля	Угол наклона	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Круг лево						
	5	190°20,5'	88°14,5'		- 0°21'	+0,5'	- 0°21,5'	сторона 105-2
	2	102°06'			0°26'	+0,5'	0°25,5'	
пп 105				88°14'				26,75
i=1,46		Круг право						
	5	10°20,5'	88°13,5'		0°22'			
	2	282°07'			- 0°25'			
		Круг лево						
	пп 105	312°30'	184°02'		- 0°24,5'	+0,5'	- 0°25'	сторона 2-3
	3	128°28'			- 2°05'	+0,5'	- 2°05,5'	
Ст.2				184°02'				58,38
i=1,52		Круг право						
	пп 105	132°29'	184°02'		0°25,5'			
	3	308°27'			2°06'			
		Круг лево						
	2	181°02'	91°55,5'		2°05,5'	+0,5'	2°05'	сторона 3-4
	4	89°06,5'			- 0°25'	+0,5'	- 0°25,5'	
Ст.3				91°55,2'				70,52
i=1,58		Круг право						
	2	1°03'	91°55'		- 2°04,5'			
	4	269°08'			0°26'			
		Круг лево						
	3	12°25,5'	90°36,5'		0°25,5'	+0,5'	0°25'	сторона 4-5
	5	281°49'			1°14'	+0,5'	1°13,5'	
Ст.4				90°36,5'				90,61
i=1,49		Круг право						
	3	192°26'	90°36,5'		- 0°24,5'			
	5	101°49,5'			- 1°13'			
		Круг лево						
	4	97°18'	85°10'		- 1°12,5'	+0,5'	- 1°13'	сторона 5-105
	пп 105	12°08'			0°23'	+0,5'	0°22,5'	
Ст.5				85°10,2'				76,33
i=1,55		Круг право						
	4	277°19'	85°10,5'		1°13,5'			
	пп 105	192°08,5'			- 0°22'			

Таблица 2.3 – Журнал измерения углов и линий замкнутого тахеометрического хода

Дата: _____

Наблюдат.: _____

Вычислял.: _____

№ станции	№ наблюдаемых точек	Расстояние по дальности меру, D	Отсчеты по горизонтальному кругу	Горизонтальный угол из полуприема, β	Среднее значение угла, β_{cp}	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля, MO	Угол наклона, ν	Горизонтальное положение $d = D \cdot \cos \nu$	Превышение $h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu$	Высота визирования, l	Высота инструмента, i	Превышение $h = h' + i - l$	Отметка станции, H	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1 $i = 1,49$ (1)	5	132,20 (4)	248 ⁰ 52' (2)	94 ⁰ 21' (12)	Круг лево	-1 ⁰ 09' (3)	0 ⁰ 01' (16)	-1 ⁰ 10' (15)	132,14	-2,69	1,49	1,49	-2,69	126,26	
	2	126,50 (11)	154 ⁰ 31' (9)	94 ⁰ 21' (14)		-0 ⁰ 55' (10)	0 ⁰ 01' (18)	-0 ⁰ 56' (17)	126,5	-2,06	1,49	1,49	-2,06		
	5		330 ⁰ 28' (5)	Круг право	1 ⁰ 11' (6)										
	2		236 ⁰ 07' (7)	94 ⁰ 21' (13)		0 ⁰ 57' (8)									

Измерение теодолитом горизонтальных и вертикальных углов

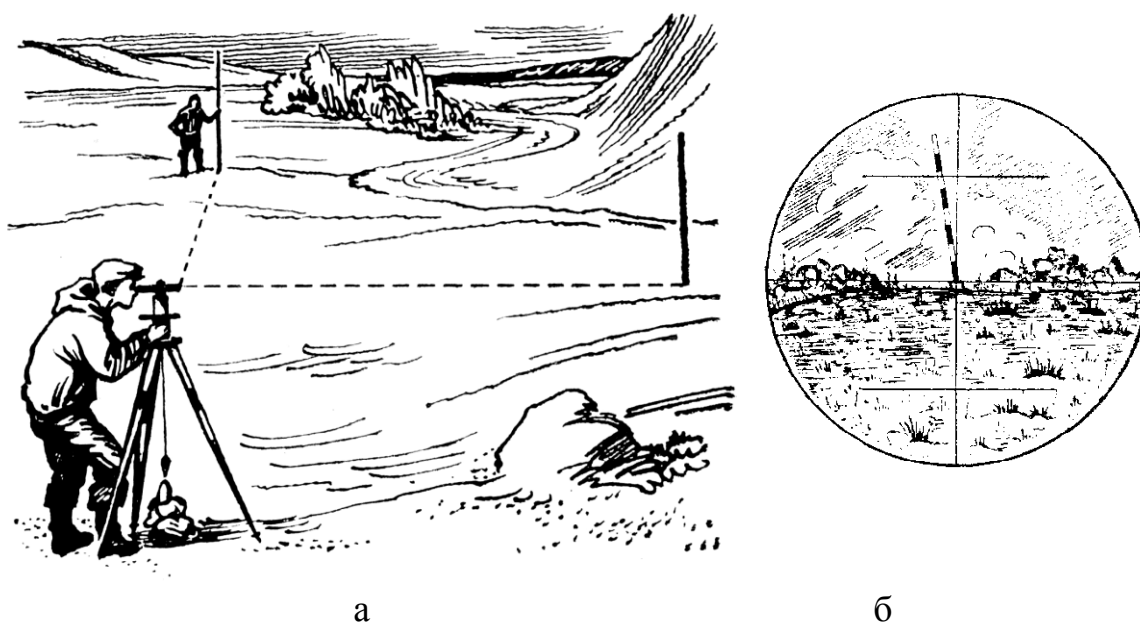
Измерению горизонтальных и вертикальных углов предшествует установка прибора на станции (над вершиной измеряемого угла) и приведение его в рабочее положение.

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливается в рабочее положение над опорной точкой, закрепляется лимб и центр сетки нитей наводится на основание правой вехи (шпильки), рисунок 2.1. Закрепив алидаду, производят отсчет a по горизонтальному кругу и записывают в угломерный журнал. Далее открепляют алидаду, аналогично визируют на левую точку и снимают отсчет b , который также записывают в угломерный журнал. Величина измеряемого угла β будет равна разности отсчетов a и b , соответственно из отсчета на праволежащую точку вычитается отсчет на леволежащую точку.

$$\beta = a - b, \quad (2.1)$$

где a и b – отсчеты по горизонтальному кругу соответственно на «правую» и «левую» точки.

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



а) общий вид; б) наведение центра сетки нитей на основание вехи

Рисунок 2.1 – Установка теодолита над вершиной угла и его измерение

Значения угла, полученные из двух полуприемов, могут отличаться друг от друга не более чем на двойную точность m_β отчетного устройства (для теодолита 2Т30П не более 1'), при большем расхождении угол измеряют вновь.

Должно выполняться условие

$$|\beta_{кл} - \beta_{кп}| \leq 2m_\beta, \quad (2.2)$$

где $\beta_{кл}$ и $\beta_{кп}$ – горизонтальные углы полученные соответственно при «круге лево» и «круге право», $\beta_{кл} = КЛ_{пр} - КЛ_{лев}$ и $\beta_{кп} = КП_{пр} - КП_{лев}$.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое.

$$\beta_{ср} = \frac{\beta_{кл} + \beta_{кп}}{2}. \quad (2.3)$$

Вычисление горизонтальных углов ведут в 4 и 5 графах журнала измерения углов и линий замкнутого теодолитно-высотного хода, таблица 2.2 (в 5 и 6 графах журнала для тахеометрического хода, таблица 2.3).

Для измерения вертикального угла (угла наклона) 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 P , который также записывается в угломерный журнал. По отсчетам из двух измерений L и P вычисляют угол наклона по формуле

$$v = \frac{L - P}{2}. \quad (2.4)$$

Правильность измерения углов наклона контролируется постоянством места нуля MO , формула 1.2 (для теодолита 2Т30П) и формула 1.6 (для теодолита VEGA ТЕО 5В). Колебания MO не должно превышать двойной точности отчетного устройства (для теодолита 2Т30П не более 1').

Правильность вычислений углов наклона контролируется путем сравнения значений угла при «круге лево» и «круге право», вычисленных по формулам 1.4. Должно выполняться условие

$$v_l - v_p \leq 2m_v, \quad (2.5)$$

где v_l и v_p – угол наклона соответственно при «круге лево» и «круге право».

Вычисление углов наклона ведут в 7 и 8 графах журнала измерения углов и линий замкнутого теодолитно-высотного хода, таблица 2.2 (в 8 и 9 графах журнала для тахеометрического хода, таблица 2.3).

Измерение длин линий мерными лентами при прокладке теодолитно-высотного хода

Линию на местности измеряют два мерщика, один из которых является передним, второй – задним, рисунок 2.2а. При первом укладывании ленты передний по ходу мерщик берет в левую руку ручку ленты и все 5 или 10 шпилек, рисунок 2.2б, и встает в створ измеряемой линии. Задний по ходу мерщик совмещает нулевой штрих с началом линии – центром столба, кола и др., рисунок 2.2в (или вкалывает шпильку в землю в начальной точке, цепляет за шпильку прорезь ленты), и направляет переднего мерщика по выставленной вехе так, чтобы лента легла в створе измеряемой линии. Передний мерщик, встряхнув ленту, натягивает ее, ставит в прорезь первую шпильку и втыкает ее в землю, рисунок 2.2г. Длина ленты – 20, 24 или 50 м, таким образом, окажется отложенной на измеряемой линии первый раз, рисунок 2.2в,г.

Далее ленту перемещают вперед по линии - задний мерщик вынимает свою шпильку (если она вкалывалась в начале линии), а передний снимает ленту со своей шпильки, и оба движутся вперед, протягивая ленту по направлению створа. Задний мерщик зацепляет ленту за оставленную шпильку и направляет переднего мерщика по створу линии. Передний мерщик, уложив

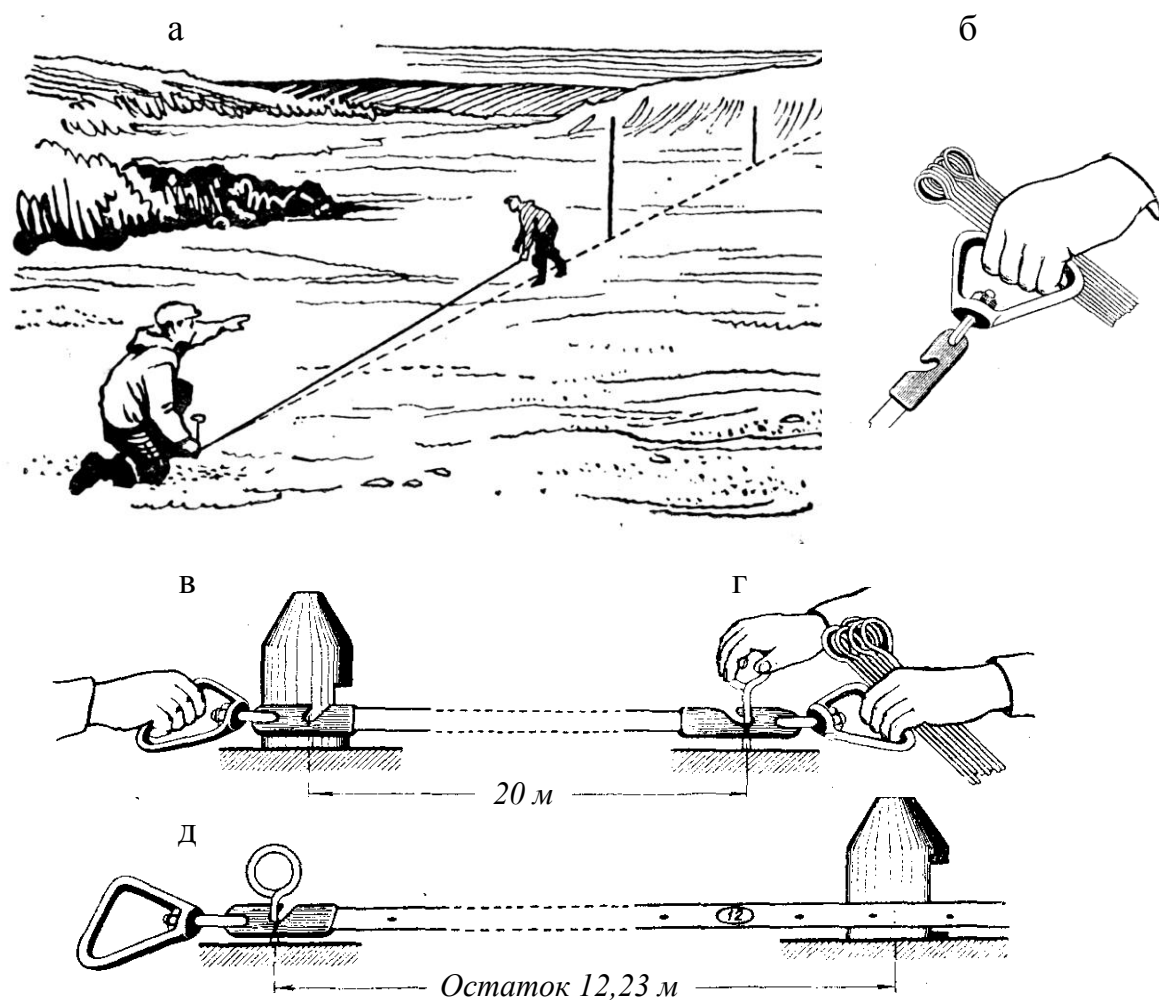


Рисунок 2.2 – Измерение линий мерной лентой

ленту в створе линии, через прорезь ленты втыкает в землю вторую шпильку. После этого задний мерщик вынимает первую шпильку, и ленту опять перемещают вперед. Таким образом, процесс измерения продолжается подобно первым двадцати метрам.

Когда передний мерщик израсходует все шпильки, это будет означать, что измерено 5 (или 10) пролетов. После этого задний мерщик передает шпильки переднему мерщику и процесс измерения продолжается. Передачу шпилек фиксируют в журнале измерений.

Как правило, лента не укладывается целое число раз в измеряемой линии и остается остаток r , рисунок 2.2д, который измеряется лентой с точностью до 1 см.

Длина линии L , измеренная 20 метровой лентой определяется:

- при измерении 6 шпильками по формуле

$$L = 100N + 20(n - 1) + r ; \quad (2.6)$$

- при измерении 11 шпильками по формуле

$$L = 200N + 20(n - 1) + r , \quad (2.7)$$

где N – число передач шпилек; n - число шпилек у заднего мерщика; r – длина остатка.

Длина линии L , измеренная 24 метровой лентой определяется:

- при измерении 6 шпильками по формуле

$$L = 120N + 24(n - 1) + 1,2 r ; \quad (2.8)$$

- при измерении 11 шпильками по формуле

$$L = 240N + 24(n - 1) + 1,2 r . \quad (2.9)$$

Точность измерения линий мерной лентой зависит от характеристики местности, таблица 2.4.

Таблица 2.4 – Точность измерений линий штриховой мерной лентой

№ п/п	Категория местности	Относительная ошибка при измерении линий
1	Местность ровная, растительность низкая, грунт плотный	1/3000
2	Местность лесистая с кочками и пнями, болото, рыхлый грунт	1/1000
3	Средние условия	1/2000

Измерение длин линий нитяным дальномером при прокладке тахеометрического хода

Зрительные трубы современных геодезических приборов – теодолитов (2Т30П) и нивелиров (Н-3, Н-3К) имеют внутреннюю фокусировку, поэтому для измерения расстояний нитяным дальномером пользуются формулой

$$D = 100 l + \Delta = 100 (n_1 - n_2) + \Delta . \quad (2.10)$$

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

$$D = 100 (n_1 - n_2) . \quad (2.11)$$

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.

Заключительным этапом работы по созданию планово-высотного обоснования тахеометрической съемки является плановая и высотная привязка опорного хода к существующим геодезическим сетям.

2.1.3 Планово-высотная привязка точек опорного хода

Плановая привязка съемочной сети выполняется к существующим пунктам ГГС или сетей сгущения путем измерения примычных углов $\beta_{прим}$, рисунок 2.3. Дирекционный угол первой стороны опорного хода получают из решения обратной геодезической задачи, а координаты опорных точек вычисляют по формулам прямой геодезической задачи.

Высотная привязка заключается в передаче отметки на одну из опорных точек съемочной сети от существующего репера ГГС или сетей сгущения путем обычного геометрического нивелирования. Отметки остальных точек опорного хода вычисляются по результатам измерения горизонтальных и вертикальных углов с помощью формул тригонометрического нивелирования.

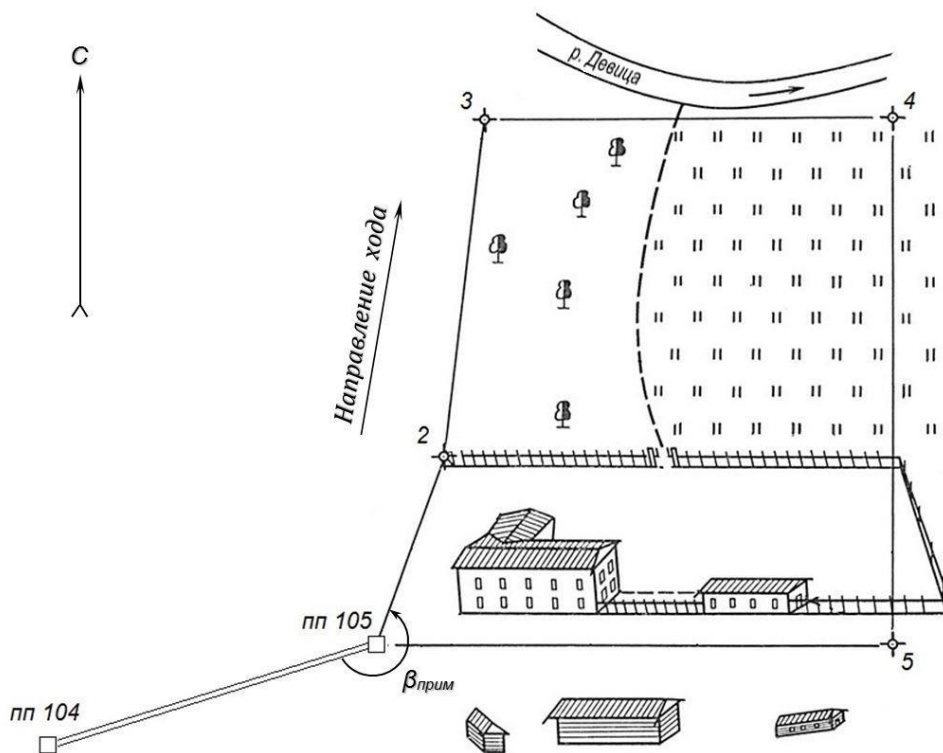


Рисунок 2.3 – Схема плановой привязки съемочной сети

2.2 Рекомендации по выполнению задания

2.2.1 Общие рекомендации

На практических занятиях рекомендуется выполнять съемку участка местности в масштабе 1: 5000 или 1:2000.

Получив задачу на тахеометрическую съемку местности, старший бригады с помощником обходит участок местности и, руководствуясь вышеизложенными требованиями и практическими рекомендациями, намечает места опорных точек полигона и закрепляет их колышком со сторожком.

После разбивки вершин полигона на местности приступают к измерению его сторон в прямом и обратном направлениях мерной лентой с точностью до 1/2000, а при работе теодолитом – нитяным дальномером с каждой станции с точностью до 1/300.

Если линия более 100 м, то ее предварительно провешивают.

2.2.2 Рекомендации по выполнению угловых и линейных измерений

При *линейных измерениях мерными лентами* необходимо придерживаться следующего: отклонение конца ленты от створа линии допускается до 15 см; прогиб ленты в вертикальной плоскости или изгиб ее в сторону допускается до 10 см; за наклоны местности, когда они превышают 2° , вводят поправки. Для этого измеряют углы наклона. Точность измерения углов наклона должна быть больше, чем больше угол наклона и длиннее линия.

При *угловых и линейных измерениях теодолитами* рекомендуется следующий порядок работы на каждой станции, рисунок 2.4:

- устанавливается теодолит на станции и измеряется высота инструмента i , которая записывается в журнал теодолитно-высотного (тахеометрического хода);

- при «круге лево» зрительная труба наводится на низ рейки, стоящей на задней точке, и берется отсчет по горизонтальному кругу KL_5 ;

- работая наводящим винтом зрительной трубы центр сетки нитей устанавливается на отсчет, равный высоте инструмента i , и берется отсчет по вертикальному кругу L_5 ;

- берутся отсчеты по нижней n_1 (верхней) и верхней n_2 (нижней) дальномерным нитям, по которым определяется расстояние;

- труба переводится через зенит, отпустив винт алидады колонка поворачивается на 180^0 , и аналогично берутся отсчеты по горизонтальному $KП_5$ и вертикальному $П_5$ кругам при «круге право»;

- отпускается винт алидады и зрительная труба наводится на переднюю точку на низ рейки и берется отсчет по горизонтальному кругу $KП_2$;

- работая наводящим винтом зрительной трубы центр сетки нитей устанавливается на отсчет, равный высоте инструмента i , и берется отсчет по вертикальному кругу $П_2$;

- труба переводится через зенит, отпустив винт алидады колонка поворачивается на 180^0 , и в той же последовательности берутся отсчеты по горизонтальному KL_2 и вертикальному L_2 кругам при «круге лево»;

- берутся отсчеты по нижней n_1 (верхней) и верхней n_2 (нижней) дальномерным нитям, по которым определяется расстояние

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

После взятия последнего отсчета теодолит рекомендуется оставить с закрепленными винтами, так как при вычислении углов и расстояний может возникнуть потребность проверки правильности отсчетов.

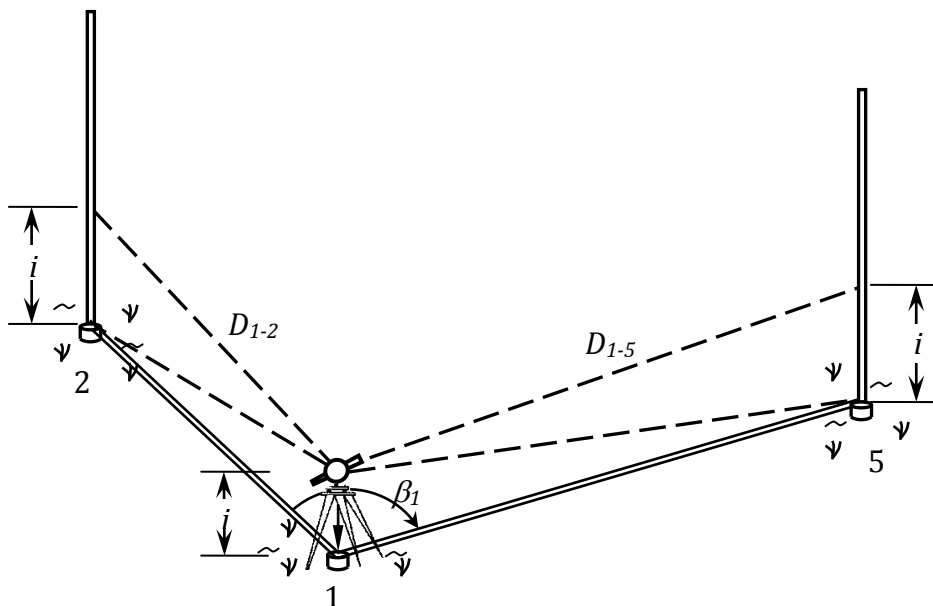


Рисунок 2.4 – Съёмка опорных точек теодолитно-высотного хода

2.2.3 Рекомендации по вычислению горизонтальных и вертикальных углов

Обработка результатов угловых измерений замкнутого теодолитно-высотного или тахеометрического хода ведется в журналах, представленных в таблицах 2.2 и 2.3, и включает вычисление правых по ходу горизонтальных углов, горизонтальных проложений сторон хода и превышений между точками съёмочной сети.

При *вычислениях горизонтальных углов* рекомендуется следующая последовательность (таблица 2.2):

- вычисляются горизонтальные углы при «круге лево» $\beta_{КЛ}$ (12) и «круге право» $\beta_{КП}$ (13), для чего всегда из «заднего» отсчета вычитается «передний». Если этого сделать нельзя, то к «заднему» отсчету прибавляется 360° (полный круг)

$$\begin{aligned}\beta_{КЛ} &= КЛ_5 - КЛ_2, \\ \beta_{КП} &= КП_5 - КП_2;\end{aligned}$$

- контролируется правильность измерения углов. Углы, измеренные при двух положениях круга, должны отличаться не более чем на одну минуту, в противном случае углы нужно измерить заново

$$|\beta_{КЛ} - \beta_{КП}| \leq 1';$$

- вычисляется среднее значение горизонтального угла и записывается в журнал (14)

$$\beta_1 = \beta_{ср} = \frac{\beta_{КЛ} + \beta_{КП}}{2};$$

При *вычислениях вертикальных углов* рекомендуется следующая последовательность (таблица 2.2):

- вычисляются вертикальный угол ν (15) и место нуля $МО$ (16) из отсчетов на заднюю точку по формулам

$$\nu = \frac{Л - П}{2}, \quad МО = \frac{Л + П}{2};$$

- аналогично вычисляются вертикальный угол (17) и место нуля (18) на переднюю точку;

- контролируется правильность измерения вертикальных углов, критерием чего служит постоянство «место нуля», т.е. результаты (16) и (18) должны быть одинаковыми, разрешается отклонение на двойную точность прибора

$$|МО_1 - МО_2| \leq 2m_\nu.$$

Имея калькулятор, можно непосредственно на станции вычислить горизонтальные проложения линий и превышения между опорными точками, и заполнить оставшиеся графы 10 – 14 журнала теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ МЕСТНОЙ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в производстве съемки местной ситуации и рельефа полярным способом.
2. Приобретение навыков по заполнению полевых журналов и в составлении абрисов съемки.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Съемка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 2 шт. |
| 3. Топор | – 1 шт. |
| 4. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Чем достигается быстрота измерений при тахеометрической съемке?
2. Какие требования предъявляются к съемке подробностей ситуации и рельефа?
3. Какие способы применяют для съемки местных предметов, контуров и рельефа местности?
4. Изложите порядок работы на станции при съемке ситуации и рельефа.
5. От каких факторов зависит необходимое количество контурных и ре-ечных точек при тахеометрической съемке?

3.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Съемка подробностей местной ситуации и рельефа производится после того, как выполнены все работы на станции, относящиеся к проложению теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.

Съемка производится полярным способом с одновременным снятием отсчетов, определяющих плановое и высотное положение съёмочной точки.

*Съёмочные точки, определяющие контуры местности, называются **контурными**, а рельеф местности – **реечными**.*

При съемке контуров, кроме основного полярного способа, может быть использован способ угловых засечек и другие.

Съемке подлежат все контуры местности, выражающиеся в масштабе плана. Съемке не подлежат только временные сооружения.

При съемке рельефа речные точки берут на всех его характерных точках и линиях, вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин и оврагов, перегибов скатов, водораздельных линиях и тальвегах (водосливных линиях). Число речных точек должно быть строго необходимым и достаточным для изображения рельефа с заданной точностью.

Число речных точек зависит от масштаба и высоты сечения горизонталей. Чем крупнее масштаб и меньше высота сечения рельефа, тем большее число речных точек требуется. Максимальные расстояния от прибора до рейки и между речными точками рекомендуются в пределах, указанных в таблице 3.1.

Во избежание пропуска в съемке местности, находящейся между станциями, необходимо предусматривать перекрытие речных точек, определяемых в этих станциях.

Наблюдение речных точек производят при основном положении вертикального круга (для теодолита 2Т30П при «круге лево»). При этом снимают отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, а также дальномерным нитям. Если съемка производится только контурной точки, то отсчет по вертикальному кругу не берется.

Все отсчеты записываются в журнал тахеометрической съемки, таблица 3.2. Попутно на каждой станции составляются абрисы, на которых схематично показываются рельеф, рисунок 3.1, и ситуация местности, рисунок 3.2.

Таблица 3.1 – Требования к съемке подробностей ситуации и рельефа

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Максимальное расстояние, м			
		Между речными точками	От прибора до рейки при съемке рельефа	От прибора до рейки	
				при съемке твердых контуров	при съемке не твердых контуров
1:500	0,5 – 1,0	15	100 – 150	60	80
1:1000	0,5 – 1,0	20 – 30	150 – 200	80	100
1:2000	0,5 – 1,0	40	200 – 250	100	150
	2,0	50	250	100	150
1:5000	0,5 – 1,0	60 – 80	250 – 300	150	150
	2,0 – 5,0	100 – 120	350	150	150

Таблица 3.2 – Журнал тахеометрической съемки

Наблю- даемая точка	Отсчеты		Дально- расстоя- ние	Угол наклона	Горизон- тальное проложе- ние, м	Превы- шение, м	Отметки, м	Примеча- ние
	по ГК	по ВК						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<p><i>Станция 1 (пп105)</i> $H_{105} = 152,55; \quad i = 1,46; \quad l = i; \quad MO = +0,5'$ Лимб ориентирован на ст.5 при КЛ</p>								
Ст.5	0°00'							
1	28°35'	+ 1°14,5'	26,6	+ 1°14'	26,6	0,57	153,12	
2	61°45'	+ 2°22,5'	25,0	+ 2°22'	25,0	1,04	153,59	
3	110°00'	+ 3°02,5'	20,1	+ 3°02'	20,0	1,06	153,61	
Ст.5	0°00'							
<p><i>Станция 2</i> $H_2 = 152,75; \quad i = 1,52; \quad l = i; \quad MO = +0,5'$ Лимб ориентирован на ст. пп105 при КЛ</p>								
пп105	0°00'							
4	168°20'	- 2°19,5'	28,3	- 2°20'	28,3	- 1,15	151,60	
5	190°58'	- 2°49,5'	20,1	- 2°50'	20,1	- 1,00	151,75	
6	227°05'	- 2°21,5'	38,5	- 2°22'	38,4	- 1,58	151,17	
7	247°30'	- 2°29,5'	17,2	- 2°30'	17,2	- 0,75	152,00	
пп105	0°00'							
<p><i>Станция 3</i> $H_3 = 150,63; \quad i = 1,58; \quad l = i; \quad MO = +0,5'$ Лимб ориентирован на ст.2 при КЛ</p>								
Ст.2	0°00'							
8	252°00'	- 2°09,5'	20,5	- 2°10'	20,5	- 0,77	149,86	
9	313°10'	- 0°05,5'	23,4	- 0°06'	23,3	- 0,04	150,59	
10	341°35'	+ 0°42,5'	31,4	+ 0°42'	31,4	0,38	151,01	
Ст.2	0°00'							
<p><i>Станция 4</i> $H_4 = 150,11; \quad i = 1,49; \quad l = i; \quad MO = +0,5'$ Лимб ориентирован на ст.3 при КЛ</p>								
Ст.3	0°00'							
11	7°15'	- 0°29,5'	24,8	- 0°30'	24,8	- 0,22	149,89	
12	333°00'	+ 0°41,5'	32,8	+ 0°41'	32,8	0,39	150,50	
13	264°55'	+ 1°08,5'	23,5	+ 1°08'	23,5	0,47	150,58	
14	204°45'	+ 0°14,5'	27,8	+ 0°14'	27,8	0,11	150,22	
15	299°24,5'	+ 1°20,5'	37,9	+ 1°20'	37,9	0,88	150,99	
16	301°10'	+ 1°40,5'	66,4	+ 1°40'	66,3	1,91	152,02	
Ст.3	0°00'							

Продолжение таблицы 3.2

Наблю- даемая точка	Отсчеты		Дально- расстоя- ние	Угол наклона	Горизон- тальное проложе- ние, м	Превы- шение, м	Отметки, м	Примеча- ние
	по ГК	по ВК						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Станция 5</i>								
$H_5 = 152,05; \quad i = 1,55; \quad l = i; \quad MO = +0,5'$ <i>Лимб ориентирован на ст.4 при КЛ</i>								
<i>Ст.4</i>	$0^{\circ}00'$							
17	$0^{\circ}23,5'$	$-1^{\circ}15,5'$	64,0	$-1^{\circ}16'$	64,0	-1,42	150,63	
18	$31^{\circ}37,5'$	$-1^{\circ}17,5'$	43,2	$-1^{\circ}18'$	43,2	-0,97	151,08	
19	$358^{\circ}34'$	$-0^{\circ}55,5'$	28,7	$-0^{\circ}56'$	28,7	-0,46	151,59	
20	$54^{\circ}25'$	$-1^{\circ}07,5'$	21,9	$-1^{\circ}08'$	21,9	-0,43	151,62	
21	$122^{\circ}30'$	$+0^{\circ}14,5'$	10,1	$+0^{\circ}14'$	10,1	0,04	152,09	
22	$194^{\circ}45'$	$+1^{\circ}50,5'$	16,6	$+1^{\circ}50'$	16,6	0,53	152,58	
23	$233^{\circ}05'$	$+1^{\circ}52,5'$	21,22	$+1^{\circ}52'$	21,0	0,69	152,74	
24	$235^{\circ}10'$	$+1^{\circ}32,5'$	40,1	$+1^{\circ}32'$	40,1	1,08	153,13	
25	$244^{\circ}25'$	$+1^{\circ}24,5'$	36,0	$+1^{\circ}24'$	36,0	0,88	152,93	
<i>Ст.4</i>	$0^{\circ}00'$							

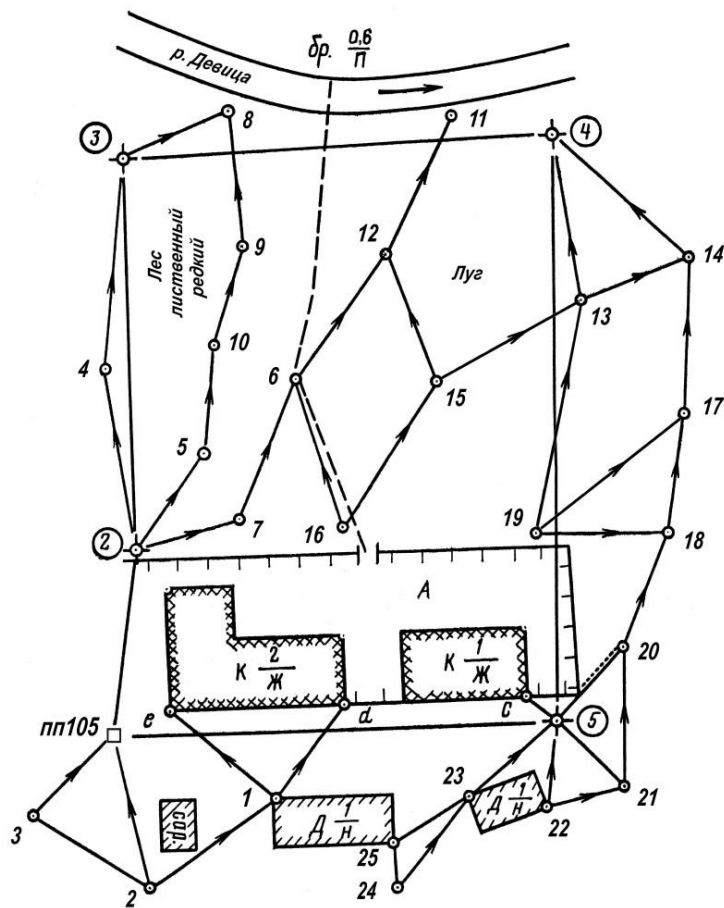
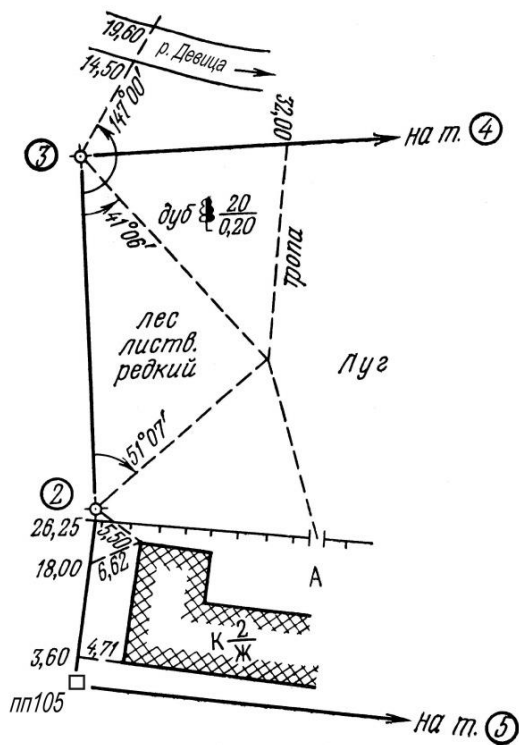
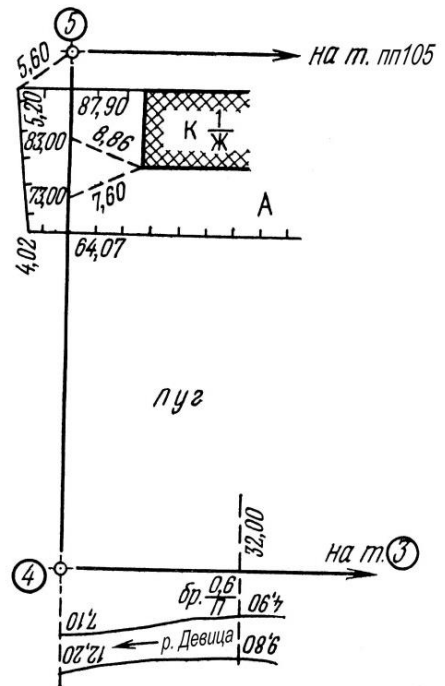


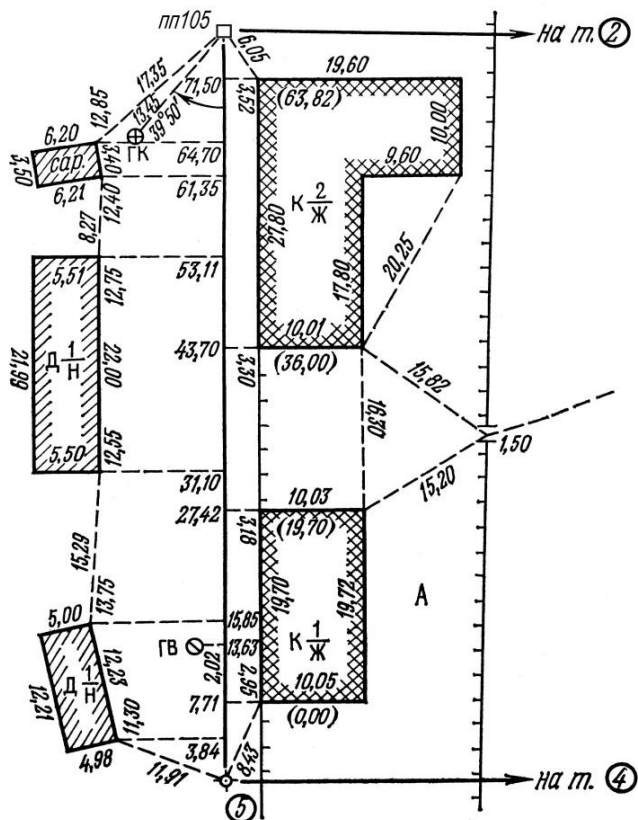
Рисунок 3.1 – Абрис тахеометрической съемки



а



б



в

а) стороны пп105-2, 2-3, 3-4; б) стороны 3-4, 4-5; в) сторона 5- пп105;
Рисунок 3.2 – Абрисы съемок ситуации и контуров местности

3.2 Рекомендации по выполнению задания

Съемка подробностей местной ситуации и рельефа может выполняться самостоятельно или же параллельно с измерениями по созданию рабочей основы съемки.

3.2.1 Рекомендации по выполнению угловых и линейных измерений

При съемке подробностей местной ситуации и рельефа рекомендуется вести съемку по часовой стрелке и соблюдать следующий порядок работы на станции, рисунок 3.3 и таблица 3.2:

1) устанавливается теодолит на станции и измеряется высота i инструмента, которая записывается в журнал тахеометрической съемки;

2) определяется место нуля $МО$ из наблюдений на хорошо видимый предмет и записывается в журнал;

3) на отдельном листе схематично составляется абрис прилегающей местности. Рекомендации по ведению абриса съемки ситуации и рельефа даны в п.3.2.2

4) на горизонтальном круге устанавливается нулевой отсчет и зрительная труба при « круге лево» ориентируется на заднюю точку.;

5) при закрепленном горизонтальном круге центр сетки нитей наводится на отсчет, равный высоте инструмента, и снимаются отсчеты по горизонтальному $KЛ$ и по вертикальному L кругам, определяется расстояние по дальномеру D . Если невозможно выполнить визирование на отсчет, равный высоте инструмента, то визируют наверх рейки. Рейки на точках ставятся на грунт без покачивания.

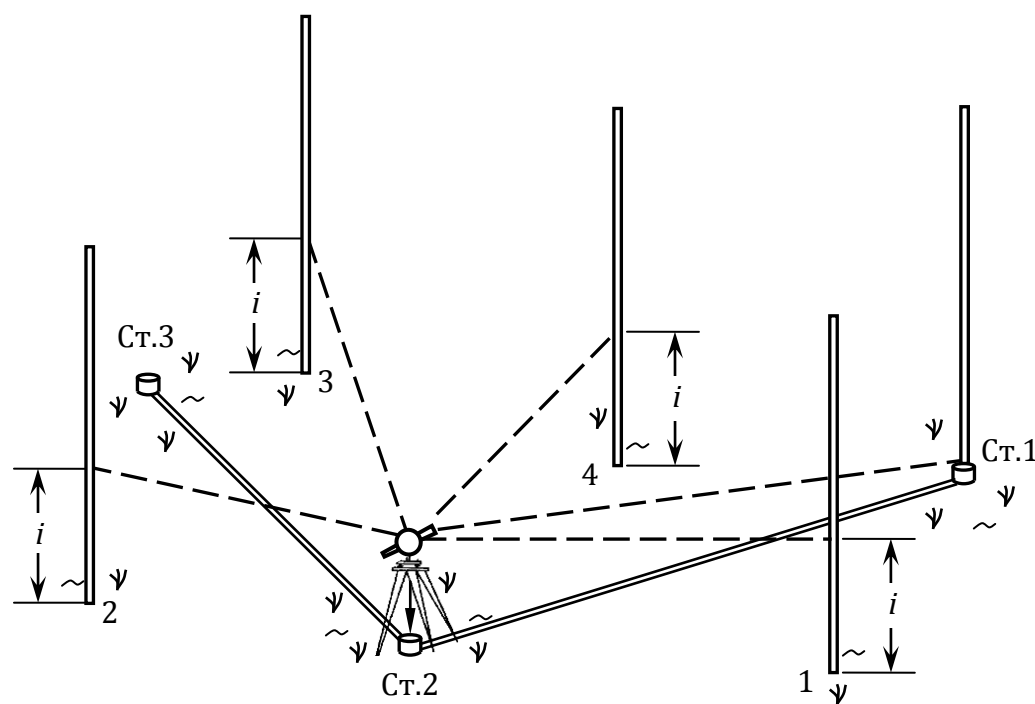


Рисунок 3.3 – Съемка подробностей местной ситуации и рельефа

Горизонтальные и вертикальные углы получают из полуприема

$$\beta_{кл} = КЛ , \quad \nu = Л - МО .$$

Дальномерные расстояния получают по формуле (2.11)

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

3.2.2 Рекомендации по ведению абриса съемки ситуации и рельефа

На каждой съемочной станции ведется отдельный абрис. Он является неотъемлемым приложением журнала тахеометрической съемки.

На абрисе обязательно отрисовывают ситуацию и рельеф. При этом все местные предметы и контуры обозначают условными знаками с краткими поясняющими надписями, а характерные формы рельефа изображают условными горизонталями. Кроме того, стрелками и линиями указываются направления склонов, тальвегов, водоразделов.

Съемочные точки (контурные и речные) выбираются в наиболее характерных местах ситуации и рельефа: по границе угодий и местных предметов, на самых высоких и низких местах рельефа, на перегибах уклонов (по осям водоразделов в экстремальных точках всхолмлений, блюдца, седловин). Контурные и речные точки по возможности нужно совмещать. Количество точек зависит от сложности рельефа, ситуации и масштаба съемки.

На абрисе никаких размеров не указывать (для быстроты производства работ), но обязательно проставлять арабскими цифрами номера станций и съемочных точек. Номера съемочных точек в журнале и на абрисе должны совпадать. Для увязки с абрисом в журнале тахеометрической съемки записывается кратко, что на местности данная точка обозначает.

При ведении абриса рекомендуется сначала на чертеж нанести три съемочные станции – одну основную и две смежные, с обозначением их номеров и изображением сторон. Основную станцию располагать в центре чертежа, а смежные с учетом ориентации относительно сторон света, принимая за северное направление верхний срез листа абриса. Нанесение на чертеж съемочных точек и ситуации производить по мере заполнения журнала тахеометрической съемки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ МЕСТНОЙ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в производстве съемки местной ситуации и рельефа полярным способом.
2. Приобретение навыков по заполнению полевых журналов и в составлении абрисов съемки.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Съемка подробностей местной ситуации и рельефа полярным способом.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 2 шт. |
| 3. Топор | – 1 шт. |
| 4. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Чем достигается быстрота измерений при тахеометрической съемке?
2. Какие требования предъявляются к съемке подробностей ситуации и рельефа?
3. Какие способы применяют для съемки местных предметов, контуров и рельефа местности?
4. Изложите порядок работы на станции при съемке ситуации и рельефа.
5. От каких факторов зависит необходимое количество контурных и речных точек при тахеометрической съемке?

4.1 Общие рекомендации по выполнению задания

На занятии производится съемка подробностей местной ситуации и рельефа оставшегося участка местности с вершин теодолитно-высотного (тахеометрического) хода в соответствии с рекомендациями, изложенными в практическом занятии № 3.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ
ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в вычислительной обработке полевых журналов и подготовке данных для составления топографического плана.
2. Приобретение навыков использования инженерных микрокалькуляторов и ПК для геодезических вычислений.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Обработка журнала теодолитно-высотного хода, привязка съемочной сети.
2. Составление ведомости координат.
3. Составление ведомости отметок станций.
4. Обработка журналов тахеометрической съемки.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Микрокалькуляторы | – 1 шт. каждому |
| 2. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Что такое угловая невязка в теодолитном ходе и как она вычисляется?
2. Изложите порядок вычисления дирекционных углов.
3. Как вычисляют горизонтальное проложение линии?
4. Изложите порядок увязки приращений координат и вычисления координат точек съемочного обоснования.
5. Изложите порядок уравнивания превышений и вычисления отметок точек съемочного обоснования?

5.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Вычислительная обработка полевых измерений тахеометрической съемки предусматривает последовательное выполнение пяти этапов работ:

1. Обработка журнала теодолитно-высотного хода и заполнение журнала плано-высотного обоснования съемочной сети (для тахеометрического хода данный этап не выполняется).
2. Составление ведомости координат на основании журнала теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.
3. Составление ведомости отметок станций на основании журнала плано-высотного обоснования съемочной сети (журнала тахеометрического хода).
4. Составление схемы съемочной сети по данным журнала плано-высотного обоснования съемочной сети (журнала тахеометрического хода).

5.1.1 Обработка журнала теодолитно-высотного хода, привязка съемочной сети

Обработка результатов угловых и линейных измерений теодолитно-высотного хода ведется в журнале планово-высотного обоснования съемочной сети, таблица 5.1, и включает вычисление горизонтальных проложений сторон теодолитно-высотного хода и превышений между точками съемочной сети. Для этого ранее полученные значения горизонтальных углов, длин сторон и углов их наклона (таблица 2.2) заносят во 2, 4 и 5 графы журнала.

Горизонтальные проложения d сторон хода, измеренные мерной лентой дважды в прямом и обратном направлениях, вычисляют с точностью 0,01 м

$$d_{\text{прямо(обратно)}} = L \cos \nu, \quad (5.1)$$

где L – значение измеренной длины стороны; ν – угол наклона линии.

За окончательный результат принимают среднее значение горизонтального проложения

$$d_{\text{ср}} = \frac{d_{\text{прямо}} + d_{\text{обратно}}}{2}. \quad (5.2)$$

Результаты вычислений горизонтальных проложений заносят в 6 и 7 графы журнала планово-высотного обоснования съемочной сети, таблица 7.1

Превышения h между точками съемочной сети определяют тригонометрическим нивелированием с точностью 0,001 м с учетом визирования на метку равную высоте инструмента ($i = l$) по формуле

$$h = dtg \nu. \quad (5.3)$$

Результаты вычислений превышений заносят в 8 и 9 графы журнала планово-высотного обоснования съемочной сети, таблица 5.1.

Таблица 5.1 – Журнал планово-высотного обоснования съемочной сети

Станции	Горизонтальные углы	Сторона <u>прямо</u> обратно	Угол наклона	Длина линии, м <u>прямо</u> обратно	Горизонтальное проложение, м		Превышение, м	
					<u>прямо</u> обратно	среднее, $d_{\text{ср}}$	<u>прямо</u> обратно	среднее, $h_{\text{ср}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теодолитно-высотный (замкнутый) ход								
пп 105 $i=$	88°14'	пп 105 -2	0°25,5'	26,76	26,76	26,76	+0,198	+0,196
		2 - пп 105	- 0°25'	26,75	26,75		-0,194	
2 $i=$	184°02'	2 - 3	- 2°05,5'	58,40	58,36	58,35	-2,132	-2,128
		3 - 2	2°05'	58,38	58,34		+2,124	
3 $i=$	91°55,2'	3 - 4	- 0°25,5'	70,49	70,49	70,50	-0,523	-0,528
		4 - 3	0°25'	70,52	70,52		+0,533	
4 $i=$	90°36,5'	4 - 5	1°13,5'	90,59	90,57	90,58	+1,936	+1,930
		5 - 4	- 1°13'	90,61	90,59		-1,924	
5 $i=$	85°10,2'	5 - пп 105	0°22,5'	76,33	76,33	76,33	+0,500	+0,488
		пп 105 - 5	- 0°21,5'	76,33	76,33		-0,477	

По данным журнала планово-высотного обоснования съемочной сети составляется схема съемочной сети, рисунок 5.1.

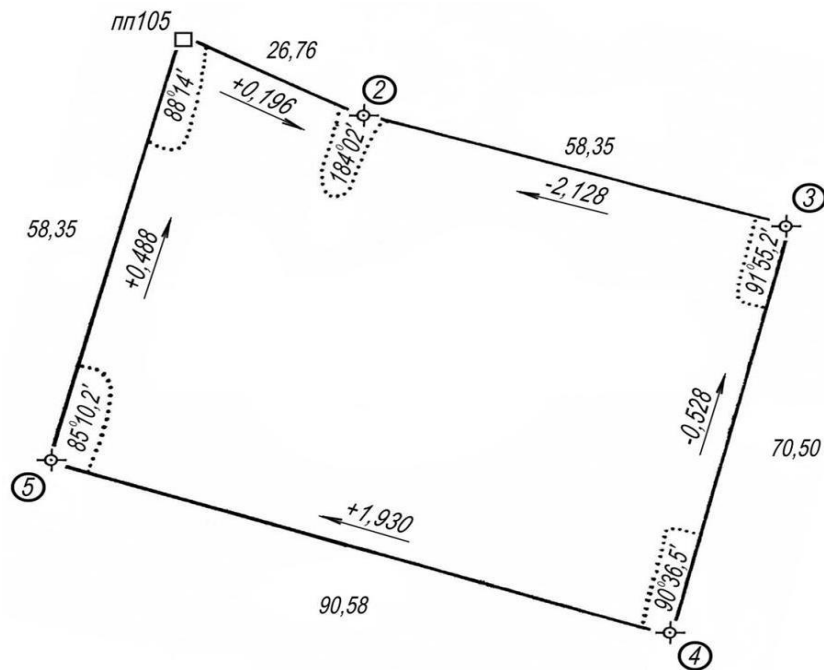


Рисунок 5.1 – Схема планово-высотного съемочного обоснования тахеометрической съемки

Привязка теодолитно-высотного хода к пунктам опорной геодезической сети сводится к определению дирекционного угла α_{105-2} первой стороны замкнутого хода по формуле

$$\alpha_{105-2} = \alpha_{104-105} + 180^0 - \beta_{\text{прим}}, \quad (5.4)$$

где $\alpha_{104-105}$ – дирекционный угол исходной стороны *пп104-пп105*; $\beta_{\text{прим}}$ – примычный угол, в нашем примере $\beta_{\text{прим}} = 125^{\circ}23,5'$.

Дирекционный угол $\alpha_{104-105}$ определится из решения обратной геодезической задачи по формулам взаимосвязи между дирекционными углами и румбами с учетом знаков приращений координат.

Так как румбом r является острый горизонтальный угол между ближайшим северным или южным исходным направлением меридиана и направлением данной линии, то вычисленные дирекционные углы переводят в румбы по определенным зависимостям, представленным на рисунке 5.2.

Румб исходной стороны *пп104-пп105* определяют по формуле

$$r_{104-105} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \arctg \frac{Y_{105} - Y_{104}}{X_{105} - X_{104}}. \quad (5.5)$$

В нашем примере для *пп104* (7505,32; 7407,36) и *пп105* (7820,64; 8038,93)

$$r_{104-105} = \arctg \frac{8038,93 - 7407,36}{7820,64 - 7505,32} = \frac{631,57}{315,32} = 63,468706^{\circ} = 63^{\circ}28,1'.$$

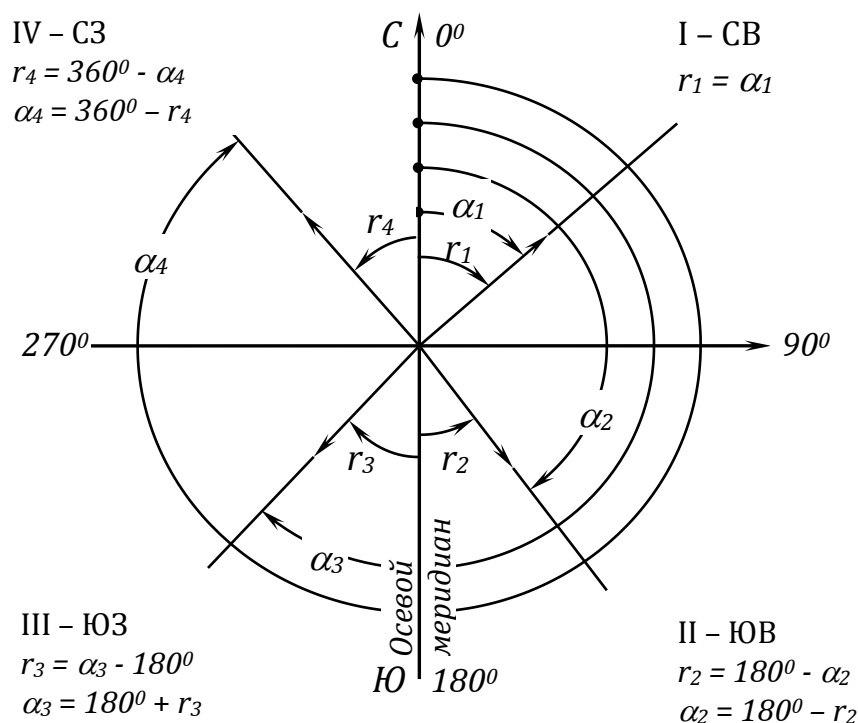


Рисунок 5.2 – Связь между дирекционными углами и румбами

С учетом знаков приращений координат (+ΔX; +ΔУ) линия 104-105 располагается в I четверти (СВ). Тогда дирекционный угол будет равен румбу.

$$\alpha_{104-105} = r_{104-105} = 63^{\circ}28,1'.$$

При этом искомый дирекционный угол первой стороны теодолитно-высотного хода будет

$$\alpha_{105-2} = 63^{\circ}28,1 + 180^{\circ} - 125^{\circ}23,5 = 118^{\circ}04,6'.$$

5.1.2 Вычисление плановых координат точек съемочной сети.

Составление ведомости координат

Вычисление прямоугольных координат точек теодолитно-высотного хода ведут на специальном бланке – ведомости координат, представленной в таблице 5.2. При составлении ведомости координат необходимо произвести увязку измеренных углов, вычислить дирекционные углы и перевести их в румбы, вычислить и увязать приращения координат.

Увязка измеренных углов полигона

В 1 и 13 графы ведомости, таблица 5.2, записываются по порядку номера всех внутренних углов полигона. Далее из журнала планово-высотного обоснования съемочной сети во 2 графу ведомости выписываются величины этих углов $\beta_{изм}$. Затем подсчитывается сумма измеренных углов $\sum \beta_{изм}$ и записывается внизу 2 графы ведомости под общей чертой.

Таблица 5.2 – Ведомость координат замкнутого теодолитно-высотного хода

№ п/п	Углы		Дирекционные углы	Румбы	Горизонтальные проложения	Приращения координат, м				Координаты, м		№ п/п
	измеренные	увязанные				вычисленные	увязанные		X	Y		
1	2	3	4	5	6	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	11	12	13
пп104						7	8	9	10	7505,32	7407,36	пп104
пп105			63°28',1			+0,01	+0,01	-12,58	+23,62	7820,64	8038,93	пп105
2	+0,42 184°02'	125°23,5' 184°02,42'	118°04,6'	ЮВ: 61°54'	26,76	-12,59 +0,01	+23,61 +0,01	-12,58	+23,62	7808,06	8062,55	2
3	+0,42 91°55,2'	91°55,62'	114°02,2'	ЮВ: 65°58'	58,35	-23,77 +0,01	+53,29 +0,02	-23,76	+53,30	7784,30	8115,85	3
4	+0,42 90°36,5'	90°36,92'	202°06,6'	ЮЗ: 22°07'	70,50	-65,32 +0,02	-26,53 +0,03	-65,31	-26,51	7718,99	8089,34	4
5	+0,42 85°10,2'	85°10,62'	291°29,6'	СЗ: 68°31'	90,58	+33,20 +0,01	-84,30 +0,02	+33,22	-84,27	7752,21	8005,07	5
пп105	88°14'	88°14,42'	26°19,02'	СВ: 26°19'	76,33	+68,42	+33,84	+68,43	+33,86	7820,64	8038,93	пп105
2	539°57,9' 540°00'	540°00'	118°04,6'		322,52	+101,62 -101,68 -0,06	+110,74 -110,83 -0,09	0	0			2

$$f_{\beta} = -2,1$$

$$\text{дон } f_{\beta} = -1 \cdot \sqrt{5} = -2,24$$

$$f_P = \sqrt{(-0,06)^2 + (-0,09)^2} = +0,11$$

$$\frac{f_P}{P} = \frac{0,11}{322,52} \approx \frac{1}{2932} \leq \frac{1}{2000}$$

С геометрической точки зрения замкнутый ход (полигон) представляет собой многоугольник, сумма внутренних углов которого определяется по формуле, известной из геометрии

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2), \quad (5.6)$$

где n – число сторон многоугольника.

В нашем примере для $n = 5$ теоретическая сумма углов $\sum \beta_{теор} = 540^\circ 00'$.

Разность между суммой измеренных углов (итог по графе 2) и теоретической суммой ($\sum \beta_{теор}$) будет представлять угловую невязку f_β .

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор}. \quad (5.7)$$

В нашем примере $f_\beta = -2,1'$. Эту невязку нужно 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).

Допустимая угловая невязка определяется по формуле

$$\text{дон } f_\beta = \pm 2m_\beta \sqrt{n}, \quad (5.8)$$

где m_β – средняя квадратическая ошибка измерения угла (точность прибора); n – число вершин полигона.

Для теодолита 2ТЗ0П $m_\beta = 0,5'$ и $\text{дон } f_\beta = \pm 1' \sqrt{5} = -2,24'$.

Должно выполняться условие

$$f_\beta \leq \text{дон } f_\beta. \quad (5.9)$$

Если фактическая угловая невязка превышает допустимую, 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

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (5.10)$$

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 $\delta_\beta = +0,42$ введены во все углы поровну.

Увязанные углы $\beta_{успр}$ получают с учетом поправок и заносят в 3 графу ведомости координат, таблица 5.2

$$\beta_{успр} = \beta_{изм} + \delta. \quad (5.11)$$

Контролем вычислений будет служить:

- точное равенство суммы поправок в углы и невязки, взятой с обратным знаком

$$\sum \delta_\beta = -f_\beta; \quad (5.12)$$

- точное равенство суммы увязанных углов $\sum \beta_{успр}$ (итог графы 3 ведомости координат) и теоретической суммы углов $\sum \beta_{теор}$

$$\sum \beta_{успр} = \sum \beta_{теор}. \quad (5.13)$$

Вычисление дирекционных углов и перевод их в румбы

Для ориентирования сторон полигона нужно знать дирекционные углы. Зная дирекционный угол одной стороны, можно вычислить дирекционные углы всех остальных сторон полигона (хода).

В нашем примере дирекционный угол первой стороны *пп105-2* определен из привязки к пунктам опорной геодезической сети и равен $118^{\circ}04,6'$.

Дирекционные углы остальных линий полигона вычисляются по формуле

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^{\circ} - \beta_{i, \text{внп}} , \quad (5.14)$$

т.е. дирекционный угол 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. Перевод дирекционных углов в румбы выполняют по зависимостям, представленным на рисунке 5.2.

Вычисления дирекционных углов и румбов ведут столбцом, рисунок 5.3.

Контролем правильности вычислений будет получение значения исходного дирекционного угла. Вычисленные дирекционные углы и румбы переносят соответственно в 4 и 5 графы ведомости координат.

									180°00,00'
									– 118°04,60'
									<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
$\alpha_{105-2} =$	+	118°04,60'							ЮВ: 61°55,40'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		298°04,60'							180°00,00'
$\beta_2 =$	–	184°02,42'							– 114°02,18'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
$\alpha_{2-3} =$	+	114°02,18'							ЮВ: 65°57,82'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		294°02,18'							202°06,56'
$\beta_3 =$	–	91°55,62'							– 180°00,00'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
$\alpha_{3-4} =$	+	202°06,56'							ЮЗ: 22°06,56'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		382°06,56'							360°00,00'
$\beta_4 =$	–	90°36,92'							– 291°29,64'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
$\alpha_{4-5} =$	+	291°29,64'							СЗ: 68°30,36'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		471°29,64'							
$\beta_5 =$	–	85°10,62'							
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		386°19,02'							
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		360°00,00'							
$\alpha_{5-105} =$	–	26°19,02'							СВ: 26°19,02'
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
		206°19,02'							
$\beta_{105} =$	–	88°14,42'							
		<hr style="width: 50%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>							
$\alpha_{105-2} =$		118°04'60							– контроль вычислений

Рисунок 5.3 – Пример вычисления дирекционных углов и перевода их в румбы

Вычисление и увязка приращений координат

Вычисление приращений координат ΔX и ΔY производят по формулам прямой геодезической задачи

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= d \cdot \cos \alpha \\ \Delta Y &= d \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (5.15)$$

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т.е. по дирекционному углу стороны. Результаты вычислений записываются в 7 (ΔX) и 8 (ΔY) графы. Наиболее быстро приращения координат вычисляются на микрокалькуляторах.

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

Если бы результаты измерения углов и линий замкнутого хода, а также построений их на плане были точными, то, нанося полигон по углам и линиям от точки *пп105* пришли бы в точности в ту же точку *пп105*, рисунок 5.4а, т.е. теоретически алгебраическая сумма приращений координат по соответствующим осям равна нулю.

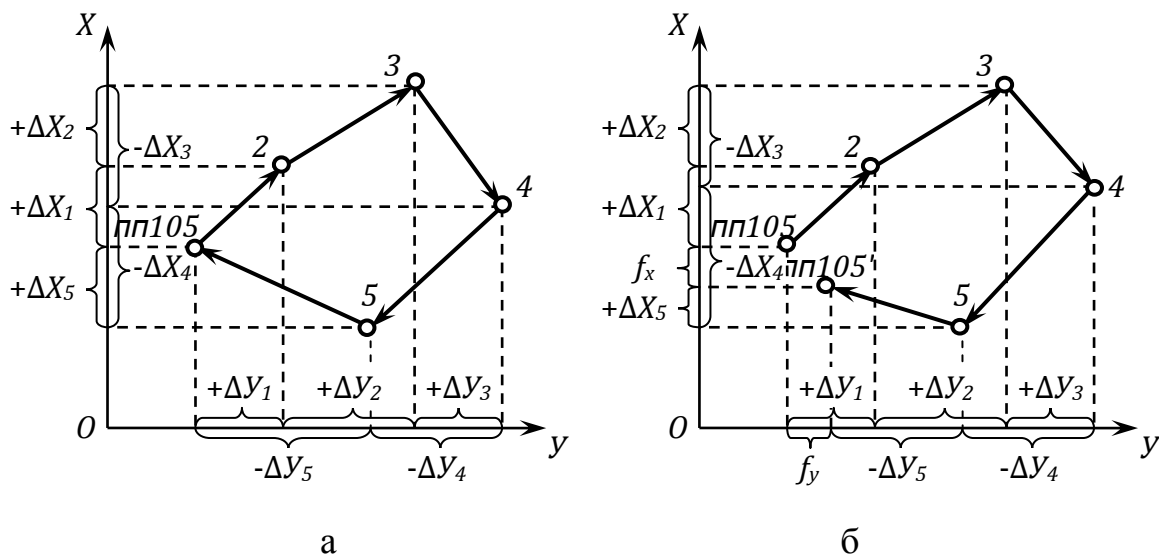
Следовательно, в замкнутом ходе (полигоне)

$$\left. \begin{aligned} \Sigma \Delta X_{теор} &= 0 \\ \Sigma \Delta Y_{теор} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.16)$$

В действительности же результаты измерений углов и линий имеют ошибки, вследствие которых суммы приращений по осям координат не равны нулю, а невязки в приращениях координат по каждой оси, рисунок 5.4б, будут определяться по формулам

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \Sigma \Delta X_{выч} \\ f_y &= \Sigma \Delta Y_{выч} \end{aligned} \right\} \quad (5.17)$$

Для нашего примера $f_x = -0,06$ м, $f_y = -0,09$ м.



а) теоретически; б) фактически

Рисунок 5.4 – Вычисление приращений координат

Увязка приращений координат состоит в распределении линейных невязок на все приращения по соответствующим осям координат пропорционально длинам сторон.

Прежде чем распределить линейные 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 f_p , определяемой по формуле

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (5.18)$$

Абсолютная невязка главным образом зависит от периметра полигона (в нашем примере $f_p = 0,11$; $P = 322,52$ м). Чем больше периметр, тем большую невязку следует в нем ожидать. Поэтому и допустимость невязки определяется в зависимости от периметра полигона. Невязка в периметре теодолитно-высотного хода при средних условиях измерения линий считается допустимой, если она не превышает $1/2000$ периметра, т.е. должно выполняться условие

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{2000}. \quad (5.19)$$

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 распределяют в виде поправок на все приращения по соответствующим осям с обратным знаком и пропорционально горизонтальным проложениям линий по формулам

$$\left. \begin{aligned} \delta_{x,i} &= -\frac{f_x}{P} \cdot d_i \\ \delta_{y,i} &= -\frac{f_y}{P} \cdot d_i \end{aligned} \right\}. \quad (5.20)$$

Значения вычисленных поправок записывают в 7 и 8 графы ведомости координат над соответствующими вычисленными приращениями координат.

По вычисленным приращениям координат и поправкам находят исправленные приращения координат по формулам

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{испр,i} &= \Delta X_i + \delta_{x,i} \\ \Delta Y_{испр,i} &= \Delta Y_i + \delta_{y,i} \end{aligned} \right\}. \quad (5.21)$$

Исправленные (увязанные) приращения координат со своими знаками записываются в графы 9 и 10 ведомости координат.

Контролем вычислений будет служить:

- точное равенство суммы поправок в приращения по каждой оси и соответствующей линейной невязки, взятой с обратным знаком

$$\left. \begin{aligned} \sum \delta_x &= -f_x \\ \sum \delta_y &= -f_y \end{aligned} \right\}; \quad (5.22)$$

- точное равенство суммы увязанных приращений по каждой оси и теоретической суммы приращений

$$\left. \begin{aligned} \sum \Delta X_{испр} &= \sum \Delta X_{теор} = 0 \\ \sum \Delta X_{испр} &= \sum \Delta X_{теор} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.23)$$

Результаты контроля вычислений записывают под чертой 9 и 10 граф ведомости координат.

Вычисление координат точек полигона

После увязки приращений координат по известным координатам одной из точек вычисляются и записываются в графы 11 и 12 ведомости координат, таблица 5.2, координаты всех остальных точек полигона по формулам

$$\left. \begin{aligned} X_{i+1} &= X_i + \Delta X_{испр,i} \\ Y_{i+1} &= Y_i + \Delta Y_{испр,i} \end{aligned} \right\} \quad (5.24)$$

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

В нашем примере точкой с известными координатами является пункт полигонометрии *пп 105* ($X_{105} = 7820,64$; $Y_{105} = 8038,93$).

*Контролем правильности вычисления координат служит получение координат исходного пункта *пп 105*.*

5.1.3 Уравнивание превышений и вычисление высот точек съемочной сети. Составление ведомости отметок станций

Уравнивание превышений и вычисление отметок станций выполняется в специальной ведомости, таблица 5.3. Для этого из журнала плано-высотного обоснования съемочной сети, таблица 5.1, в графы 2 и 3 ведомости отметок станций заносят горизонтальные проложения и средние превышения, вычисленные по результатам прямых и обратных измерений. Допустимое при измерениях расхождение между прямыми и обратными превышениями составляет 4 см на каждые 100 м.

Так как теодолитно-высотный ход замкнутый, то сумма превышений в нем должна быть равна нулю. Результат отличный от нуля и будет высотной невязкой по ходу

$$f_h = \sum h_{сп} \quad (5.25)$$

Допустимая невязка вычисляется по формуле

$$\text{дон} f_h = \frac{0,04 \cdot P_{100}}{\sqrt{n}}, \text{ м}, \quad (5.26)$$

где $P_{100} = \frac{P}{100}$ – количество сотых отрезков; n – число вершин полигона.

Результаты вычислений высотных невязок представлены в таблице 5.3.

$f_h = -0,041$ м и $\text{дон} f_h = \pm 0,058$ м.

Фактическую высотную невязку f_h , если она допустима, распределяют в средние превышения пропорционально длинам сторон в виде поправок, но с обратным знаком по формуле (графа 6 ведомости отметок станций)

$$\delta_h = -\frac{f_h}{P} d_i \quad (5.27)$$

Таблица 5.3 – Ведомость вычисления отметок станций

Номера станций	Горизонтальное проложение, $d, м$	Средние превышения, $h_{cp}, м$	Поправки, δ_h	Увязанные превышения, $h_{уcn}, м$	Отметка станции, $м$ $H_{i+1}=H_i+h_{уcn}$	Номера станций
1	2	3	4	5	6	7
<i>nn105</i>					152,55	<i>nn105</i>
	26,76	+0,196	+0,003	+0,20		
2					152,75	2
	58,35	-2,128	+0,007	-2,12		
3					150,63	3
	70,50	-0,528	+0,009	-0,52		
4					150,11	4
	90,58	+1,930	+0,012	+1,94		
5					152,05	5
	76,33	+0,489	+0,010	+0,50		
<i>nn105</i>					152,55	<i>nn105</i>
	P	$\sum h_{cp}$	$\sum \delta_h$	$\sum h_{уcn}$		
	322,52	-0,041	+0,041	0,00		

$$P_{100} = \frac{P}{100} = \frac{322,52}{100} = 3,23;$$

$$f_h = \sum h_{cp} = -0,041 \text{ м}; \quad \text{доп} f_h = \frac{0,04 \cdot P_{100}}{\sqrt{n}} = \frac{0,04 \cdot 3,23}{\sqrt{5}} = \pm 0,058 \text{ м}.$$

Поправки вычисляют с точностью 0,001 м, значения которых записывают в 6 графу ведомости отметок станций.

Исправленные (увязанные) превышения $h_{уcn}$ получают с учетом поправок и заносят в 7 графу ведомости отметок станций

$$h_{уcn} = h_{cp} + \delta_h. \quad (5.28)$$

Отметки станций вычисляют с точностью 0,01 м последовательно через исправленные превышения, начиная с исходной точки *пп 105* ($H_{105} = 152,55$).

$$H_{i+1} = H_i + h_{уcn}. \quad (5.29)$$

Контролем вычислений будет служить:

- точное равенство суммы поправок в средние превышения и высотной невязки, взятой с обратным знаком

$$\sum \delta_h = -f_h; \quad (5.30)$$

- равенство нулю суммы исправленных превышений $\sum h_{уcn}$ (итог графы 7)

$$\sum h_{уcn} = 0. \quad (5.31)$$

Окончательным контролем служит получение значения исходной отметки станции.

5.1.4 Обработка журнала тахеометрической съемки ситуации и рельефа

Обработка журнала тахеометрической съемки, таблица 3.2, включает вычисление углов наклона линий визирования на пикетные и речные точки, горизонтальных расстояний до них, превышений между станцией и пикетными (речными) точками и отметок пикетных и речных точек.

Предварительно в журнал для каждой станции выписывают значения ее отметки H_{cm} , высоты инструмента i , высоты визирования на рейку l , места нуля вертикального круга MO , направление ориентирования лимба. Имея калькулятор, можно непосредственно на станции произвести все необходимые вычисления и заполнить оставшиеся графы с 5 по 8 журнала тахеометрической съемки.

Углы наклона ν линий визирования на пикетные и речные точки вычисляют по формуле (1.4)

$$\nu = L - MO.$$

Горизонтальные проложения d до пикетных и речных точек вычисляют с точностью 0,1 м по известной формуле

$$d = D \cos^2 \nu, \quad (5.32)$$

где D – наклонное расстояние, измеренное дальномером; ν – угол наклона линии, полученный по формуле (1.4).

Превышения h между станцией и пикетными (речными) точками вычисляют с точностью 0,01 м по формуле тригонометрического нивелирования (5.3).

$$h = dtg \nu + i - l.$$

Отметки H_i пикетных и речных точек вычисляют через отметку станции методом превышений по известной формуле

$$H_i = H_{cm} + h_i. \quad (5.33)$$

5.2 Общие рекомендации по выполнению задания

Увязку внутренних углов опорного полигона и вычисление дирекционных углов, уравнивание приращений координат и вычисление координат опорных точек производить непосредственно на бланке ведомости координат, пример заполнения которой показан в таблице 5.2.

Уравнивание превышений и вычисление отметок станций производить непосредственно на бланке ведомости вычисления отметок, пример заполнения которой показан в таблице 5.3.

Отметки речных точек вычислять непосредственно в журнале тахеометрической съемки, пример заполнения которой показан в таблице 3.2.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА
МЕСТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков составления плана участка в заданном масштабе.

Отрабатываемые вопросы:

1. Построение координатной сетки плана.
2. Нанесение точек планово-высотного обоснования на план по координатам.
3. Накладка местной ситуации и рельефа на план.
4. Интерполирование и нанесение горизонталей на план.
5. Вычерчивание и оформление топографического плана.

Время – 5 часов

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|------------------------------|---------------|
| 1. Ватман формат А-2 (22) | – 1 лист |
| 2. Геодезический транспортир | – 1 шт. |
| 3. Чертежные принадлежности | – 1 комплект. |
| 4. Ведомости, абрисы съемки | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Как построить координатную сетку линейкой Дробышева?
2. Изложите порядок расчета и построения координатной сетки.
3. Как проверяется правильность построения координатной сетки?
4. Изложите порядок нанесения точек съемочного обоснования на план по координатам.
5. Как проверяется правильность нанесения на план точек съемочного обоснования по их координатам.
6. Изложите порядок нанесения подробностей местной ситуации и рельефа на план.
7. Изложите способы интерполирования горизонталей.

6.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Построение топографического плана местности по результатам тахеометрической съемки выполняют в следующей последовательности: построение координатной сетки; нанесение на план точек съемочной сети; накладка местной ситуации и рельефа на план; вычерчивание и оформление топографического плана.

Все графические построения производят на планшете, который представляет собой лист качественной чертежной бумаги на жесткой основе. Для

плана масштаба $1:500$ размер планшета должен обеспечить съемку в границах квадратной рамки 50×50 см.

Принцип построения точек съемочной сети в системе прямоугольных координат общеизвестен. Координатная сетка строится для облегчения нанесения точек на план.

6.1.1 Построение координатной сетки плана

Построение координатной сетки требует особого внимания и аккуратности. От точности построения сетки зависит точность нанесения точек съемочного обоснования, ситуации и рельефа.

Необходимое число горизонтальных и вертикальных рядов квадратов координатной сетки рассчитывают по формулам

$$\left. \begin{aligned} n_x &= \frac{\Delta x}{l_m \cdot m} = \frac{X_{max} - X_{min}}{l_m \cdot m} \\ n_y &= \frac{\Delta y}{l_m \cdot m} = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{l_m \cdot m} \end{aligned} \right\}, \quad (6.1)$$

где $X_{max}, X_{min}, Y_{max}, Y_{min}$ – минимальные и максимальные значения координат вершин полигона, округленные до целых метров; l_m – шаг сетки квадратов; m – знаменатель масштаба плана.

В нашем примере для масштаба $1:500$ шаг сетки равен $l_m = 10$ см, что соответствует 50 м на местности. Следовательно, минимальные и максимальные значения координат вершин полигона округляли до целых метров с кратностью 50 м.

Результаты вычислений представлены в таблице 6.1, согласно которым размер сетки равен 3×3 квадратов (30×30 см).

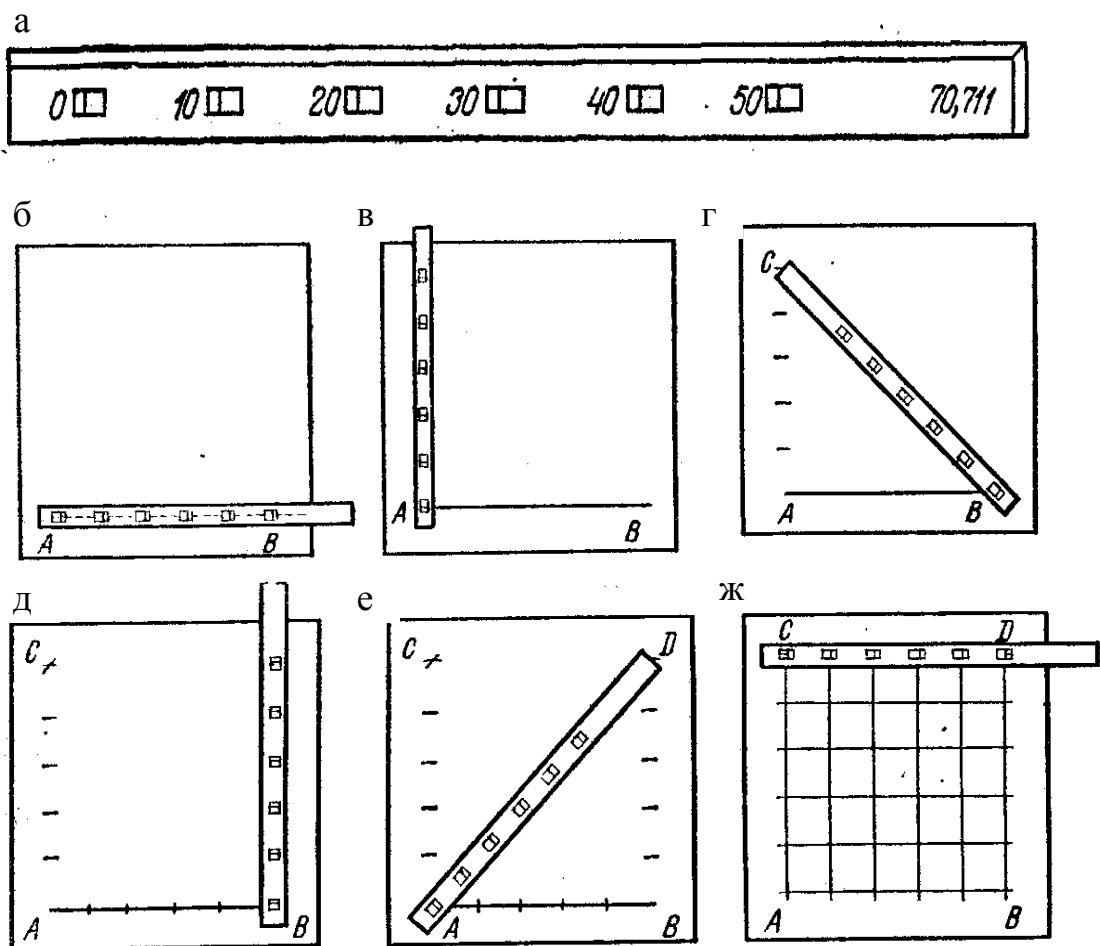
Таблица 6.1 – Расчет размера сетки квадратов

Вертикальные ряды сетки квадратов		Горизонтальные ряды сетки квадратов	
Обозначение	Результаты расчета	Обозначение	Результаты расчета
X_{max}	7821 м \approx 7850 м	Y_{max}	8116 м \approx 8150 м
X_{min}	7718 м \approx 7700 м	Y_{min}	8005 м \approx 8000 м
Δx	150 м	Δy	150 м
$n_x = \frac{\Delta x}{l_m \cdot m}$	$\frac{150}{0,1 \cdot 500} = 3$	$n_y = \frac{\Delta y}{l_m \cdot m}$	$\frac{150}{0,1 \cdot 500} = 3$

Построение координатной сетки 5×5 квадратов с помощью линейки Дробышева ЛД-1. Металлическая линейка ЛД-1, рисунок 6.1а, позволяет строить на листе ватмана формата А1 сетку 5×5 квадратов со сторонами 10 см. Два ребра линейки скошены для прочерчивания линий карандашом. Вдоль линейки вырезаны шесть окошек, в каждом из которых также имеется скошенный край для прочерчивания по нему короткой линии. На скошенном крае выреза первого окошка нанесен штрих, который является центром дуг окружностей радиусами 10, 20, 30, 40 и 50 см, которым в свою очередь соот-

ветствуют скошенные края остальных окошек. Скошенный край торца линейки обработан по дуге окружности радиусом $70,711$ см, что соответствует длине диагонали квадрата со стороной 50 см.

Координатную сетку 5×5 квадратов вычерчивают остро отточенным карандашом твердостью не менее $2Т(Н)$. Для построения сетки 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, чтобы во всех окошках была видна проведенная линия (рисунок 6.1б). По скошенным краям окошек прочерчивают короткие штрихи, пересекающие прямую линию, и получают пять равных отрезков по 10 см. Точка A в нулевом окошке является началом координат. Далее кладут линейку примерно перпендикулярно к линии AB , совмещая конец нулевого штриха с точкой A (рисунок 6.1в). По скошенным краям пяти окошек проводят дуги радиусами $10, 20, 30, 40$ и 50 см. Затем, совместив конец нулевого штриха с точкой B , засекают скошенным торцевым краем линейки точку C и получают левую верхнюю вершину квадрата со стороной 50 см (рисунок 6.1г). Аналогично находят верхнюю правую вершину D этого квадрата (рисунок 6.1д, е).



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

Рисунок 6.1 – Линейка Дробышева ЛД-1 и построение координатной сетки

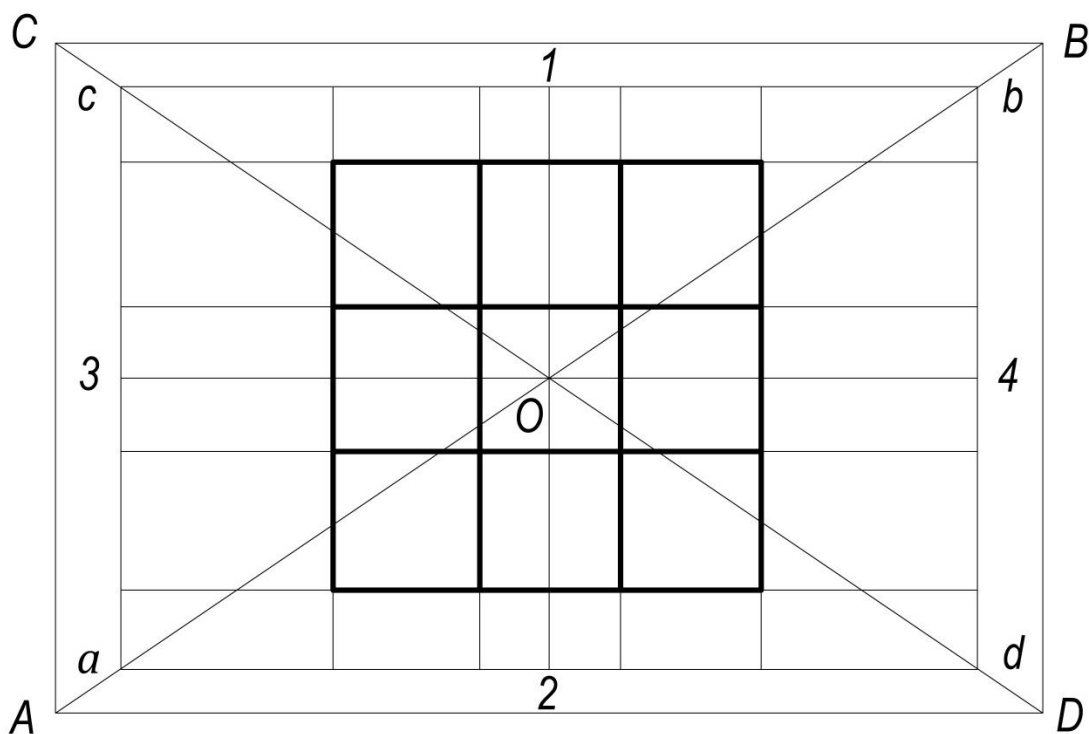


Рисунок 6.3 – Построение координатной сетки по диагоналям

При нечетном числе квадратов (как в рассматриваемом примере) от этих точек вначале в обе стороны откладывают отрезки по 5 см, а затем – по 10 см. Соединив линиями соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника, получают сетку квадратов. Циркулем-измерителем проверяют правильность построения координатной сетки путем измерения диагоналей ее квадратов; длины диагоналей должны быть равны 14,14 см или отличаться от этой величины не более чем на $\pm 0,2$ мм.

6.1.2 Нанесение точек планово-высотного обоснования на план по координатам

Точки съемочного обоснования наносят на план по координатам, записанным в графах 11 и 12 ведомости координат, таблица 5.2. Для построения точек используют циркуль-измеритель и поперечный масштаб. Пример построения точек *пп105* и *3* показан на рисунке 6.2.

Правильность нанесения на план точек теодолитно-высотного хода проверяют по длинам сторон, горизонтальным и дирекционным углам.

Контроль графических построений осуществляют в следующей последовательности:

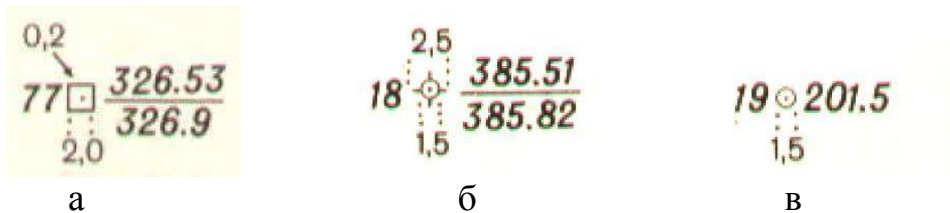
1) сравнить горизонтальные проложения, измеренные циркулем-измерителем на плане и имеющиеся в 6 графе ведомости координат. Допустимое расхождение ± 2 мм;

2) сравнить горизонтальные углы, измеренные геодезическим транспортиром на плане и имеющиеся в 3 графе ведомости координат;

3) сравнить дирекционные углы двух-трех сторон хода, измеренные геодезическим транспортиром на плане и имеющиеся в 4 графе ведомости координат.

Закончив контроль, вершины теодолитно-высотного хода последовательно соединяют тонкими линиями. Построенное плановое обоснование служит каркасом для нанесения на план местной ситуации и рельефа.

Около нанесенных на план точек теодолитно-высотного хода подписывают их номера и отметки, рисунок 6.4, в соответствии с обозначениями условных знаков и данными ведомости отметок станций, таблица 5.3.



а) пункты сетей сгущения; б) долговременного закрепления; в) временного закрепления
Рисунок 6.4 – Образец оформления на плане пунктов геодезических сетей (а) и точек плановых съемочных сетей (б, в)

6.1.3 Нанесение местной ситуации и рельефа на план

Нанесение местной ситуации на план производят по абрисам, рисунок 3.2, и журналу тахеометрической съемки, таблица 3.2, в порядке, обратном съемке. Контурные и речные точки наносят с помощью геодезического транспортира, циркуля-измерителя и поперечного масштаба.

Порядок производства работ при нанесении контурных и речных точек:

- 1) приложить к базису геодезический транспортир так, чтобы основание транспортира шло по базису, а центр совпал с точкой. По транспортиру отложить по ходу часовой стрелки горизонтальный угол и провести направление;
- 2) используя поперечный масштаб, циркулем-измерителем отмерить в масштабе плана длину линии на съемочную точку и наколоть точку;
- 3) аналогично повторить построения остальных съемочных точек;
- 4) соединить полученные точки необходимыми контурами, строго соблюдая обозначения условных знаков, и получить рисунок местности.

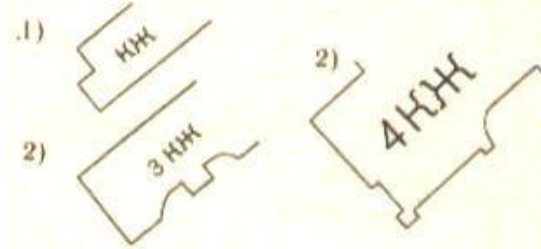
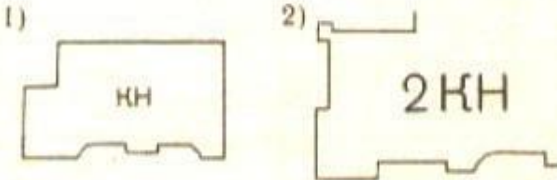
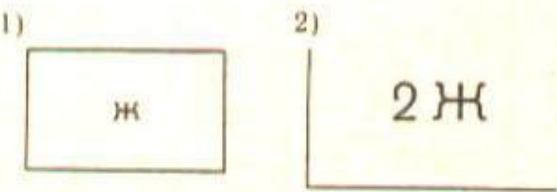
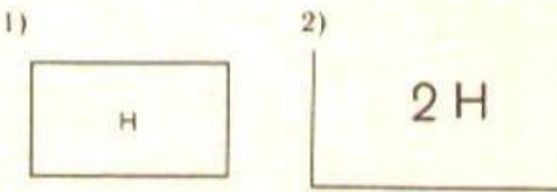
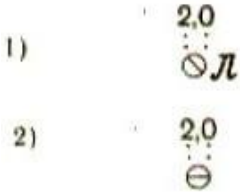
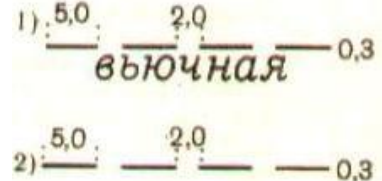
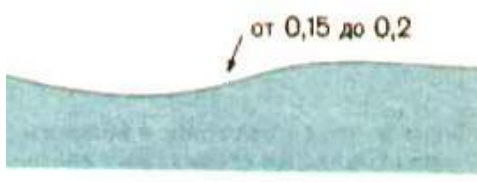
Около нанесенных на план речных точек подписывают их отметки, рисунок 6.5, в соответствии с обозначениями условных знаков и данными журнала тахеометрической съемки, таблица 3.2.

Образцы условных знаков топографических объектов, отмеченных на абрисах (рисунки 3.1 и 3.2), показаны в таблице 6.2.



а – выше нуля Кронштадтского футштока; б – ниже нуля Кронштадтского футштока
Рисунок 6.5 – Образец оформления на плане отметок высот речных точек

Таблица 6.2 – Образцы условных знаков топографических объектов

Номер по табл. УЗ	Название и характеристика топографических объектов	Условные знаки топографических объектов
13	<p>Строения жилые огнестойкие (кирпичные, каменные, бетонные, шлакоблочные и др.):</p> <p>1) одноэтажные 2) выше одного этажа</p> <p>(цифры и буквы – характеристики этажности, материала постройки и назначения строения)</p>	
14	<p>Строения нежилые огнестойкие:</p> <p>1) одноэтажные 2) выше одного этажа</p>	
15	<p>Строения жилые неогнестойкие (деревянные, саманные и др.):</p> <p>1) одноэтажные 2) выше одного этажа</p>	
16	<p>Строения нежилые неогнестойкие:</p> <p>1) одноэтажные 2) выше одного этажа</p>	
117	<p>Колодцы смотровые (люки) подземных коммуникаций:</p> <p>1) без разделения по назначению 2) с разделением по назначению на водопроводах</p>	
195	<p>Тропы:</p> <p>1) вьючные 2) пешеходные</p>	
211	<p>Линии береговые определенные и постоянные</p>	

Продолжение таблицы 6.2

Номер по табл.УЗ	Название и характеристика топографических объектов	Условные знаки топографических объектов
238	<p>Характеристики водотоков:</p> <p>1) направление и скорость течения, м/с 2) ширина, м 3) глубина, м; грунт дна</p> <p>(при сочетании характеристик – ширина в числителе, глубина и грунт дна в знаменателе)</p>	
366	<p>Контуры растительности:</p> <p>1) при ручном нанесении 2) при автоматизированном нанесении</p>	
368	Леса естественные высокоствольные	
401	Растительность травяная, луговая (разнотравье)	
475	<p>Заборы деревянные:</p> <p>1) сплошные с воротами 2) решетчатые (из штакетника и др.) 3) на каменном, бетонном или кирпичном фундаменте 4) с капитальными опорами</p>	

6.1.4 Интерполирование и нанесение горизонталей на план

Накладку рельефа на план производят по абрису, рисунок 3.1, и журналу тахеометрической съемки, таблица 3.2, путем интерполяции высот смежных съемочных точек.

Сущность метода интерполяции заключается в том, что след пересечения искомой горизонтали с данной прямой (стороной сетки квадратов) находится путем деления этой прямой на отрезки, пропорциональные превышениям между горизонталью и конечными точками этой прямой.

Интерполирование можно вести различными способами: аналитически путем вычислений, на глаз и графически по ряду параллельных линий.

Аналитическое интерполирование представлено на рисунке 6.6. Предположим, что между двумя точками на плане (точкой съемочного обоснования 2 и рельефной точкой 4) с отметками $H_2 = 152,75$ м и $H_4 = 151,60$ м требуется наметить точки, через которые пройдут две полуметровые горизонтали $h_{гор}$ ($h_{гор,1} = 152,00$ и $h_{гор,2} = 152,50$), которые разделят отрезок 2-4 длиной S на три части S_1 , S_2 и S_3 . Так как линия 2-4, изображенная на плане, в действительности на местности наклонена к горизонту, то можно рассмотреть прямоугольный треугольник с гипотенузой 2''-4 и, решив подобные треугольники MM_14 , NN_14 и $22''4$, записать соотношения

$$\frac{S_1}{S} = \frac{h_1}{H_A - H_B}; \quad \frac{S_2}{S} = \frac{h_2 - h_1}{H_A - H_B}; \quad \frac{S_3}{S} = \frac{(H_A - H_B) - h_2}{H_A - H_B}.$$

Откуда, при условии, что $h_1 = h_{гор,1} - H_B$ и $h_2 = h_{гор,2} - H_B$ получим

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \frac{h_{гор,1} - H_B}{H_A - H_B} \cdot S \\ S_2 &= \frac{h_{гор,2} - h_{гор,1}}{H_A - H_B} \cdot S \\ S_3 &= \frac{H_A - h_{гор,2}}{H_A - H_B} \cdot S \end{aligned} \right\} (6.2)$$

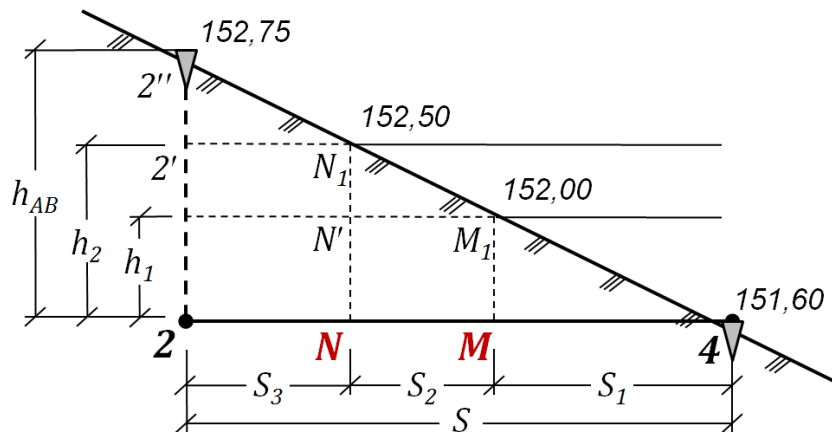


Рисунок 6.6 – Аналитическое интерполирование

При большом количестве точек аналитическое интерполирование требует большого количества времени, поэтому этот способ применим лишь для зарисовки рельефа равнинной местности.

При *интерполировании на глаз* отрезок между двумя точками делят на глаз в соотношении, определяемом разностью высот этих точек и числом проходящих между ними горизонталей.

Например, рисунок 6.7, если отметки двух точек плана соответственно равны 152,75 м и 151,60 м, то следы двух полуметровых горизонталей 152,00 и 152,50 на отрезке 2-4 можно найти по отдельно составленным пропорциям.

Так будем иметь:

- для горизонтали 152,00 из подобия треугольников MM_14 и $2_M2'M_1$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{152,00 - 151,60}{152,75 - 152,00} = \frac{0,4}{0,75} \approx \frac{1}{2};$$

- для горизонтали 152,50 из подобия треугольников NN_14 и $2_N2'N_1$

$$\frac{l_3}{l_4} = \frac{h_3}{h_4} = \frac{152,50 - 151,60}{152,75 - 152,50} = \frac{0,9}{0,25} \approx \frac{3}{1}.$$

Следовательно, чтобы найти на данном отрезке 2-4 след горизонтали с отметкой 152,00 м, надо на глаз разделить отрезок на 3 части, из которых 1 часть составляет отрезок l_1 , а 2 части – отрезок l_2 . Аналогично находят след горизонтали с отметкой 152,50 м, для которого отрезок 2-4 делится на 4 части: 3 части отрезку l_3 и 1 часть отрезку l_4 .

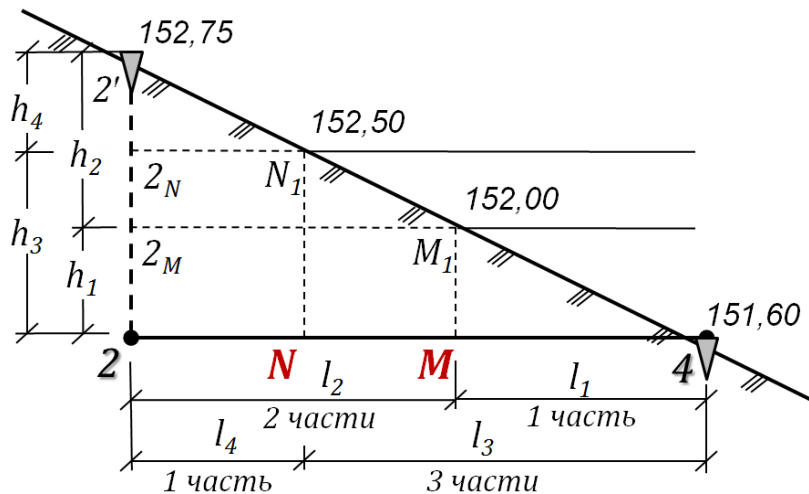


Рисунок 6.7 – Интерполирование на глаз

Графическое интерполирование по ряду параллельных линий заключается в использовании специально изготовленных палеток.

Для этого на кальке проводят ряд тонких параллельных линий длиной 6 – 8 см на равных расстояниях одна от другой, причем каждую пятую или десятую линию несколько утолщают или вычерчивают другим цветом. Число линий должно быть на две больше числа горизонталей между двумя смежными интерполируемыми точками. Например, если разность высот составля-

ет 1 м, то при высоте сечения через 0,5 м надо прочертить на кальке не менее 4 линий. Обычно проводят большее число линий. Расстояние между линиями для спокойного рельефа местности в масштабе 1:500 и сечении между горизонталями 0,5 м, как правило, принимают 5 мм.

Чтобы найти следы горизонталей на линии 2-4, рисунок 6.8, накладывают палетку на план так, чтобы точка 2 с отметкой 152,75 м расположилась между линиями 153,00 и 152,50 палетки (оценка расстояния между этими линиями производится на глаз с точностью $\frac{1}{10}$ промежутка). Затем поворачивают палетку вокруг точки 2 до тех пор, пока точка 4 на плане с отметкой 151,60 м расположится на палетке в соответствующем месте между линиями с надписями 151,50 и 152,00.

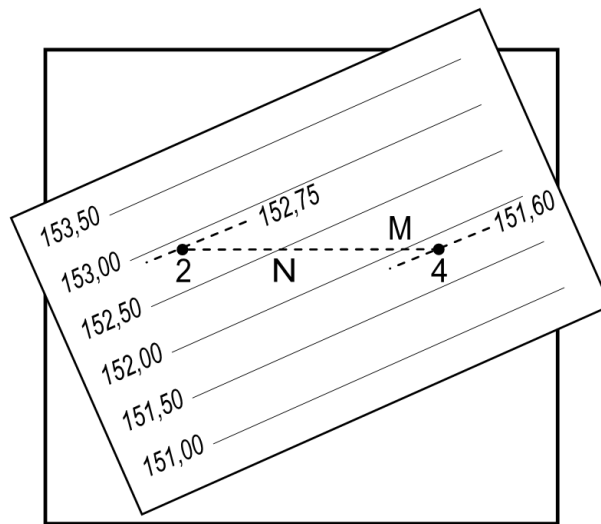


Рисунок 6.8 – Графическое интерполирование по ряду параллельных линий

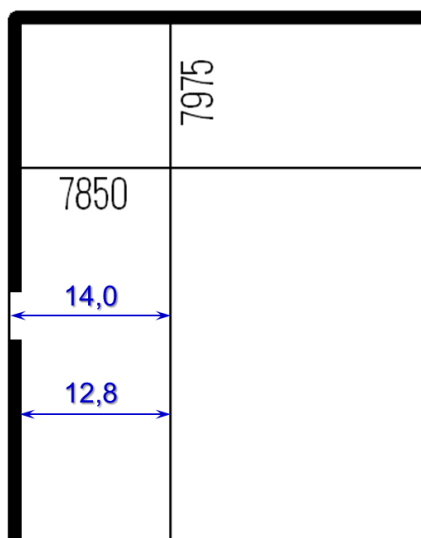
Точки *M* и *N* пересечения линии 2-4 плана с линиями палетки будут искомыми следами горизонталей 152,00 м и 152,50 м, которые накалывают иглой через палетку. Сняв палетку, через наколотые точки проводят соответствующие горизонтали.

Интерполирование горизонталей на глаз и при помощи параллельных линий не требуют затраты времени на вычисления, дают вполне достаточную точность и поэтому применяются наиболее часто.

Для построения горизонталей в нашем примере использовано графическое интерполирование с учетом заданной высоты сечения рельефа ($h_{гор} = 0,5$ м). Наколотые точки одноименных горизонталей соединяют плавной линией с соблюдением обозначений условных знаков. Толщина горизонталей 0,12-0,15 мм. Для облегчения восприятия рельефа и определения точек на плане каждая четвертая горизонталь с отметкой, кратной 2,0 м, проводится утолщенной (0,2-0,25 мм). Рекомендуется проводить сначала целые горизонтали (метровые), а затем промежуточные (полуметровые).

6.1.5 Вычерчивание и оформление топографического плана

Оформление составленного плана начинают с вычерчивания рамки, рисунок 6.9. Рамку строят так, чтобы план участка разместился примерно посередине. Внутренние линии рамки совмещают с линиями координатной сетки, а если смещают их, то обязательно на целое число сантиметров. Координаты четырех вершин внутренней рамки подписывают в соответствии с оцифровкой линий координатной сетки.



(размеры указаны в мм)

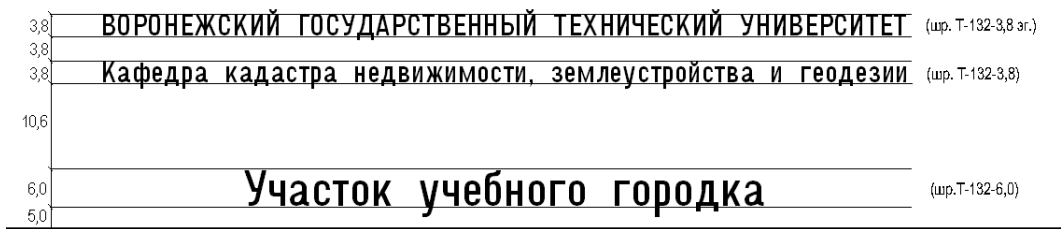
Рисунок 6.9 – Фрагмент оформления рамки

В заключении выполняют зарамочное оформление. Над северной рамкой подписывают название, систему координат, наименование области (края, округа) номер участка съемки и гриф, а под южной – указывают численный и именованный масштабы плана, высоту сечения рельефа и сведения о съемке.

Образец зарамочного оформления плана масштаба 1:500 с размерами шрифтов надписей показан на рисунке 6.10.

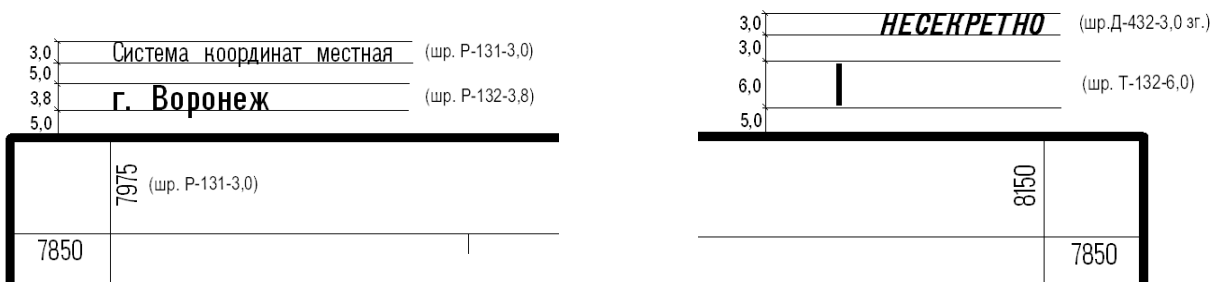
Составленный в карандаше план тщательно корректируется. Элементы местной ситуации и рельефа должны быть оформлены в соответствии с условными знаками. Окончательно план может быть вычерчен тушью.

Пример оформления топографического плана по результатам тахеометрической съемки приведен на рисунке 6.11.



(размеры шрифтов надписей указаны в мм)

а



(размеры шрифтов надписей указаны в мм)

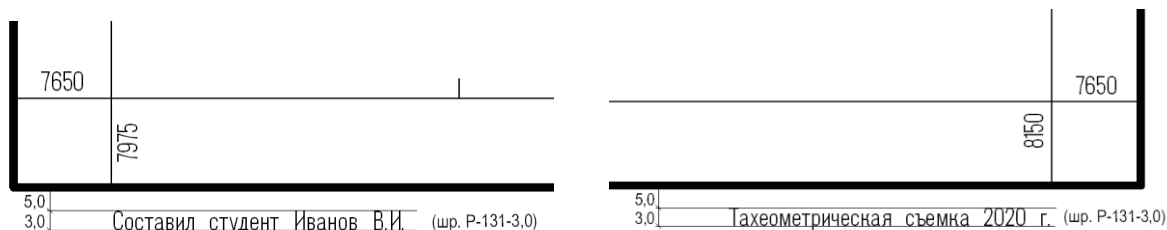
б

в



(размеры шрифтов надписей указаны в мм)

г



(размеры шрифтов надписей указаны в мм)

д

е

а) северная часть рамки; б) северо-западный угол рамки; в) северо-восточный угол рамки;
 г) южная часть рамки; д) юго-западный угол рамки; е) юго-восточный угол рамки

Рисунок 6.10 – Зарамочное оформление топографического плана масштаба 1:500

6.2 Рекомендации по выполнению задания

6.2.1 Общие рекомендации

Выполнение задания предусматривает практическую работу студентов с использованием чертежных принадлежностей в составе бригад.

Занятие проводится в классе. На занятии выполняются графические работы по построению чертежа участка местности и оформлению топографического плана заданного масштаба в соответствии с рекомендациями, изложенными выше.

Перечень графических и полевых материалов при защите работы по теме №2:

1. Журнал теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.
2. Журнал тахеометрической съемки, абрисы.
3. Журнал и схема планово-высотного съемочного обоснования.
4. Ведомость координат.
5. Ведомость отметок станций.
6. Топографический план участка в масштабе М 1:500 (прикладывается к отчету).

Топографический план местности может отрабатываться в карандаше или вычерчиваться в туши с соблюдением принятых условных обозначений.

6.2.2 Рекомендации по составлению и оформлению топографического плана местности

Вершины полигона (точки теодолитно-высотного хода) наносят по координатам, соединяют их между собой несколько утолщенными линиями, а все остальные построения стирают. Полученный многоугольник используется для дальнейших построений. От сторон полигона по журналу тахеометрической съемки и абрисам производится перенос речных точек на план.

Точки местной ситуации и рельефа наносятся на план в соответствии с тем способом, каким они снимались в поле.

Рекомендуется сначала на план наносить точки согласно журналу тахеометрической съемки полярным способом (основной способ съемки), а затем контуры, снятые способами створов, перпендикуляров, засечек и обхода. Для нанесения на план контурных и речных точек использовать линейку, циркуль-измеритель и геодезический транспортир.

При нанесении точек *полярным способом* рекомендуется следующий порядок работы:

1) приложить к базису (стороне полигона) геодезический транспортир так, чтобы основание транспортира шло по базису, а центр совпал с точкой (вершиной полигона). По транспортиру отложить по ходу часовой стрелки горизонтальный угол и провести направление;

- 2) используя поперечный масштаб, циркулем-измерителем отмерить в масштабе плана длину линии на съемочную точку и наколоть точку;
- 3) аналогичным образом повторить построения остальных съемочных точек;
- 4) соединить полученные точки необходимыми контурами и получить рисунок местности.

Для накладки на план точек, снятых *способом створов*, от соответствующих вершин теодолитного хода с помощью циркуля-измерителя откладывают в масштабе плана расстояния до точек, указанные в абрисе. При построении контуров от начала опорной линии на плане откладывают расстояния до оснований перпендикуляров; в полученных точках, пользуясь выверенным прямоугольным треугольником, строят перпендикуляры, на которых откладывают их длины. Соединив концы перпендикуляров, получают изображение контура местности.

При накладке точек *по перпендикулярам* пользуются линейкой, угольником и циркулем-измерителем. Сначала по данным абриса размечают на базисе следы перпендикуляров, затем при помощи угольника проводят перпендикуляры и на них откладывают расстояния от базиса до съемочных точек. Соединив полученные точки необходимыми контурами, получают рисунок местности.

При нанесении точек *способом угловых засечек* транспортиром в вершинах опорных сторон откладывают углы и прочерчивают направления, пересечения которых определяют положения искомых точек. Нанесение точек способом линейных засечек выполняется при помощи циркуля-измерителя и сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены на местности.

При *оформлении плана* рекомендуется следующий порядок работы:

- 1) съемочные точки наносить кружком диаметром 1 мм, а рядом подписывать ее номер и отметку. Рекомендуется наносить последовательно точки каждой станции, причем местные предметы и контуры переносить в первую очередь;
- 2) между отметками (реечными точками) нанести горизонтали методом интерполяции – сначала целые, затем промежуточные;
- 3) границу водных объектов и штрихи болот обозначать синим цветом, пески – коричневыми точками. Все остальное обводится черной тушью в соответствии с условными топографическими знаками;
- 4) в окончательном виде на чертеж нанести необходимые реквизиты, надписи и подписать исполнителем.

При необходимости весь план обводится тушью. Стороны полигона тушью не обводятся, впоследствии они стираются.

ТЕМА № 3

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАСС И ПЛОЩАДЕЙ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в трассировании и разбивке пикетажа на трассе, создании плановой основы нивелирной съемки площадей.
2. Приобретение навыков в разбивке круговых горизонтальных кривых.
3. Приобретение навыков продольного и площадного нивелирования, ведение полевых журналов.
4. Приобретение навыков вычислительной обработки результатов полевых измерений и составления планов и профилей строительных участков.
5. Приобретение навыков в руководстве рабочей группой и организации съемочных работ.

Время – 35 часов.

Общие положения

В природе не существует абсолютно ровных участков земной поверхности, всегда имеются пониженные и повышенные места.

*Совокупность всех неровностей поверхности участков земли называется **рельефом**.*

Рельеф оказывает очень сильное влияние на строительство транспортных и инженерных сооружений. Например, на аэродромах неблагоприятный рельеф летного поля может затруднить и даже воспрепятствовать взлету и посадке самолетов. Поэтому при строительстве аэродромов рельеф исправляют – производят земляные работы, устраняя недопустимые уклоны и кривизну поверхности летного поля. Но прежде чем приступить к исправлению рельефа местности, его нужно сначала измерить, чтобы знать, где и в каких местах производить земляные работы по срезке или подсыпке грунта.

*Измерение неровностей участков земной поверхности, связанное с определением превышений одних точек местности над другими, называется **нивелированием**.*

Нивелирование выполняется в целях получения исходного материала для проектирования трасс линейных сооружений и сооружений, строительство которых связано с площадными земляными работами. Соответственно, нивелирная съемка разделяется на продольное и площадное нивелирование.

Продольное нивелирование (нивелирная съемка трасс) применяется при строительстве автомобильных и железных дорог, водопроводов, теплоцентралей, канализации, водоотводных осушительных систем, систем радиотехнического обеспечения посадки самолетов и т.д. Ширина снимаемой полосы зависит от ширины предполагаемого сооружения и сложности рельефа местности и обычно находится в пределах от 40 до 200 м.

Иногда ограничиваются съемкой только оси трассы, например, при трассировании кабельных линий электропередач и укладке трубопроводов. В результате нивелирной съемки составляется план трассы, профили по оси трассы и по поперечникам. Иногда составляется только совмещенный план и профиль трассы.

Горизонтальную рабочую основу при съемке составляет разомкнутый теодолитный ход, прокладываемый по оси трассы, а вертикальную рабочую основу нивелирный ход, совмещенный с осью трассы. При нивелирной съемке трассы применяют теодолит с точностью $30'' - 10''$, мерную штриховую ленту, рулетку и технический нивелир с рейками. Учитывая большое число станций по трассе, наиболее экономично применять нивелир с самоустанавливающей линией визирования.

Нивелирная съемка трассы включает полевые и камеральные работы.

В содержание полевых работ входит:

- трассирование и закрепление оси трассы;
- разбивка пикетажа на трассе и горизонтальных кривых;
- нивелирование оси трассы и поперечников.

В содержание камеральных работ входит:

- вычисление координат и отметок рабочей основы съемки;
- составление плана и продольного профиля трассы.

Площадное нивелирование широко применяется при проектировании и строительстве аэродромов, с целью составления проекта вертикальной планировки и подсчета объемов земляных работ. Потребность в полном выявлении рельефа большой площади реализуется сплошным нивелированием местности. Такое нивелирование производят по правильным фигурам – прямоугольникам и квадратам. В результате нивелирования получается план местности, на котором при помощи отметок и горизонталей изображается рельеф.

В зависимости от назначения работ, характера местности и наличия инструментов для нивелирной съемки площадей применяют следующие способы:

- способ параллельных линий;
- полярный способ;
- способ квадратов.

Нивелирная съемка площадей, также как и нивелирная съемка трасс, включает полевые и камеральные работы.

В содержание полевых работ входит:

- создание планово-высотной рабочей основы;
- нивелирование по поперечникам или квадратам.

В содержание камеральных работ входит:

- вычисление отметок точек;
- составление плана в отметках и горизонталях.

На практических занятиях будут отработаны две нивелирные съемки: продольное нивелирование трассы автомобильной дороги и съемка площади по квадратам.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ТРАССИРОВАНИЕ И РАЗБИВКА ПИКЕТАЖА НА ТРАССЕ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в трассировании, разбивке пикетажа на трассе и съемке контуров и местной ситуации способом перпендикуляров.
2. Приобретение навыков в разбивке круговой горизонтальной кривой в главных точках.
3. Приобретение навыков в ведении пикетажного журнала.

Время - 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Трассирование и закрепление оси трассы.
2. Разбивка пикетажа трассы автомобильной дороги.
3. Съемка контуров и местной ситуации способом перпендикуляров.
4. Разбивка круговых горизонтальных кривых и вынос пикетов с тангенсов на кривую.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Вехи геодезические | – 4 шт. |
| 3. Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте | – 1 комплект |
| 4. Топор | – 1 шт. |
| 5. Колья и сторожки деревянные (на 8 пикетов) | – 1 комплект |
| 6. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Что называется нивелированием?
2. Что составляет горизонтальную и вертикальную рабочую основу при нивелировании трассы?
3. Назовите этапы полевых работ при нивелировании трассы.
4. Какой угол называют углом поворота трассы?
5. Какие работы выполняют при разбивке пикетажа на трассе?
6. Назовите элементы кривой и формулы их определения.
7. Как выносят на местность главные точки кривой?
8. Изложите порядок работы при выносе пикетов на кривую.

7.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Нивелирная съемка трассы включает полевые и камеральные работы.

В содержание полевых работ входит: трассирование и закрепление оси трассы; разбивка пикетажа на трассе и горизонтальных кривых; нивелирование оси трассы и поперечников.

В содержание камеральных работ входит: вычисление координат и отметок рабочей основы съемки; составление плана и продольного профиля трассы.

Горизонтальную рабочую основу при съемке составляет разомкнутый теодолитный ход, прокладываемый по оси трассы, а *вертикальную рабочую основу* – нивелирный ход, совмещенный с осью трассы. При нивелировании трассы применяют теодолит с точностью 30'' – 10'', мерную штриховую ленту, и нивелир с рейками. Учитывая большое число станций по трассе, наиболее экономично применять нивелир с самоустанавливающейся (с компенсатором) линией визирования.

7.1.1 Трассирование и закрепление оси трассы

Геодезические работы при трассировании инженерного сооружения выполняются звеном трассировщиков и состоят из наземных рекогносцировочных обследований местности, прокладки по трассе теодолитного хода и закрепления трассы специальными знаками.

Рекогносцировка участка местности, выбор и закрепление углов поворота трассы. В ходе наземной рекогносцировки отыскивают и закрепляют на местности начальную, конечную и промежуточные контрольные точки, прохождение трассы через которые является обязательным. Также отыскиваются исходные реперы и детально изучается полоса съемки. Обязательно обследуют на местности места пересечения водотоков и сложные в инженерно-геологическом отношении участки, и уточняется окончательное положение оси трассы в натуре. Трасса не должна проходить через сплошные заросли, лесные и заболоченные участки, сильно пересеченные места.

Углы поворота трассы выбирают в местах, удобных для установки теодолита. Обязательным условием является наличие прямой видимости с каждой вершины угла смежных углов поворота трассы. Если это невозможно из-за рельефа местности, то на возвышенном месте по заданному направлению в пределах прямой видимости закрепляется станция (вершина угла, равная 180°) и с помощью теодолита заданное направление продлевается. Для этого, установив теодолит на выбранной станции, ориентируют зрительную трубу на предыдущую вершину угла и переводом ее через зенит при двух кругах теодолита выставляют вторую станцию, и так далее до выставления следующего угла поворота трассы, рисунок 7.1.

Вершины углов надежно закрепляются осевыми кольями со сторожками или столбами. В верхний торец кола (столба) забивают гвоздь, который является центром при измерении углов. Здесь же назначают радиус круговой горизонтальной кривой. На сторожках надписывают номер и величину угла поворота, а также назначенную величину радиуса кривой, которые в дальнейшем использует звено пикетажистов для расчета параметров закругления и определения пикетажных значений главных точек трассы.

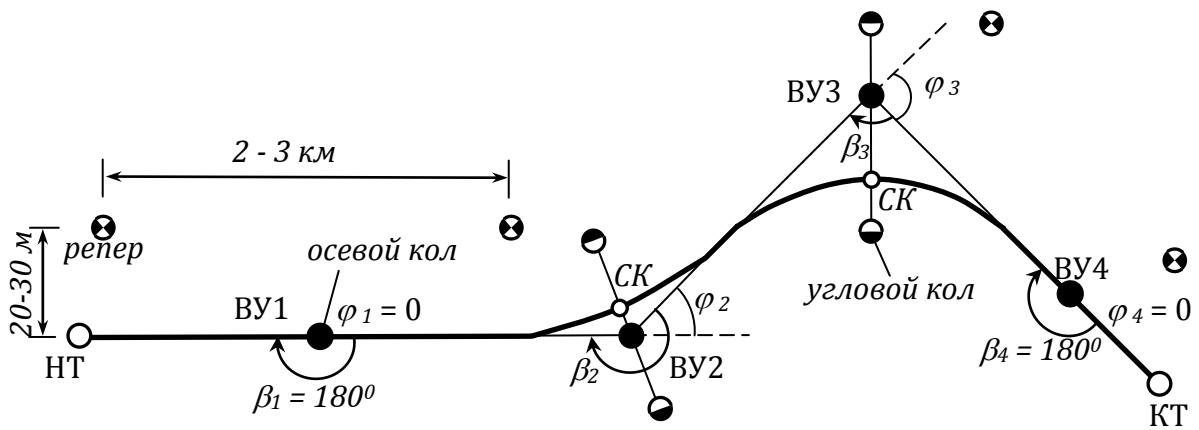


Рисунок 7.1 - Трассирование и закрепление оси трассы знаками

Прокладка теодолитного хода заключается в провешивании линий оси трассы, измерении горизонтальных углов, прямых и обратных магнитных азимутов сторон хода, определении углов поворота трассы и закреплении биссектрис горизонтальных углов.

Для прокладки теодолитного хода применяют теодолиты типа 2Т30П, 4Т30П, 4Т15П, 3Т5КП или электронные тахеометры типа ТаЗМ и 3Та5. Перед началом полевых геодезических работ теодолиты тщательно проверяют и при необходимости юстируют.

Работы при прокладке теодолитного хода организуют следующим образом, рисунок 7.1. Теодолит устанавливают в начальной точке трассы, приводят его в рабочее положение и визируют на основание вехи, установленной в первой вершине угла поворота трассы.

Далее производят *вешение линии* теодолитом способом «на себя», выставляя вехи через каждые 50 – 100 м, рисунок 7.2. После установки инструмента над точкой А зрительную трубу наводят на веху 1 в точке В, затем лимб и алидаду закрепляют. Один из исполнителей, двигаясь с точки В на точку А по указанию наблюдателя, ставит несколько вех (2, 3 и 4) так,

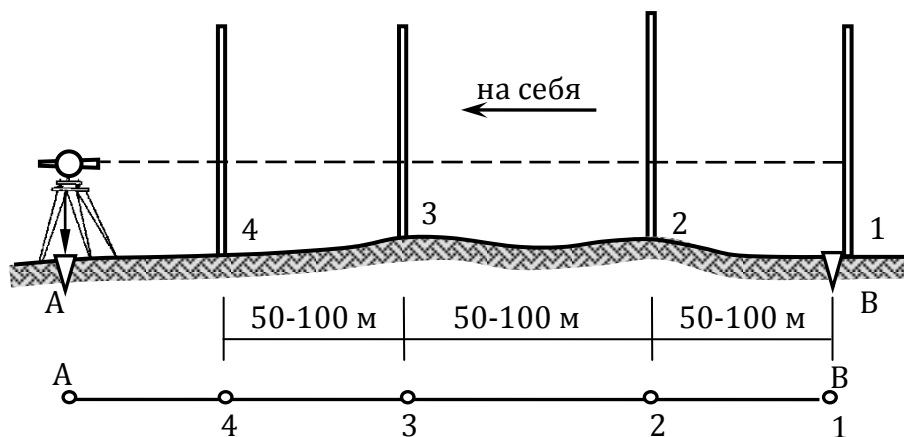


Рисунок 7.2 – Вешение линий

чтобы на них проектировалась вертикальная нить сетки. Вехи расставляют через 50–100 м, а если местность холмистая, то через 40 – 60 м. Закончив вешение линии, теодолит переносится на следующую вершину угла и приступают к измерению горизонтального угла.

Горизонтальные углы теодолитного хода измеряют полным приемом с записью результатов в угломерный журнал, таблица 7.1. Разница углов в полуприемах не должна превышать двойной точности теодолита.

По измеренным горизонтальным углам получают углы поворота трассы.

Углами поворота трассы называются углы отклонения трассы от предыдущего направления.

Углы поворота трассы φ , рисунок 7.1, вычисляют в зависимости от ее левого или правого поворота по формулам

$$\varphi_{л} = \beta - 180^{\circ}, \quad \varphi_{пр} = 180^{\circ} - \beta. \quad (7.1)$$

Одновременно при измерении горизонтальных углов на трассе с помощью буссоли теодолита 2ТЗ0П измеряются *прямые* и *обратные магнитные азимуты* линий трассы, которые также записываются в угломерный журнал.

В каждой вершине угла разбивают теодолитом его *биссектрису*, которая закрепляется угловыми колами со сторожками или столбами, как показано на рисунке 7.1. На лицевой части сторожка, обращенного к вершине угла, надписывают обозначение биссектрисы и расстояние до угла, что позволяет восстановить при необходимости его положение.

Таблица 7.1 – Журнал измерения горизонтальных углов на трассе

Дата измерения 12.05.2007г.

Наблюдал Максимов.

Но- мер стан- ции	Номера наблю- даемых точек	Отсчеты по горизонталь- ному кругу	Горизон- тальный угол из по- луприема, β	Среднее значение угла, $\beta_{ср}$	Магнит- ный ази- мут	Угол наклона линии	При- меча- ние
Круг лево (КЛ)							
	ПК0	61°42',5			11°24'	-	
			61°30'				
	ВУ2	0°12',5			308°54'	2°16'	
ВУ1				61°30'			
Круг право (КП)							
	ПК0	243°58'					
			61°30'				
	ВУ2	182°28'					

7.1.2 Разбивка пикетажа трассы автомобильной дороги

Одновременно с трассированием оси трассы или по окончании трассировочных работ производится разбивка пикетажа звеном пикетажистов.

Пикетажем называется система съёмочных точек, разбитых и закрепленных на местности.

Разбивка пикетажа на трассе включает:

- измерение линий по оси трассы;
- разбивку и закрепление пикетных и плюсовых точек по оси трассы;
- разбивку и закрепление точек на поперечниках;
- съёмку местных предметов и ситуации в полосе трассы.

При разбивке пикетажа ведётся полевой журнал – пикетажная книжка, рисунок 7.3, состоящая из листов клетчатой или миллиметровой бумаги. В пикетажный журнал в масштабе 1:2000 заносят результаты линейных и угловых измерений, номера точек, расчеты пикетажных обозначений точек, а также вычерчивают абрис съёмки полосы вдоль трассы.

Измерения линий по оси трассы выполняют стальной 20-метровой лентой после провешивания. Ленту разматывают с кольца, затем задний мерщик втыкает в землю шпильку в начальной точке линии, надевает конец ленты на шпильку и направляет переднего мерщика в створ измеряемой линии, ориентируясь выставленными вехами или вехой на конечной точке. Передний мерщик, встряхнув ленту, натягивает ее на себя и через вырез в конце ленты втыкает вертикально первую шпильку. После этого задний мерщик вынимает свою шпильку, а передний снимает ленту со шпильки и оба мерщика протягивают ленту вперед по створу.

Задний мерщик, подходя к воткнутой первой шпильке, командует «стой», надевает конец ленты прорезью на шпильку и выставляет снова переднего мерщика в створ. Подобно предыдущему, передний мерщик втыкает вторую шпильку и т.д. В отдельных случаях, когда заднему мерщику не видно впереди себя вешки, передний мерщик встает в линию сам, ориентируясь по задней шпильке.

При измерении линий на местности нужно помнить, что измеряется наклонная линия, а для составления планов необходимо пользоваться ее горизонтальным проложением. Поэтому с измерением линии измеряется угол ее наклона теодолитом. Если угол наклона превышает двух градусов, то определяется поправка в длину линии за наклон и вводится в измеренную линию.

Поправки за наклон линии определяются по формуле

$$\Delta L = 2L \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (7.2)$$

где L – длина наклонной линии, м; ν – угол наклона линии к горизонту.

На практике величину поправки за наклон линии определяют по готовой таблице (приложение А), в которой показаны углы наклона от 1° до 9° и расстояния от 10 до 90 м. В пересечении строк и колонок получают поправки в миллиметрах.

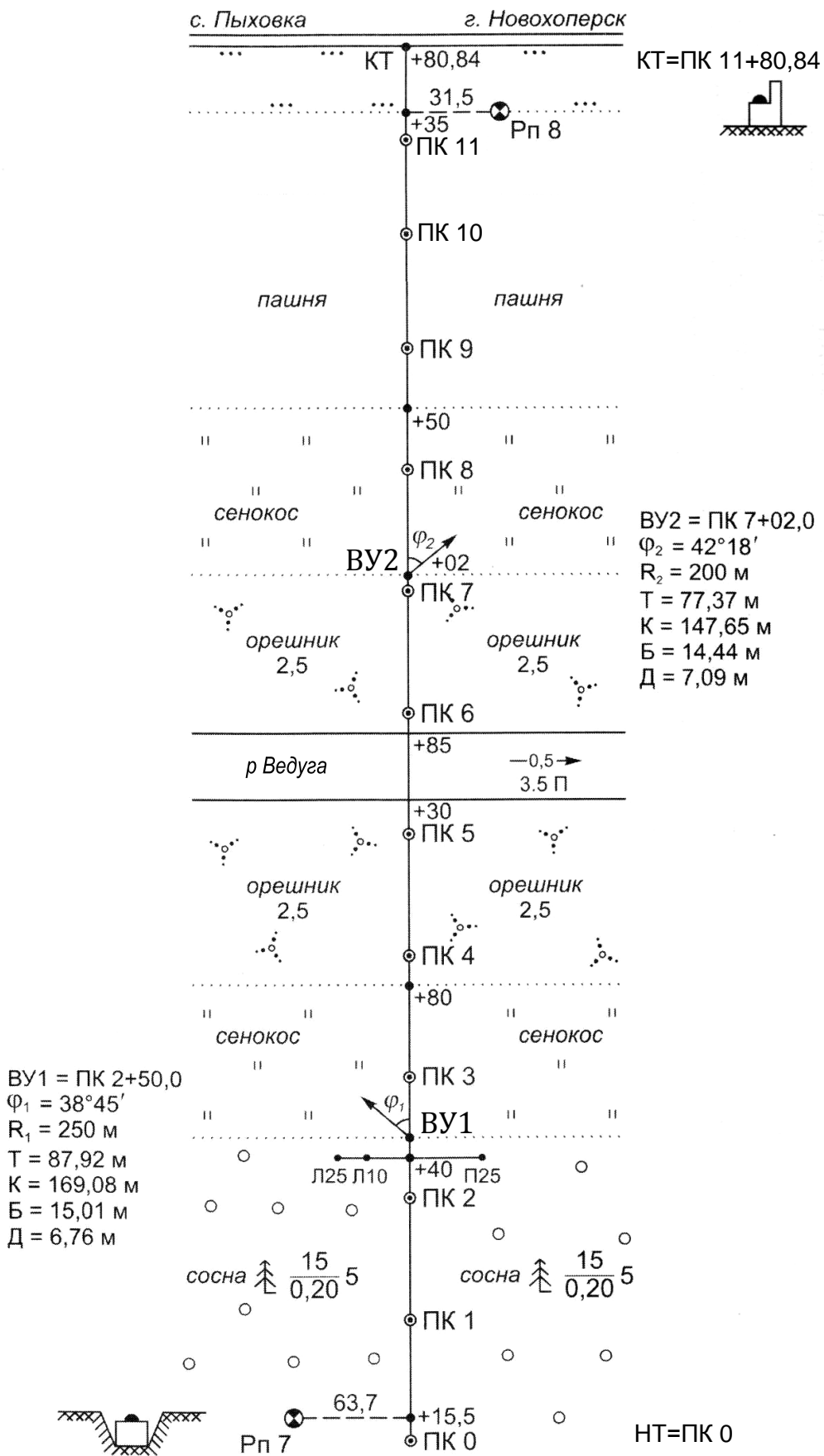


Рисунок 7.3 – Пикетажный журнал

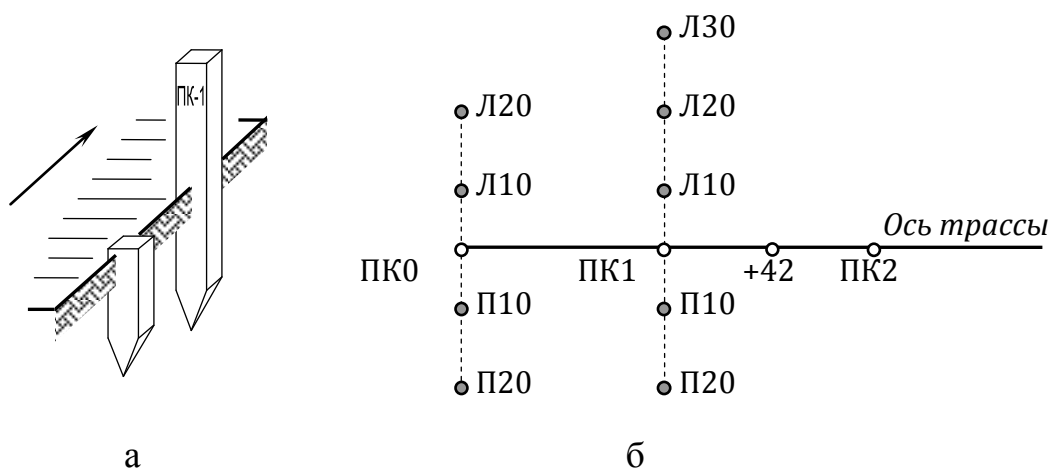
Разбивка пикетных и плюсовых точек по оси трассы, точек на поперечниках производится одновременно с измерением линий.

Пикеты разбиваются через 100 м и закрепляются кольшком со сторожком, рисунок 7.4а. При этом кол длиной 20 – 25 см и толщиной 3 – 5 см вбивается вровень с землей на оси трассы, а сторожок длиной 40 – 50 см и сечением 3х5 см устанавливается впереди кола на расстоянии 10 – 15 см в створе линии. На сторожке делается обращенная к точке надпись номера пикета, например ПК-1. Пикеты измеряют последовательно, начиная от нулевого, установленного в начале трассы.

Плюсовые точки разбиваются на всех перегибах профиля по оси трассы и закрепляются только сторожками. На сторожке подписывают номер пикета и расстояние до плюсовой точки или только расстояние до плюсовой точки, например ПК1+42 или +42.

Разбивка поперечников производится для съемки местных предметов и рельефа, расположенных в стороне от оси трассы. Поперечники, рисунок 7.4б, разбивают перпендикулярно к направлению оси трассы. Расстояние между поперечниками зависит от характера местности и от степени точности, с которой должен быть составлен проект сооружения. Чем местность пересеченнее и чем больше нужна точность, тем чаще разбиваются поперечники. При дорожных изысканиях поперечники разбивают обычно на всех 100-метровых пикетах и перегибах местности. Точки на поперечниках закрепляются кольями со сторожками, которые нумеруются с указанием сторон трассы и расстояния от ее оси, например, лево 10 м (Л-10) или право 20 м (П-20).

Для построения перпендикуляра к оси трассы может использоваться *двухзеркальный экер*, рисунок 7.5а. Он состоит из четырехгранного корпуса, на внутренних поверхностях боковых граней которого закреплены два зеркала под углом 45°. В металлической оправе над зеркалами имеются два окна. Для удержания прибора имеется ручка с крючком для подвешивания отвеса. Принцип действия экера состоит в том, что луч света, отраженный от двух плоских зеркал, пересекает свое первоначальное направление под углом, вдвое большим угла между зеркалами, т.е. под углом 90°. Для построения

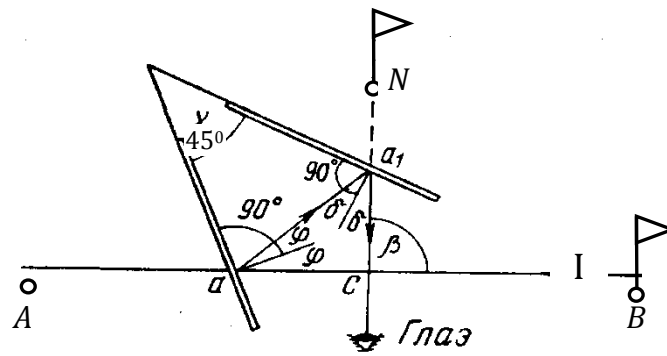


а) пикетажные кол и сторожок; б) разбивка поперечников

Рисунок 7.4 – Разбивка пикетажа по трассе



а



б

а) двухзеркальный экер; б) разбивка перпендикуляра к оси трассы
Рисунок 7.5 – Разбивка перпендикуляра экером

перпендикуляра в точке C к оси трассы (линия AB на рисунке 7.5б) поступают следующим образом. Встают с экером в точке C и поворачивают его так, чтобы луч от вехи B попал в зеркало a и, отразившись от него, дал изображение вехи B в зеркало a_1 . Далее, наблюдая в окошко над зеркалом, наблюдатель дает указание помощнику выставить веху в направлении изображения вехи B , т.е. по линии CN . Тогда угол между лучами CN и CB будет 90° .

Если в процессе съемки требуется опустить перпендикуляр из какой-либо характерной точки контура на ось трассы, то наблюдателю нужно перемещаться с экером по оси трассы до тех пор, пока веха на трассе, видимая через окно экера, не окажется продолжением изображения вехи точки контура, видимое в зеркале под окном. Точку в основании перпендикуляра определяют по отвесу.

7.1.3 Съемка контуров и местной ситуации способом перпендикуляров

Съемка местных предметов и ситуации в полосе трассы производится во время разбивки пикетажа при промере трассы в прямом направлении способом перпендикуляров по обе стороны от ее оси. Промер в обратном направлении выполняется для оценки точности измерения. Точность измерения соответствует точности при прокладке теодолитных ходов. Построение перпендикуляров до снимаемых контуров с оценкой их длины выполняют на глаз. Расстояния до четко выраженных контуров и объектов измеряют рулеткой.

Результаты съемки заносят в пикетажный журнал, рисунок 7.3.

Правила ведения пикетажного журнала следующие. В журнал в масштабе съемки заносят ось трассы, реперы, пикетные и плюсовые точки, поперечники, значения элементов кривой, а также абрис съемки местных предметов (границы угодий, реки, ручьи, овраги, озера и пруды, колодца, строения, дороги с указанием откуда и куда они идут, линии связи и электропередач и другие местные предметы, которые могут иметь значение при проектировании или отводе земли под дорогу).

Ось трассы вычерчивают посередине листа в виде прямой линии снизу вверх. Повороты оси трассы показывают стрелками по углом 45° к линии хода влево или вправо. Сбоку от поворота подписывают номер вершины угла, величину угла и расстояние от *ПК0* до угла поворота. Вдоль стрелки подписывают румб или азимут линии.

Пикетные и *плюсовые точки* наносятся в масштабе съемки по линии оси трассы с их нумерацией и указанием расстояния: пикеты от начала трассы, а плюсовые точки – от ближайшего пикета.

Контуры местных предметов обозначают пунктиром, а их названия подписывают, например, лес, пашня, балка, луг, выгон.

Элементы круговых горизонтальных кривых выписываются под величиной угла поворота трассы. По элементам круговой кривой в пикетажном журнале производят вычисления пикетажного положения ее главных точек. Результаты вычислений используются в дальнейшем при разбивке кривых.

Данные пикетажного журнала впоследствии используют при построении плана и профиля трассы.

7.1.4 Разбивка круговых горизонтальных кривых и вынос пикетов с тангенсов на кривую

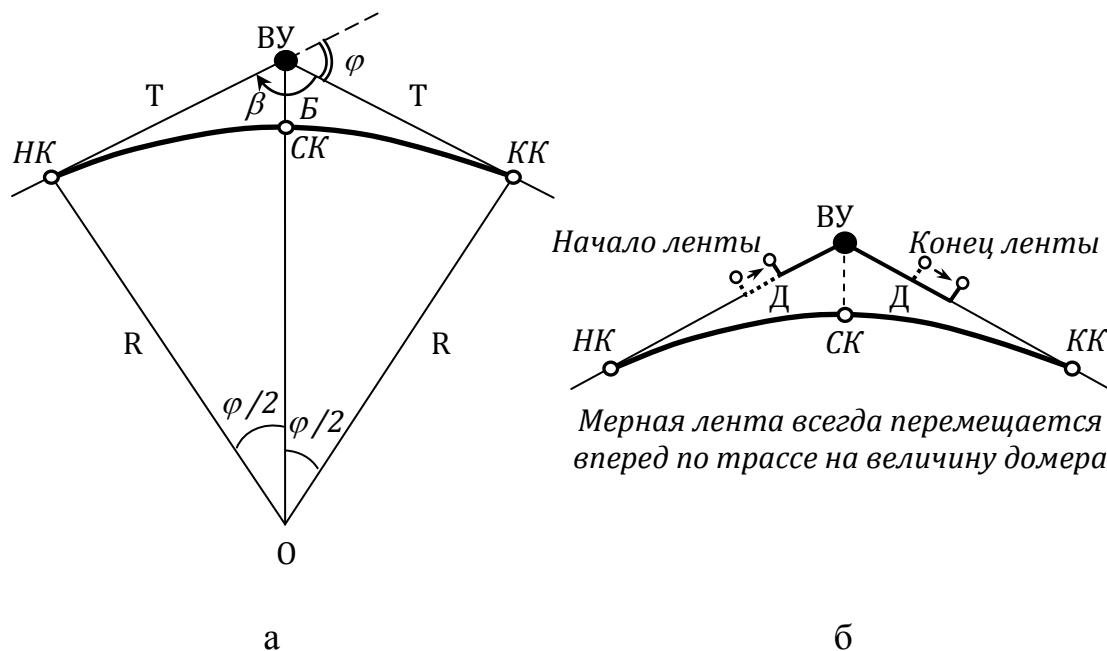
Для обеспечения безопасности и скорости движения автомобильные дороги должны состоять из прямолинейных участков, сопряженных между собой круговыми или переходными кривыми. Последний имеет переменный радиус кривизны. В зависимости от категории дороги и рельефа местности, устанавливаются минимальные радиусы кривых. Так, например, для автомобильных дорог минимальный радиус равен 60 м.

При проектировании и строительстве подъездных и внутриаэродромных дорог в углы поворота трассы вписывают круговые горизонтальные кривые – дуги окружностей. Работы по разбивке кривых и выносу на них пикетов ведет звено пикетажистов.

Разбивка круговых горизонтальных кривых

Прямые участки трассы, рисунок 7.6а, расположенные под углом φ , соединяют круговой кривой по касательным к ней в точках *НК* (начала кривой) и *КК* (конца кривой). Точка *О* является центром круговой кривой с радиусом $R = ОКН = ОКК$. Расстояния от начала кривой *НК* до вершины угла *ВУ* и от вершины угла до конца кривой *КК* равны и называются тангенсами кривой *Т*. Отрезок, соединяющий центр круговой кривой с вершиной угла, делит круговую кривую пополам в средней точке *СК* (середина кривой). Расстояние от вершины угла до середины кривой называется биссектрисой кривой *Б*. Расстояние от *НК* до *КК* по тангенсам всегда длиннее расстояния по кривой на величину, называемую домером *Д*.

Главными точками кривой являются точки начало кривой *НК*, середина кривой *СК* и конец кривой *КК*, а *элементами кривой* – угол поворота трассы φ , радиус кривой *R*, тангенс *Т*, длина кривой *К*, биссектриса угла *Б* и домер *Д*.



а) элементы круговой кривой; б) учет домера при разбивке кривой
Рисунок 7.6 – Разбивка горизонтальных круговых кривых

Элементы круговой кривой выражаются из прямоугольного треугольника, рисунок 7.6а:

1. Тангенс кривой

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \text{ м.} \quad (7.3)$$

2. Длина кривой

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R, \text{ м.} \quad (7.4)$$

3. Биссектриса угла

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right), \text{ м.} \quad (7.5)$$

4. Домер

$$D = 2T - K, \text{ м.} \quad (7.6)$$

Расчет пикетажного положения начала кривой ($\text{ПП}_{\text{НК}}$) и конца кривой ($\text{ПП}_{\text{КК}}$) производят с обязательным контролем вычислений:

1. Вычисления пикетажного положения

$$\left. \begin{aligned} \text{ПП}_{\text{НК}} &= \text{ПП}_{\text{ВУ}} - T \\ \text{ПП}_{\text{КК}} &= \text{ПП}_{\text{НК}} + K \end{aligned} \right\} \quad (7.7)$$

2. Контроль вычислений пикетажного положения

$$\text{ПП}_{\text{КК}} = \text{ПП}_{\text{ВУ}} + T - D. \quad (7.8)$$

Вычитание величины домера при контроле делается потому, что измерение длины трассы производится по прямым элементам ломаных линий, а вписанная в угол поворота кривая короче ломаной, и эта разность между ломаной и кривой и есть домер.

Пикетажное положение середины кривой ($ПП_{СК}$) определяется от точек начала или конца кривой по формулам (7.9).

$$\left. \begin{aligned} ПП_{СК} &= ПП_{НК} + 0,5K \\ ПП_{СК} &= ПП_{КК} - 0,5K \end{aligned} \right\} \quad (7.9)$$

Таким образом, для того чтобы построить кривую необходимо измерить горизонтальный угол β и назначить радиус кривой R . Величина угла поворота трассы φ , элементы кривой T , K , B , D и пикетное положение главных точек кривой $ПП_{НК}$, $ПП_{КК}$, $ПП_{СК}$ вычисляются по формулам.

При практических работах для вычисления основных элементов круговой кривой по известным φ и R пользуются готовыми таблицами (приложение Б), в которых значения элементов кривой даются для различных углов поворота, измеряющихся через 1° дуги и для радиуса, равного 10 м. В пояснениях к таблицам приводятся правила пользования ими. Значение элементов кривых, выбранных из таблиц, записываются в пикетажный журнал, рисунок 7.3, около соответствующего угла поворота справа, если трасса поворачивает вправо или слева, если трасса поворачивает влево. Затем ниже записывается столбиком расчет пикетажного положения точек начала и конца кривой.

Результаты расчетов элементов круговых кривых и пикетажного положения их главных точек для нашего примера представлены ниже.

Кривая 1, рисунок 7.3: $ПП_{ВУ1} = ПК2+50,0$; $\varphi_1 = 38^\circ 45'$; $R_1 = 250$ м.

1. Вычисление элементов кривой

$$T = R_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = 250 \operatorname{tg} \frac{38^\circ 45'}{2} = 250 \cdot 0,35166 = 87,92 \text{ м.}$$

$$K = \frac{\varphi_1}{180^\circ} \pi R_1 = \frac{38,75^\circ}{180^\circ} \cdot 3,1416 \cdot 250 = 169,08 \text{ м.}$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right) = 250 \left(\frac{1}{\cos \frac{38,75^\circ}{2}} - 1 \right) = 250 \cdot 0,06003 = 15,01 \text{ м.}$$

$$D = 2T - K = 2 \cdot 87,92 - 169,08 = 6,75 \text{ м.}$$

2. Вычисление пикетажного положения главных точек кривой

<p style="text-align: center;">Вычисления:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">ВУ</td> <td style="text-align: right;">ПК2+50,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Т</td> <td style="text-align: right;">87,92</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">НК</td> <td style="text-align: right;">ПК1+62,08</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">К</td> <td style="text-align: right;">1+69,08</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК3+31,16</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Вычисления ПП_{ск}:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">НК</td> <td style="text-align: right;">ПК1+62,08</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">0,5К</td> <td style="text-align: right;">84,54</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">СК</td> <td style="text-align: right;">ПК2+46,62</td> </tr> </table>	–	ВУ	ПК2+50,00		Т	87,92				+	НК	ПК1+62,08		К	1+69,08					КК	ПК3+31,16	+	НК	ПК1+62,08		0,5К	84,54					СК	ПК2+46,62	<p style="text-align: center;">Контроль вычислений:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">ВУ</td> <td style="text-align: right;">ПК2+50,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Т</td> <td style="text-align: right;">87,92</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">ПК3+37,92</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">Д</td> <td style="text-align: right;">06,76</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК3+31,16</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Контроль вычислений:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК3+31,16</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">05К</td> <td style="text-align: right;">84,54</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">СК</td> <td style="text-align: right;">ПК2+46,62</td> </tr> </table>	+	ВУ	ПК2+50,00		Т	87,92						ПК3+37,92	–	Д	06,76					КК	ПК3+31,16	–	КК	ПК3+31,16		05К	84,54					СК	ПК2+46,62
–	ВУ	ПК2+50,00																																																																	
	Т	87,92																																																																	
+	НК	ПК1+62,08																																																																	
	К	1+69,08																																																																	
	КК	ПК3+31,16																																																																	
+	НК	ПК1+62,08																																																																	
	0,5К	84,54																																																																	
	СК	ПК2+46,62																																																																	
+	ВУ	ПК2+50,00																																																																	
	Т	87,92																																																																	
		ПК3+37,92																																																																	
–	Д	06,76																																																																	
	КК	ПК3+31,16																																																																	
–	КК	ПК3+31,16																																																																	
	05К	84,54																																																																	
	СК	ПК2+46,62																																																																	

Кривая 2, рисунок 7.3: ПП_{ВУ2} = ПК7+02,0; φ₂ = 42°18'; R₂ = 200 м.

1. Вычисление элементов кривой

$$T = R_2 \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = 200 \operatorname{tg} \frac{42^\circ 18'}{2} = 200 \cdot 0,38687 = 77,37 \text{ м.}$$

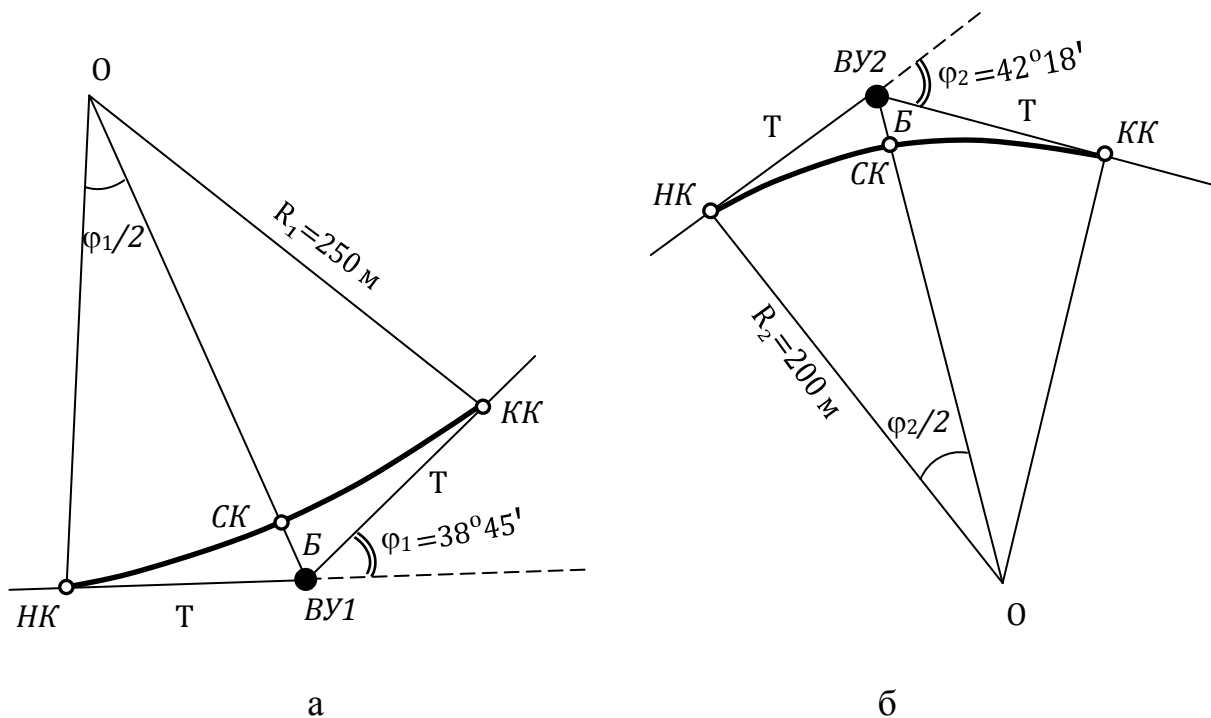
$$K = \frac{\varphi_2}{180^\circ} \pi R_2 = \frac{42,3^\circ}{180^\circ} \cdot 3,1416 \cdot 200 = 147,65 \text{ м.}$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi_2}{2}} - 1 \right) = 200 \left(\frac{1}{\cos \frac{42,3^\circ}{2}} - 1 \right) = 200 \cdot 0,07223 = 14,45 \text{ м.}$$

$$D = 2T - K = 2 \cdot 77,37 - 147,65 = 7,09 \text{ м.}$$

2. Вычисление пикетажного положения главных точек кривой

<p style="text-align: center;">Вычисления:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">ВУ</td> <td style="text-align: right;">ПК7+02,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Т</td> <td style="text-align: right;">77,37</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">НК</td> <td style="text-align: right;">ПК6+24,63</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">К</td> <td style="text-align: right;">1+47,65</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК7+72,28</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Вычисления ПП_{ск}:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">НК</td> <td style="text-align: right;">ПК6+24,63</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">0,5К</td> <td style="text-align: right;">73,82</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">СК</td> <td style="text-align: right;">ПК6+98,45</td> </tr> </table>	–	ВУ	ПК7+02,00		Т	77,37				+	НК	ПК6+24,63		К	1+47,65					КК	ПК7+72,28	+	НК	ПК6+24,63		0,5К	73,82					СК	ПК6+98,45	<p style="text-align: center;">Контроль вычислений:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">+</td> <td style="text-align: right;">ВУ</td> <td style="text-align: right;">ПК7+02,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Т</td> <td style="text-align: right;">77,37</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">ПК7+79,37</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">Д</td> <td style="text-align: right;">07,09</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК7+72,28</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Контроль вычислений:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right;">–</td> <td style="text-align: right;">КК</td> <td style="text-align: right;">ПК7+72,28</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">05К</td> <td style="text-align: right;">73,82</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">СК</td> <td style="text-align: right;">ПК6+98,46</td> </tr> </table>	+	ВУ	ПК7+02,00		Т	77,37						ПК7+79,37	–	Д	07,09					КК	ПК7+72,28	–	КК	ПК7+72,28		05К	73,82					СК	ПК6+98,46
–	ВУ	ПК7+02,00																																																																	
	Т	77,37																																																																	
+	НК	ПК6+24,63																																																																	
	К	1+47,65																																																																	
	КК	ПК7+72,28																																																																	
+	НК	ПК6+24,63																																																																	
	0,5К	73,82																																																																	
	СК	ПК6+98,45																																																																	
+	ВУ	ПК7+02,00																																																																	
	Т	77,37																																																																	
		ПК7+79,37																																																																	
–	Д	07,09																																																																	
	КК	ПК7+72,28																																																																	
–	КК	ПК7+72,28																																																																	
	05К	73,82																																																																	
	СК	ПК6+98,46																																																																	



а) кривая 1; б) кривая 2

Рисунок 7.7 – Разбивка горизонтальных круговых кривых в главных точках

Полученные значения элементов кривой записывают в пикетажный журнал, рисунок 7.3.

По расчетным данным строят планы кривых, рисунок 7.7, в масштабе 1:2000, на которых показывают элементы кривых и пикетажное обозначение их главных точек.

Вынос пикетов с тангенсов на кривую производят после разбивки ее в главных точках способом прямоугольных координат. Эту работу выполняют с целью перемещения на кривую пикетов, временно закрепленных на тангенсах в процессе измерения трассы, так, чтобы между пикетами на кривой и на прямых не нарушалось принятое для трассы пикетажное расстояние.

Прямоугольные координаты пикетов на тангенсах определяют относительно условного начала, расположенного в точках *НК* или *КК* (начало координат), рисунок 7.8. Направление тангенсов принимают за ось абсцисс *x*, а направление по радиусу к центру кривой *O* – за ось *y*.

Положение пикета на кривой относительно начала координат (относительно точек *НК* или *КК*) определяется расстоянием $L_{пк}$, которое задает его положение на тангенсе относительно начальных точек *НК* или *КК*.

Прямоугольные координаты $x_{пк}$ и $y_{пк}$ пикета на кривой определяются из решения прямоугольного треугольника с вершиной в центре круговой кривой *O* по формулам (7.10), рисунок 7.8.

$$\left. \begin{aligned} x_{пк} &= R \sin \varphi_{пк} \\ y_{пк} &= 2R \sin^2 0,5\varphi_{пк} \end{aligned} \right\}, \quad (7.10)$$

где R – радиус круговой кривой; $\varphi_{пк}$ – центральный угол, стягивающий дугу $L_{пк}$.

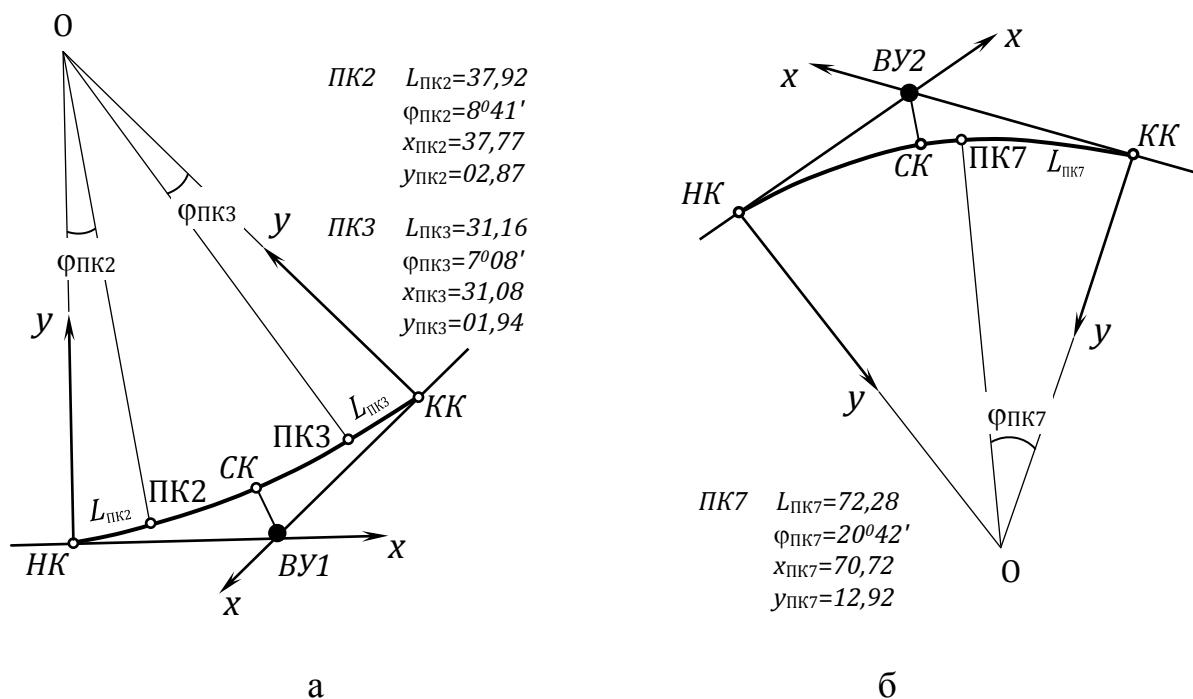


Рисунок 7.8 – Схема выноса пикетов на круговые кривые

Центральный угол $\varphi_{ПК}$ при известном радиусе R определяют по формуле

$$\varphi_{ПК} = \frac{180^{\circ}}{\pi R} L_{ПК}. \quad (7.11)$$

Расстояние $L_{ПК}$ находят по формулам (7.12) как разность значений пикетажных положений пикетной точки $ПП_{ПК}$ и начала кривой $ПП_{НК}$, если пикет находится на переднем тангенсе (рисунок 7.8а), или конца кривой $ПП_{КК}$ и пикетной точки $ПП_{ПК}$, если пикет – на заднем тангенсе (рисунок 7.8б).

$$\left. \begin{aligned} L_{ПК} &= ПП_{ПК} - ПП_{НК} \\ L_{ПК} &= ПП_{КК} - ПП_{ПК} \end{aligned} \right\}. \quad (7.12)$$

Результаты расчетов данных для выноса пикетов на кривую для нашего примера представлены ниже.

Кривая 1, рисунок 7.3: $ПП_{НК} = ПК1+62,08$; $ПП_{КК} = ПК3+31,16$; $R_1 = 250$ м.

1. Выявление пикетов, которые должны располагаться на кривой

Пользуясь значениями пикетажного положения главных точек кривой устанавливаем, что на кривой между этими точками $ПК1+62,08$ и $ПК3+31,16$ будут находиться пикеты $ПК2$ и $ПК3$. При этом вынос на кривую пикета $ПК2$ удобно выполнить от точки $НК$, а пикета $ПК3$ – от точки $КК$.

2. Вычисление длин дуг $L_{ПК2}$ и $L_{ПК3}$ для соответствующих пикетов

$$L_{ПК2} = ПП_{ПК2} - ПП_{НК} = ПК2 - (ПК1+62,08) = 37,92 \text{ м.}$$

$$L_{ПК3} = ПП_{КК} - ПП_{ПК3} = (ПК3+31,16) - ПК3 = 31,16 \text{ м.}$$

3. Вычисление центральных углов $\varphi_{ПК2}$ и $\varphi_{ПК3}$

$$\varphi_{ПК2} = \frac{180^\circ}{\pi R_1} L_{ПК2} = \frac{180^\circ}{3,1416 \cdot 250} \cdot 37,92 = 8,6906^\circ = 8^\circ 41'.$$

$$\varphi_{ПК3} = \frac{180^\circ}{\pi R_1} L_{ПК3} = \frac{180^\circ}{3,1416 \cdot 250} \cdot 31,16 = 7,1413^\circ = 7^\circ 08'.$$

4. Определение координат пикетов на кривой

Координаты ПК2 в системе координат с началом в точке НК:

$$x_{ПК2} = R_1 \cdot \sin \varphi_{ПК2} = 250 \cdot \sin 8^\circ 41' = 250 \cdot 0,151099 = 37,77 \text{ м.}$$

$$y_{ПК2} = 2R_1 \cdot \sin^2 0,5 \varphi_{ПК2} = 2 \cdot 250 \cdot \sin^2 0,5 \cdot 8^\circ 41' = 500 \cdot 0,075767^2 = 2,87 \text{ м.}$$

Координаты ПК3 в системе координат с началом в точке КК:

$$x_{ПК3} = R_1 \cdot \sin \varphi_{ПК3} = 250 \cdot \sin 7^\circ 08' = 250 \cdot 0,124317 = 31,08 \text{ м.}$$

$$y_{ПК3} = 2R_1 \cdot \sin^2 0,5 \varphi_{ПК3} = 2 \cdot 250 \cdot \sin^2 0,5 \cdot 7^\circ 08' = 500 \cdot 0,062279^2 = 1,94 \text{ м.}$$

Кривая 2, рисунок 7.3: $ПП_{НК} = ПК6+24,63$; $ПП_{КК} = ПК7+72,28$; $R_2 = 200 \text{ м.}$

1. Выявление пикетов, которые должны располагаться на кривой

Пользуясь значениями пикетажного положения главных точек кривой устанавливаем, что на кривой между этими точками ПК6+24,63 и ПК7+72,28 будет находиться пикет ПК7. При этом вынос на кривую данного пикета удобно выполнить от точки КК.

2. Вычисление длины дуги $L_{ПК7}$ для заданного пикета

$$L_{ПК7} = ПП_{КК} - ПП_{ПК7} = (ПК7+72,28) - ПК7 = 72,28 \text{ м.}$$

3. Вычисление центрального угла $\varphi_{ПК7}$

$$\varphi_{ПК7} = \frac{180^\circ}{\pi R_2} L_{ПК7} = \frac{180^\circ}{3,1416 \cdot 200} \cdot 72,28 = 20,7066^\circ = 20^\circ 42'.$$

4. Определение координат пикета на кривой

Координаты ПК7 в системе координат с началом в точке КК:

$$x_{ПК7} = R_2 \cdot \sin \varphi_{ПК7} = 200 \cdot \sin 20^\circ 42' = 200 \cdot 0,124317 = 70,72 \text{ м.}$$

$$y_{ПК7} = 2R_2 \cdot \sin^2 0,5 \varphi_{ПК7} = 2 \cdot 200 \cdot \sin^2 0,5 \cdot 20^\circ 42' = 400 \cdot 0,179717^2 = 12,92 \text{ м.}$$

Для выноса пикета с тангенса на кривую на местности поступают следующим образом:

1. Если пикет находится на переднем тангенсе (ПК2, рисунок 7.8 а), то нужно отложить от него назад по ходу величину $\Delta x_{ПК}$ и от полученной точки восстановить перпендикулярный отрезок $u_{ПК}$,

$$\Delta x_{ПК} = L_{ПК} - x_{ПК} \dots \quad (7.13)$$

2. Если пикет находится на заднем тангенсе (ПК3, рисунок 7.8 а), то нужно отложить от него вперед по ходу величину $\Delta x_{ПК}$ и от полученной точки аналогично восстановить перпендикулярный отрезок $u_{ПК}$.

7.2 Рекомендации по выполнению задания

7.2.1 Общие рекомендации

Руководитель распределяет состав бригады на звенья по видам работ, таблица 7.2. Непосредственно на местности он определяет начало и конец трассы, ее направление и ставит задачу звену трассировщиков и звену пикетажистов на выполнение работ по нивелированию трассы автомобильной дороги.

При выполнении работ по трассированию, разбивке пикетажа и круговых горизонтальных кривых необходимо руководствоваться вышеизложенными требованиями и практическими рекомендациями.

Итогом работы по трассированию, разбивке пикетажа и круговых горизонтальных кривых будет:

- разбитые в поле пикетаж и круговые кривые;
- заполненные угломерный и пикетажный журналы.

7.2.2 Рекомендации по выполнению работ звеном трассировщиков

Получив задачу, старший бригады (техник-геодезист) в составе звена трассировщиков должен обойти участок местности по заданному направлению, наметить полосу съемки и выбрать места углов поворота трассы. Техник закрепляет вершины углов кольями со сторожками и выставляет в них вехи. При прокладке теодолитного хода вешение линии производить только в том случае, если ее длина превышает 100 м. Техник-геодезист работает с прибором. Горизонтальные углы необходимо измерять полным приемом, при этом центр сетки нитей зрительной трубы наводить на основание вехи. Прямые и обратные магнитные азимуты измерять начальной и конечной линий теодолитного хода. Биссектрису угла разбивать при двух положениях вертикального круга. Регистратор ведет угломерный журнал аккуратно простым карандашом.

7.2.3 Рекомендации по выполнению работ звеном пикетажистов

Линии измеряют два мерщика мерной лентой ЛЗ-20 в комплекте с 6 шпильками, что обеспечивает ими одноразовое отложение 100-метрового расстояния. При этом задний мерщик руководит передним, выставляя его в створе измеряемой линии. Оба техника закрепляют кольями и сторожками все пикетные и плюсовые точки по оси трассы, с помощью экера на каждом пикете восстанавливают перпендикуляры и закрепляют точки на поперечниках. Регистратор производит съемку местных предметов и ситуации способом перпендикуляров и ведет пикетажный журнал аккуратно простым карандашом. При этом мерщики не перетаскивают мерную ленту до тех пор, пока не будет на это команды регистратора. Перпендикуляр от оси трассы до контура местности регистратор восстанавливает на глаз, а его длину измеряет рулеткой.

Таблица 7.2 – Состав звеньев бригады для нивелирования трассы транспортного сооружения

Наименование звена и количество личного состава	Состав звена	Оснащение звена	Виды работ
Звено трассировщиков (3 чел.)	Техник-геодезист – 1 Регистратор – 1 Техник – 1	Теодолит 2Т-30 в комплекте – 1 Вехи геодезические – 2 Топор – 1 Колья и сторожки деревянные в комплекте (на 2 угла поворота) – 1 Угломерный журнал – 1	1 Рекогносцировка участка местности, выбор и закрепление углов поворота трассы, назначенные радиусов круговых кривых 2 Прокладка по трассе геодезического хода: – вешение линий – измерение горизонтальных углов полным приемом – измерение прямых и обратных магнитных азимутов линий – определение углов поворота трассы – разбивка и закрепление биссектрисы угла 3 Ведение угломерного журнала
Звено пикетажистов (5 чел.)	Мерщик – 2 Регистратор – 1 Техник – 2	Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте – 1 Топор – 1 Колья и сторожки деревянные в комплекте (на 8 пикетов и 2 кривые) – 1 Эжер – 1 Вехи геодезические – 1 Рулетка 10 м – 1 Пикетажный журнал – 1	1 Измерение линий по оси трассы 2 Разбивка и закрепление пикетных и плюсовых точек по оси трассы, точек на поперечниках 3 Разбивка и закрепление круговой горизонтальной кривой в ее главных точках 4 Перенос пикетов с тангенсов на кривую 5 Съёмка местных предметов и ситуации в поперечном сечении трассы способом перпендикуляров 6. Ведение пикетажного журнала
Звено нивелировщиков (4 чел.)	Техник-геодезист – 1 Регистратор – 1 Реечник – 2	Нивелир Н-3К в комплекте – 1 Рейка нивелирная РН-3-3000С – 2 Башмаки для реек – 2 Нивелирный журнал прямого хода – 1 Нивелирный журнал обратного хода – 1	1 Геометрическое нивелирование оси трассы и поперечников в прямом направлении 2 Геометрическое нивелирование пикетных и связующих точек на оси трассы в обратном направлении 3 Ведение нивелирных журналов

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

НИВЕЛИРОВАНИЕ ОСИ ТРАССЫ И ПОПЕРЕЧНИКОВ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков продольно-поперечного нивелирования.
2. Приобретение навыков в ведении нивелирного журнала.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Высотная привязка трассы.
2. Продольное нивелирование оси трассы и поперечников.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Нивелир Н-3К (Н-3) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 2 шт. |
| 3. Башмаки для реек | – 2 шт. |
| 4. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Что называется нивелированием?
2. Сущность и порядок продольного нивелирования.
3. Что такое горизонт инструмента и как он определяется?
4. Что означает произвести привязку точки и какие особенности при прокладке нивелирного хода?
5. Изложите порядок работы на станции при нивелировании трассы.
6. Как ведется контроль хода при нивелировании трассы?

8.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Продольное нивелирование выполняют по разбитому пикетажу трассы с целью определения отметок всех закрепленных на местности пикетных и плюсовых точек, точек на поперечниках и главных точек кривых.

Нивелирование трассы ведет звено нивелировщиков путем проложения замкнутого, разомкнутого или висячего хода технического нивелирования.

Техническое нивелирование выполняется способом из середины по двухсторонним рейкам с контролем превышений по черной и красной сторонам реек.

Нивелирование трассы включает следующие виды работ:

- 1) высотная привязка трассы;
- 2) продольное нивелирование оси трассы и поперечников.

8.1.1 Высотная привязка трассы

Привязка хода к реперу производится с целью определения отметок точек трассы, а также для контроля нивелирования.

Для привязки трассы нивелир устанавливают между репером Рп1 и нулевым пикетом ПК0, рисунок 8.1, и передают отметку непосредственно с репера на пикет. Если репер находится сравнительно далеко, то прокладывают отдельно связующий ход в несколько станций без разбивки пикетажа. При этом нивелирные рейки ставятся на башмаки. В случае, если репер совпадает с нулевым пикетом, то за отметку ПК0 считают отметку земли. Кол, отмечающий ПК0, забивают рядом с репером вровень с землей, а затем нивелируют его как промежуточную точку.

После высотной привязки трассы приступают к нивелированию оси трассы и поперечников.

8.1.2 Продольное нивелирование оси трассы и поперечников

Нивелирование трассы заключается в последовательном выполнении операций по снятию отсчетов по рейкам на каждой станции и записи их в нивелирный журнал.

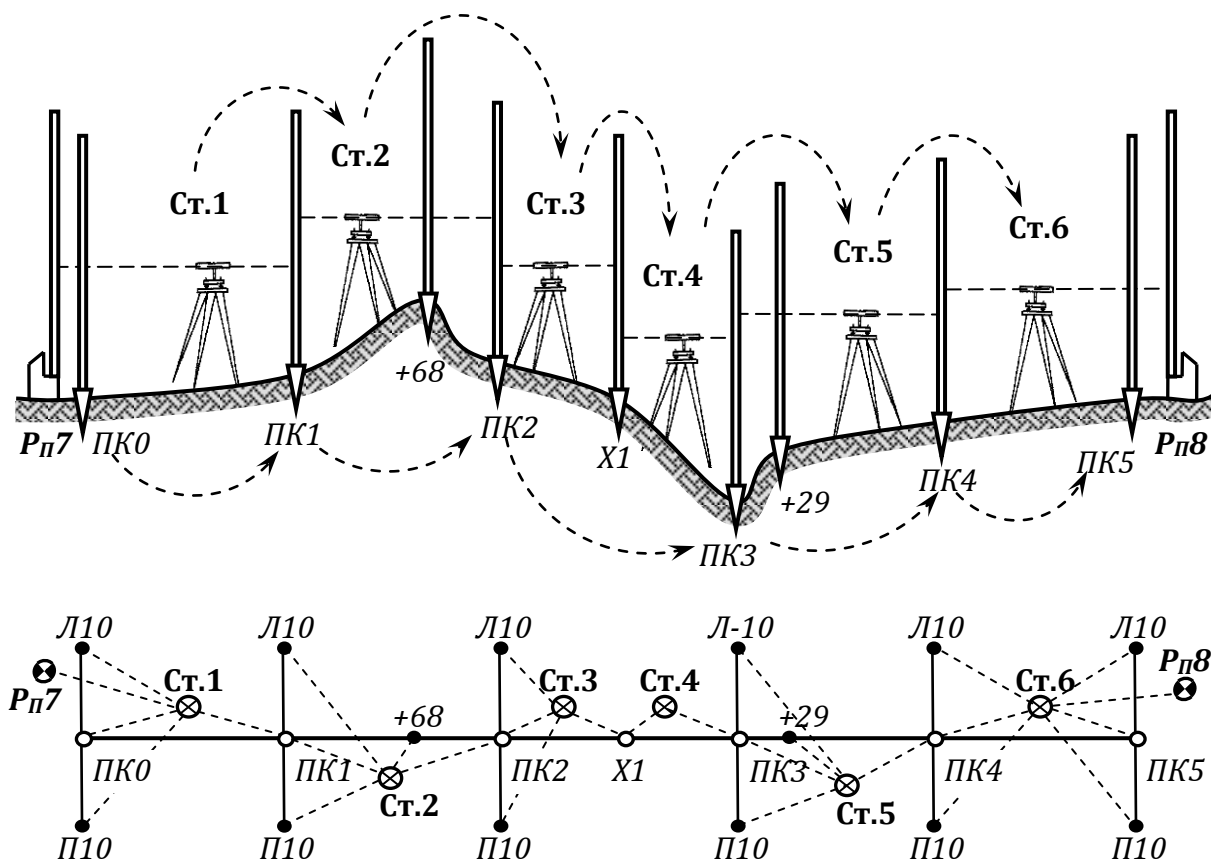


Рисунок 8.1 – Нивелирование оси трассы и поперечников

Положение станции выбирается с таким расчетом, чтобы нивелир стоял на одинаковом расстоянии от заднего и переднего пикета (равенство плеч), и чтобы можно было взять отсчеты по рейке со всех пикетных и плюсовых точек и точек на поперечниках, обозначенных в пикетажном журнале.

Разность плеч допускается в пределах 5 м. Расстояния от нивелира до пикета определяются на глаз и контролируются шагами или по нитяному дальномеру. Рейки для технического нивелирования уровней не имеют, поэтому при снятии отсчетов их нужно покачивать вперед назад. При этом наблюдатель снимает наименьший отсчет. Если отсчет по рейке менее 1000 мм, то качать рейку не следует, так как ошибка от качания может превзойти ошибку от наклона рейки.

Нивелирование начинают с первой станции, рисунок 8.1.

На пикетах ПК0 и ПК1 ставят нивелирные рейки, а между ними устанавливают нивелир так, чтобы расстояния от него до реек были приблизительно одинаковыми. При этом не обязательно, чтобы нивелир был установлен строго на оси трассы. Рейка на ПК0 считается задней, а на ПК1 - передней. Далее снимаются отсчеты по черной и красной сторонам задней и передней реек с записью результатов в нивелирный журнал. Затем задний реечник последовательно обходит все промежуточные точки (плюсовые и на поперечниках) и снимаются на них отсчеты только по черной стороне рейки, которые также записываются в нивелирный журнал. Снимать нивелир и переходить на другую станцию рекомендуется только после выполнения контроля работ - окончания всех записей и вычислений в журнале, относящихся к данной станции. Если черные и красные превышения на станции разнятся между собой более чем на 5 мм, то измерения нужно выполнить повторно.

При переходе на другую станцию задний реечник уходит на пикет ПК2, а передний реечник становится задним, оставаясь на пикете ПК1 и так далее.

При нивелировании на крутых склонах иногда невозможно выполнить нивелирование заднего и переднего пикетов с одной станции – горизонтальный луч либо упирается в землю, либо идет поверх рейки. Тогда в процессе нивелирования устанавливают дополнительные точки, которые называют *иксовыми* и обозначают, например X1 (рисунок 8.1).

Иксовые точки нужны только на время нивелирования для передачи отметки с пикета на пикет и закрепляются на местности временно башмаками. Расстояние до них не измеряется, так как они не являются характерными точками рельефа, а служат как связующие между пикетами.

Для исключения ошибок нивелирования необходимо строго соблюдать установленный порядок работы на станции.

Таблица 8.1 – Журнал технического нивелирования трассы автодороги

Наблюдал Иванов П.С.
 Вычислял Петров И.Г.

Нивелир 2Н10КЛ № 03687
 Погода ясно, слабый ветер

Номер станции	Номера точек		Отсчеты, мм			Превышения, мм	Средние превышения, мм		Горизонт прибора, м	Отметки точек, м
	связующих	промежуточных	задние	промежуточные	передние		вычисленные	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	РП7		0346 <u>5033</u> 4687				+2 -2432 <u>-2434</u>			131,182
2	ПК0		1861 <u>6550</u> 4689		2778 <u>7467</u>		+2 702 <u>704</u>			128,751
3	ПК1		0219 <u>4906</u> 4687		1159 <u>5846</u>		+2 -2767 <u>-2767</u>			129,456
4	Х1		0074 <u>4762</u> 4688		2986 <u>7673</u>		+2 -2884 <u>-2883</u>			126,691
5	ПК2		0348 <u>5035</u> 4687		2958 <u>7645</u>		+2 -787 <u>-785</u>		124,157	123,809
		+40		1666	4687	-787	-786	-784	<u>124,158</u>	122,492
		П25		0135						124,023
		Л10		2690						121,468
6	ПК3		0113 <u>4799</u> 4686		1135 <u>5820</u>		+2 -619 <u>-620</u>		124,160	123,288
		+80		0643	4685	-619 <u>-620</u>	-620	-618	<u>123,1385</u>	123,025
7	ПК4		0728 <u>5413</u> 4685		0732 <u>5419</u>		+2 -2131 <u>-2133</u>		123,139	122,407
8	Х2		0050 <u>4735</u> 4685		2859 <u>7546</u>		+2 -1040 <u>-1041</u>			120,277
	ПК5				1090 <u>5776</u> 4686					119,238
Постраничный контроль			44972		68889	-23917	-11959			
			-23917							

Продолжение таблицы 8.1

Номер станции	Номера точек		Отсчеты, мм			Превышения, мм	Средние превышения, мм		Горизонт прибора, м	Отметки точек, м
	связующих	промежуточных	задние	промежуточные	передние		вычисленные	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	ПК5	+30 +85	1501 <u>6188</u>	2877 2881		0444 <u>0446</u>	+2 0445	0447	120,739	119,238
			4687						117,864	
			4685						117,860	
10	ПК6		2249 <u>6934</u>		1057 <u>5742</u>	2002 <u>2002</u>	+2 2002	2004	120,741	119,685
			4685						120,742	
11	ПК7		2734 <u>7421</u>		0247 <u>4932</u>	0807 <u>0809</u>	+2 0808	0810	121,689	
			4687							
12	ПК8	+50	1891 <u>6576</u>	2510	1927 <u>6612</u>	1459 <u>1459</u>	+2 1459	1461	124,390	122,499
			4685						121,881	
			4685						124,392	
13	ПК9		2330 <u>7016</u>		0432 <u>5117</u>	0711 <u>0713</u>	+2 0712	0714	123,960	
			4686							
14	ПК10		1591 <u>6278</u>		1619 <u>6303</u>	0896 <u>0896</u>	+2 0896	0898	124,674	
			4687							
15	ПК11	+35	1317 <u>6001</u>	1030	0695 <u>5382</u>	0527 <u>0525</u>	+2 0526	0528	126,889	125,572
			4684						125,859	
			4684						124,288	
	Рп8	КТ+80,84		2601	0790 <u>5476</u> 4686				126,889	126,099
Постраничный контроль			60027		46331	13696	6848		Контроль	
						13696				

Результаты вычисления превышений на станциях нивелирного хода с контролем нивелирования с использованием формул (8.1 – 8.4) для нашего примера представлены в нивелирном журнале, таблица 8.1.

Контроль работы при нивелировании по двухсторонним рейкам

Правильность записей и вычислений в нивелирном журнале контролируется по каждой его странице, т.е. выполняется постраничный контроль. Для этого каждая страница нивелирного журнала, таблица 8.1, должна начинаться с записи отсчета по задней рейке и заканчиваться записью отсчета по передней рейке. На каждой странице подсчитывается сумма всех задних Σa и передних Σb отсчетов, суммируются все превышения со своими знаками и вычисляется общее превышение Σh .

Полученные результаты должны отвечать равенству

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h}{2} = \Sigma h_{cp}. \quad (8.5)$$

В нашем примере нивелирный журнал содержит 2 страницы, на первой из которых 8 станций, а на второй – 7 (с 9 по 15).

Страница 1: $\Sigma a_1 = 44972$; $\Sigma b_1 = 68889$; $\Sigma h_1 = -23917$; $\Sigma h_{cp1} = -11959$.

$$\frac{\Sigma a_1 - \Sigma b_1}{2} = \frac{44972 - 68889}{2} = -11958,5 \text{ мм.}$$

$$\frac{\Sigma h_1}{2} = \frac{-23917}{2} = -11958,5 \text{ мм.}$$

Страница 2: $\Sigma a_2 = 60027$; $\Sigma b_2 = 46331$; $\Sigma h_2 = 13696$; $\Sigma h_{cp2} = 6848$.

$$\frac{\Sigma a_2 - \Sigma b_2}{2} = \frac{60027 - 46331}{2} = 13696 \text{ мм.}$$

$$\frac{\Sigma h_2}{2} = \frac{13696}{2} = 6848 \text{ мм.}$$

Расхождения до 2 мм допускаются. Они могут возникнуть за счет округления значений средних превышений до целого числа мм.

Если имеются расхождения более 2 мм, то необходимо найти и исправить допущенную в записях или вычислениях ошибку. Переворачивать страницу нивелирного журнала запрещается, если не выполнен постраничный контроль. На последней странице нивелирного журнала, независимо от того, заполнена она полностью, или нет, обязательно выполняется постраничный контроль.

8.2 Общие рекомендации по выполнению задания

Руководитель создает из состава группы одно или два звена нивелировщиков, таблица 7.2. Непосредственно на местности он ставит задачу на выполнение работ по нивелирной съемке трассы автомобильной дороги путем проложения висячего хода. Висячий ход нивелируется дважды – в прямом и обратном направлениях, либо два раза в прямом направлении.

Если создано одно звено нивелировщиков, то ими выполняется прямой и обратный нивелирные ходы по трассе. Если создано два звена нивелировщиков, то они оба нивелируют трассу в прямом направлении. Причем первое звено выполняет основной ход, а второе – контрольный. Прямой и основной ходы выполняются с нивелированием всех точек (связующих и промежуточных), а обратный и контрольный – ведутся только по связующим пикетам. Задача обратного (контрольного) хода заключается в получении суммы превышений по трассе.

Согласно заданию для висячего хода, высотную привязку трассы производить в начале к исходному реперу Рп7, рисунок 8.1.

При установке нивелира ножки штатива вдавливать в землю плавно, без удара. Головка штатива должна быть горизонтальна, иначе хода подъемных винтов может не хватить для установки круглого уровня.

Рейки ставить на верх кола (или сферу башмака) без удара. Перед установкой рейки следует убедиться, что колья не качаются и торцы их не разбиты. Если верхняя часть кола не горизонтальна, то рейку каждый раз нужно ставить однообразно – на наивысшую точку кола. Пята рейки должна быть чистой, без прилипшей к ней земли или травы.

Итогом работы рабочей бригады будут заполненные нивелирные журналы прямого (основного) и обратного (контрольного) ходов.

При заполнении нивелирных журналов требуется неукоснительно соблюдать следующие правила:

1) журналы следует заполнять аккуратно, все цифры и буквы должны быть записаны четко и разборчиво;

2) исправление цифр и их подчистка, а также написание цифры по цифре не допускаются;

3) ошибочные отсчеты зачеркивают одной чертой и справа указывают «ошибочно» или «описка», а правильные результаты надписывают сверху;

4) все записи в журналах ведут простым карандашом средней твердости, чернилами или шариковой ручкой; использование для этого химических или цветных карандашей запрещено;

5) в ходе полевых работ страницы с забракованными результатами измерений зачеркивают по диагонали одной чертой, указывают причину брака и номер страницы, на которой помещены результаты повторных измерений;

6) журналы заполняют таким образом, чтобы другие исполнители, не участвующие в полевых работах, могли безошибочно выполнить последующую обработку результатов измерений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ, ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА И ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков вычислительной обработки результатов полевых измерений.
2. Приобретение навыков в составлении плана и профиля трассы.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Расчет длин и дирекционных углов прямолинейных участков трассы. Составление ведомости углов поворота, кривых и прямых
2. Вычисление координат вершин углов поворота трассы. Построение и оформление плана трассы.
3. Обработка результатов технического нивелирования. Заполнение нивелирного журнала.
4. Построение и оформление продольного и поперечного профилей трассы.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Ватман, формат А-2 (22) | – 1 лист |
| 2. Бумага миллиметровая, формат А-2 (22) | – 1 лист |
| 3. Геодезический транспортир | – 2 шт. |
| 4. Чертежная доска | – 2 шт. |
| 5. Чертежные принадлежности | – 1 комплект |
| 6. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Как вычисляют высотную невязку и выполняют уравнивание нивелирного хода?
2. Как определяют отметки пикетных и плюсовых точек трассы?
3. Что собою представляет продольный профиль трассы сооружения?
4. Как вычерчивается профиль черной поверхности земли?
5. Как определяют длины прямолинейных участков трассы?
6. Как определяют расстояния между вершинами углов поворота трассы?
7. Как определяют дирекционные углы прямолинейных участков трассы?
8. Что собою представляет план трассы сооружения?
9. Как вычерчивается ось трассы на плане?

9.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов

Камеральные работы по обработке результатов полевых измерений нивелирования трассы автомобильной дороги состоят из пяти самостоятельных этапов:

1. Определение длин и направлений прямолинейных участков трассы, заполнение ведомости углов поворота, кривых и прямых.
2. Вычисление координат вершин углов поворота трассы и заполнение ведомости координат.
3. Построение плана трассы.
4. Вычисление отметок нивелирного хода.
5. Построение продольного и поперечных профилей трассы.

9.1.1 Расчет длин и дирекционных углов прямолинейных участков трассы. Составление ведомости углов поворота, кривых и прямых

Для определения координат вершин углов поворота трассы и последующего построения плана трассы вычисляют длины и дирекционные углы прямолинейных участков. Расчеты ведут в ведомости углов поворота, кривых и прямых, таблица 9.1. Из пикетажного журнала и журнала измерения углов в ведомость заносятся основные точки трассы (*НТ, НК, КК, КТ*) и значения их пикетажного положения (*ПП_{НТ}, ПП_{НК}, ПП_{КК}, ПП_{КТ}*), исходное направление (α_{0-1}) и углы поворота трассы в точках *ВУ1* и *ВУ2* (φ_1 и φ_2), значения пикетажного положения вершин углов поворота трассы (*ПП_{ВУ1}* и *ПП_{ВУ2}*), рассчитанные ранее элементы кривых (*T, K, Б, Д*) по заданным радиусам R_1 и R_2 их закругления.

Вычисление длин прямолинейных участков трассы

Расстояние S между вершинами углов поворота трассы определяется с учетом домера D как разность значений их последующего *ПП_{ВУ(посл)}* и предыдущего *ПП_{ВУ(пред)}* пикетажных положений по формуле

$$S = \text{ПП}_{ВУ(посл)} - \text{ПП}_{ВУ(пред)} + D_{пред}, \quad (9.1)$$

где $D_{пред}$ – домер предыдущего угла поворота трассы.

Длина прямой вставки P на участке между смежными кривыми определяется как разность расстояния S между углами поворота трассы и их предыдущим $T_{пред}$ и последующим $T_{посл}$ тангенсами по формуле

$$P = S - T_{пред} - T_{посл}. \quad (9.2)$$

Длину трассы $L_{тр}$ определяют по формуле

$$L_{тр} = \sum P + \sum K, \quad (9.3)$$

где $\sum P$ – сумма прямых вставок между смежными кривыми, м; $\sum K$ – сумма длин кривых, м.

Таблица 9.1 – Ведомость углов поворота, кривых и прямых

№ вершин	Углы				Кривые								Прямые		
	Положение ВУ	Величина Φ		Радиус $R, м$	Тангенс $T, м$	Кривая $K, м$	Биссектриса $B, м$	Домер $D, м$	Положение НК $ПП_{НК}$	Положение КК $ПП_{КК}$	Прямая вставка $P, м$	Расстояние между ВУ $S, м$	Дирекционный угол α		
		Влево	Вправо												
1	2	3	4	5	6	7	9	8	10	11	12	13	14		
НТ	ПК0														
1	ПК2+50,00	38° 45'	0'	250	87,92	169,08	15,01	6,75	ПК1+62,08	ПК3+31,16	162,08	250,00	114° 0' 27"		
2	ПК7+02,00	0'	42° 18'	200	77,37	147,66	14,45	7,09	ПК6+24,63	ПК7+72,28	293,46	458,75	75° 0' 42"		
КТ	ПК11+80,84										408,56	485,93	118° 0' 0"		
				$\Sigma \Phi_{л}$	ΣT	ΣK	ΣD	ΣS	ΣP	$\alpha_{кр} - \alpha_{нт}$	ΣS	ΣS			
				38° 45'	165,29	316,73	13,85		864,11	3° 33'	1194,69	1180,84	3° 33'		
				$\Sigma \Phi_{пр} - \Sigma \Phi_{л}$	$2 \Sigma T - \Sigma K$				$\Sigma P + \Sigma K$		$\Sigma S - \Sigma D$	$\Sigma S - \Sigma D$			
				3° 33'	13,85				1180,84		1180,84	1180,84			

Контроль вычислений: $\Sigma \Phi_{пр} - \Sigma \Phi_{л} = \alpha_{КТ} - \alpha_{НТ} = 3^{\circ} 33'$
 $2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D = 13,85 м$
 $\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma D = 1180,84 м$

Дирекционные углы прямолинейных участков трассы вычисляют через ее правые (левые) углы поворота $\varphi_{np(l)}$ по формуле

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} \pm \varphi_{np(l)}, \quad (9.4)$$

где $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол последующего прямолинейного участка; $\alpha_{\text{пред}}$ – дирекционный угол предыдущего прямолинейного участка; знак «+» применяют если угол поворота правый, а «-» если левый.

Общий контроль правильности заполнения ведомости углов поворота, кривых и прямых состоит из контроля правильности вычисления углов, элементов кривых и длины трассы.

Контроль правильности вычисления углов производят по формулам

$$\text{или} \left. \begin{aligned} \sum \varphi_{np} - \sum \varphi_{л} &= \alpha_n - \alpha_o \\ \sum \varphi_{np} - \sum \varphi_{л} &= r_{KT} - r_{HT} \end{aligned} \right\}, \quad (9.5)$$

где $\sum \varphi_{np}$ – сумма углов поворота трассы вправо; $\sum \varphi_{л}$ – сумма углов поворота трассы влево; α_n и α_o – дирекционные углы конечного и начального направлений; r_{KT} и r_{HT} – румбы конечного и начального направлений трассы.

Разница между суммами правых и левых углов поворота трассы должна быть точно равна разности дирекционных углов (или румбов) конечного и начального направлений трассы.

Контроль правильности вычисления элементов кривых производят по формуле

$$2\sum T - \sum K = \sum D, \quad (9.6)$$

где $\sum T$ – сумма тангенсов, м; $\sum D$ – сумма домеров, м.

Контроль правильности вычисления длины трассы L_{mp} осуществляют по формуле

$$\sum S - \sum D = L_{mp} = \sum P + \sum K, \quad (9.7)$$

где $\sum S$ – сумма расстояний между вершинами углов поворота трассы, м.

Значения длин трассы, полученные по формулам (9.3 и 9.7), должны быть равны между собой.

Результаты вычислений длин прямых и кривых, дирекционных углов прямолинейных участков трассы отражают на схеме расположения прямых и кривых, которая представлена на рисунке 9.1.

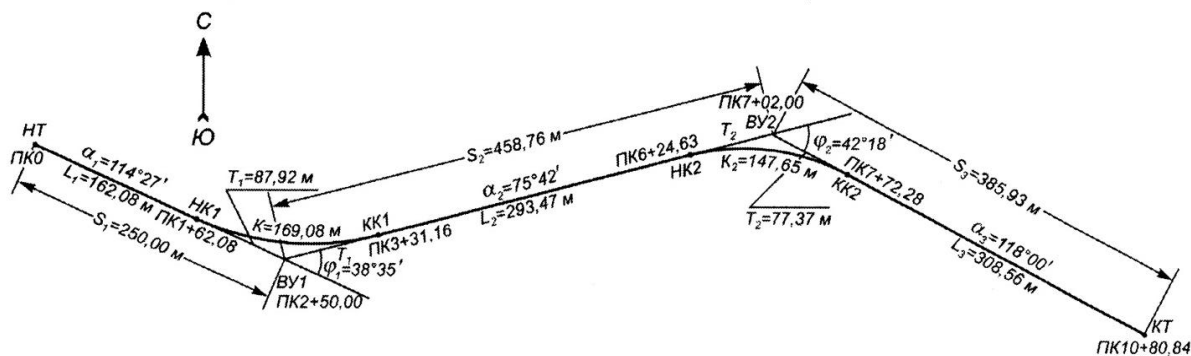


Рисунок 9.1 – Схема расположения прямых и кривых

9.1.2 Вычисление координат вершин углов поворота трассы

Для построения плана трассы **вычисляют координаты вершин углов поворота** ($ВУ1$ и $ВУ2$) и **точки – конец трассы** ($КТ$), расчет которых ведут по данным таблицы 9.1, путем решения прямой геодезической задачи – по формулам (9.8). Для вычислений используют микрокалькулятор.

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= d \cos \alpha; & \Delta Y &= d \sin \alpha \\ X_{п} &= X_3 + \Delta X; & Y_{п} &= Y_3 + \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (9.8)$$

где α – дирекционный угол прямолинейного участка трассы между вершинами углов ($ВУ$); ΔX и ΔY – приращения координат по осям X и Y ; $X_{п}$ и $Y_{п}$, X_3 и Y_3 – соответственно координаты передней и задней точек по оси трассы.

Результаты вычислений координат углов поворота трассы заносят в ведомость координат, таблица 9.2. В нашем примере координаты начала трассы $X_{HT} = 7885,360$ и $Y_{HT} = 6384,570$.

Таблица 9.2 – Ведомость вычисления координат вершин углов поворота трассы

№ вершин	Расстояние между ВУ S , м	Дирекционный угол, α	Приращения координат, м		Координаты, м	
			ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7
HT					7885,360	6384,570
	250,00	114°27'	-103,475	227,581		
$ВУ1$					7781,885	6612,151
	458,75	72°42'	113,312	444,539		
$ВУ2$					7895,197	7056,690
	485,93	118°00'	-228,132	429,053		
$КТ$					7667,065	7485,743

9.1.3 Построение и оформление плана трассы

План трассы составляют в масштабе 1:5000 на основе ведомости координат, данных пикетажного журнала, ведомости углов поворота трассы, кривых и прямых и схемы расположения прямых и кривых.

На листе ватмана (407x288 мм) строят сетку прямоугольных координат по сторонам квадрата 10x10 см. Сетка подписывается по осям X и Y с учетом масштаба плана. В соответствии с координатами вершин сетки квадратов на план наносят ось трассы, поперечники и кривые. Местные предметы наносятся с пикетажного журнала по способу прямоугольных координат и линейных засечек. На плане подписывают пикеты и их отметки. План вычерчивается в соответствии с условными знаками для топографических планов заданного масштаба.

Построение и оцифровка координатной сетки. Расчет необходимого числа горизонтальных и вертикальных рядов квадратов координатной сетки ведут по формулам (6.1).

В нашем примере для масштаба 1:5000 шаг сетки равен $l_m = 10$ см, что соответствует 500 м на местности. Следовательно, минимальные и максимальные значения координат вершин углов поворота трассы округляли до целых метров с кратностью 500 м.

Результаты вычислений представлены в таблице 9.3, согласно которым размер сетки равен 1х3 квадратов (10х30 см).

Таблица 9.3 – Расчет размера сетки квадратов

Вертикальные ряды сетки квадратов		Горизонтальные ряды сетки квадратов	
Обозначение	Результаты расчета	Обозначение	Результаты расчета
X_{max}	7895,197 м \approx 8000 м	Y_{max}	7485,743 м \approx 7500 м
X_{min}	7667,065 м \approx 7500 м	Y_{min}	6384,570 м \approx 6000 м
Δx	500 м	Δy	1500 м
$n_x = \frac{\Delta x}{l_m \text{ м}}$	$\frac{500}{0,1 \cdot 5000} = 1$	$n_y = \frac{\Delta y}{l_m \text{ м}}$	$\frac{1500}{0,1 \cdot 5000} = 3$

Координатную сетку строят на листе ватмана простым остро отточенным твердым карандашом с помощью линейки Дробышева ЛД-1 или по диагоналям.

В нашем примере началом координат выбран юго-западный угол сетки с оцифровкой по рассчитанным минимальным значениям ($X_{min} = 7500$ м; $Y_{min} = 6000$ м), что позволяет разместить изображение участка местности по середине листа. От выбранных начальных осей подписывают координаты X и Y всех остальных линий сетки с увеличением на 500 м (рисунок 9.2).

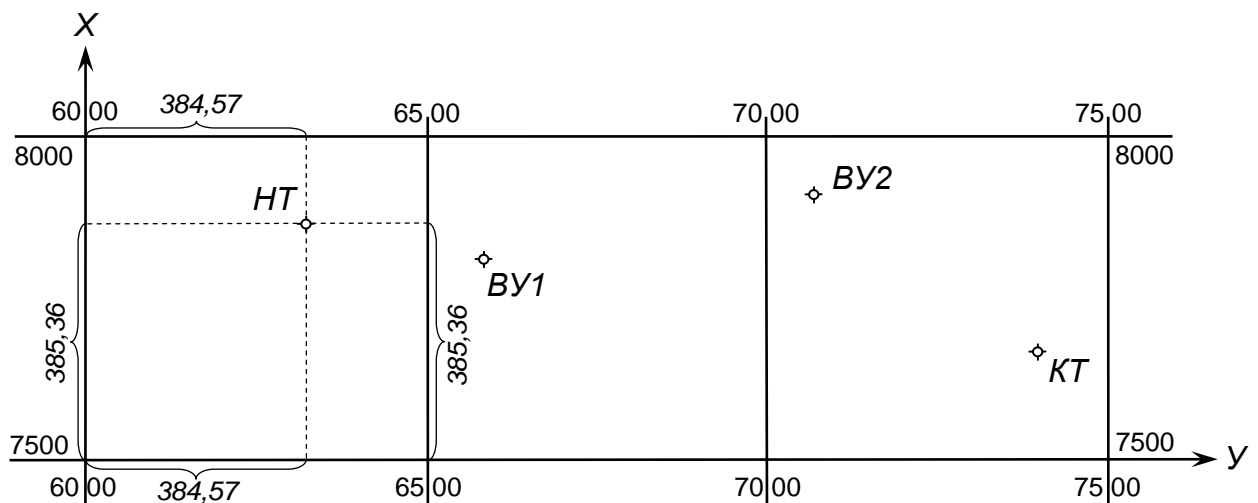


Рисунок 9.2 – Оцифровка координатной сетки и построение точек по координатам

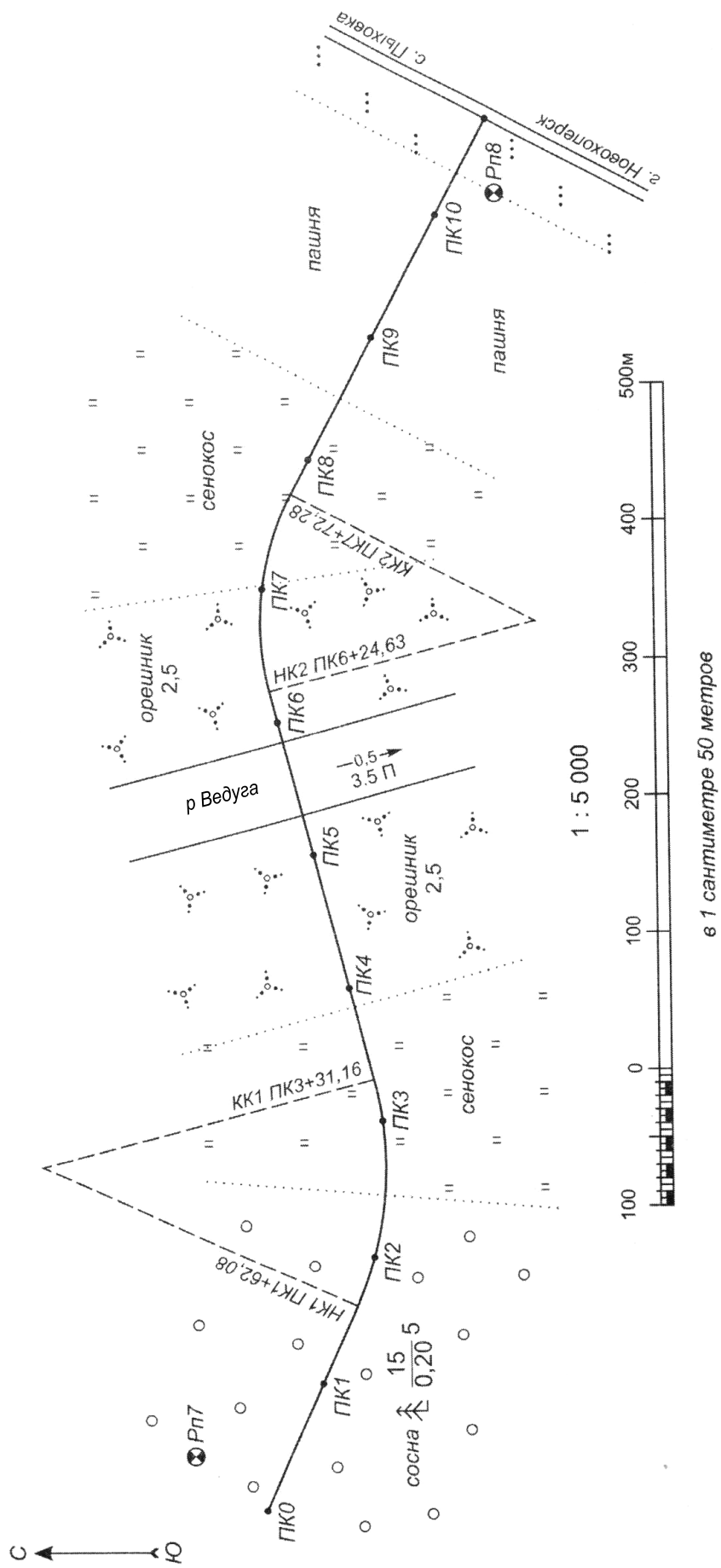


Рисунок 9.3 – План трассы автомобильной дороги

Нанесение точек оси трассы на план производят по координатам. В нашем примере координаты точек *HT*, *ВУ1*, *ВУ2* и *КТ* записаны в графах 6 и 7 ведомости координат, таблица 9.2. Для построения данных точек используют циркуль-измеритель и поперечный масштаб. Пример построения точки *HT* показан на рисунке 9.2.

Правильность нанесения на план оси трассы проверяют по длинам прямолинейных участков и их дирекционным углам.

Контроль графических построений осуществляют в следующей последовательности:

1) сравнить горизонтальные проложения, измеренные циркулем-измерителем на плане и имеющиеся во 2 графе ведомости координат, таблица 9.2. Допустимое расхождение ± 2 мм;

2) сравнить дирекционные углы прямолинейных участков трассы (между точками *HT* и *ВУ1*, *ВУ1* и *ВУ2*, *ВУ2* и *КТ*), измеренные геодезическим транспортом на плане и имеющиеся в 3 графе ведомости координат.

Закончив контроль, вершины углов поворота трассы последовательно соединяют тонкими линиями.

Построенная ось трассы служит каркасом для **нанесения на план местной ситуации**. Элементы местности наносят на план способом прямоугольных координат в соответствии с данными пикетажного журнала, рисунок 7.3.

План трассы автомобильной дороги представлен на рисунке 9.3.

9.1.4 Обработка результатов технического нивелирования. Заполнение нивелирного журнала

Нивелирование, как и всякое измерение, сопровождается погрешностями. Систематическая проверка инструмента, тщательный контроль нивелирования на станциях, постраничный контроль гарантируют от грубых, субъективных ошибок и просчетов. Но, несмотря на это, по объективным причинам в процессе нивелирования возникают мелкие неточности, которые, накапливаясь к концу трассы, могут составлять значительную величину.

Такие погрешности называются высотной невязкой f_h .

Вычисление фактической и допустимой высотных невязок

Фактическая высотная невязка вычисляется по формулам (9.9– 9.11):

- для замкнутого нивелирного хода

$$f_h = \sum h_{изм} ; \quad (9.9)$$

- для разомкнутого нивелирного хода

$$f_h = \sum h_{изм} - (H_K - H_H); \quad (9.10)$$

- для висячего нивелирного хода

$$\left. \begin{aligned} f_h &= \frac{\sum h_{np} + \sum h_{обр}}{2} \\ f_h &= \frac{\sum h_{осн} - \sum h_{конт}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (9.11)$$

Трасса всяческого хода нивелируется дважды, поэтому по журналам прямого (основного) и обратного (контрольного) ходов в конце трассы получаются общие измеренные превышения $\Sigma h_{пр}$ и $\Sigma h_{обр}$ или $\Sigma h_{осн}$ и $\Sigma h_{конт}$. Соответственно они должны быть равны между собой, однако на практике этого не получается. Принято считать, что в обоих ходах ошибались одинаково, а высотную невязку вычислять и относить только для основного хода.

Допустимая высотная невязка вычисляется по формулам (9.12) и (9.13):

$$\partial onf_h = \pm 50\sqrt{L}, \text{ мм}; \quad (9.12)$$

или

$$\partial onf_h = \pm 10\sqrt{n}, \text{ мм}, \quad (9.13)$$

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

Формула (3.7) применяется тогда, когда количество станций на километр хода превышает 15, т.е. при $n > 15$.

В нашем примере по трассе проложен разомкнутый нивелирный ход, в котором $H_K = H_{Pn8} = 126,099$ м, $H_H = H_{Pn7} = 131,182$ м, $L = 1180,84$ м.

$$\Sigma h_{узм} = \Sigma h_{cp1} + \Sigma h_{cp2} = -11959 + 6848 = -5111 \text{ мм};$$

$$f_h = \Sigma h_{узм} - (H_K - H_H) = -5,111 - (126,099 - 131,182) = -0,028 \text{ м} = -28 \text{ мм};$$

$$\partial onf_h = -50\sqrt{L} = -50\sqrt{1,18} = -54 \text{ мм}.$$

Вычисление поправок в средние превышения

Вычисленное значение фактической высотной невязки не должно превышать по абсолютной величине ее допустимого значения, т.е. должно выполняться условие

$$f_h \leq \partial onf_h. \quad (9.14)$$

Если условие (9.14) не выполняется, то необходимо найти и исправить ошибку, а зачастую повторить нивелирование отдельных, вызывающих сомнения участков и даже всей трассы.

Если фактическая высотная невязка f_h не превышает допустимых пределов, то она распределяется в виде поправок δ_h между всеми превышениями поровну, но с обратным знаком; причем сумма поправок $\Sigma \delta_h$ по ходу должна равняться невязке с обратным знаком

$$\left. \begin{aligned} \delta_h &= -\frac{f_h}{n} \\ \Sigma \delta_h &= -f_h \end{aligned} \right\}. \quad (9.15)$$

Поправки округляются до миллиметра и записываются красным цветом в нивелирный журнал в графу 8 над цифрами средних превышений, таблица 8.1.

Для нашего примера $f_h < \partial onf_h$ ($28 \text{ мм} < 54 \text{ мм}$), поэтому фактическую невязку распределяют с обратным знаком поровну на все превышения хода в

$$\text{виде поправки } \delta_h = -\frac{f_h}{n} = -\frac{-28}{15} = +1,86667 \approx +2 \text{ мм}.$$

Вычисление исправленных превышений h_{ucn} и контроль вычислений ведут по формулам (9.16).

$$\left. \begin{aligned} h_{ucn,i} &= h_i + \delta_{h,i} \\ \sum h_{ucn} &= \sum h_{meop} = H_K - H_H \end{aligned} \right\} \quad (9.16)$$

Вычисление отметок связующих и промежуточных точек трассы
Отметки связующих точек вычисляются последовательно через исправленные превышения

$$H_{i+1} = H_i + h_{ucn_i}. \quad (9.17)$$

Контролем правильности вычислений отметок связующих точек является получение известной отметки конечной точки хода ($H_{пн8} = 126,099$ м).

Отметки промежуточных точек вычисляются через горизонт инструмента на станции

$$\left. \begin{aligned} GI_3 &= H_3 + a_3, \quad GI_{II} = H_{II} + b_{II} \\ GI_{cp} &= \frac{GI_3 + GI_{II}}{2} \\ H_c &= GI_{cp} - c \end{aligned} \right\}, \quad (9.18)$$

где c – отсчет по рейке на промежуточной точке; GI_3 и GI_{II} – соответственно горизонт инструмента, вычисляемый по отметкам задней и передней связующих точек; GI_{cp} – средний горизонт инструмента.

Результаты вычислений исправленных превышений, отметок связующих и промежуточных точек по трассе с контролем правильности вычислений на основе формул (9.16 – 9.18) представлены в 9, 10 и 11 графах нивелирного журнала, таблица 8.1.

9.1.5. Построение и оформление продольного и поперечного профилей трассы

Продольный профиль местности является исходным графическим документом для проектирования трассы транспортного сооружения по выбранному направлению. Для придания продольному профилю большей наглядности его вертикальный масштаб увеличивают в 10 раз по сравнению с горизонтальным, а поперечные профили строят в одном масштабе, так как это удобно для определения площадей проектируемого сооружения. В нашем примере продольный профиль трассы автодороги строится в масштабах: горизонтальный – 1:5000 и вертикальный – 1:500, а поперечный профиль на ПК2+40 – в масштабе 1:500.

Профили строятся на миллиметровой бумаге по данным нивелирного и пикетажного журналов. Все графические построения выполняют без измерителя и масштабной линейки.

Порядок построения продольного профиля следующий.

1. На листе миллиметровой бумаги вычерчивают сетку профиля в соответствии с приведенным на рисунке 9.4 образцом, где ширина каждой графы сетки указана в миллиметрах.

Линия условного горизонта (*УГ*) проводится на расстоянии 15 см от нижнего края листа с таким расчетом, чтобы она совпала с утолщенной линией миллиметровой бумаги. Начало трассы (*ПК0*) также выбирают на утолщенной линии на расстоянии 5 – 6 см от левого края листа.

2. От линии условного горизонта восстанавливают вверх перпендикуляр, на котором строят шкалу высот. Условный горизонт (отметку верхней линии сетки профиля) выбирают кратным 10 м с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля отстояла от линии условного горизонта не менее чем на 4 см (20 м в масштабе 1: 500). В примере, рисунок 9.4, отметка такой точки (урез реки) равна 117,86 м. Тогда линия условного горизонта будет иметь отметку 100,00 м ($УГ = 117,86 \text{ м} - 20,00 \text{ м} = 97,86 \text{ м} \approx 100 \text{ м}$).

3. Пользуясь данными пикетажного журнала заполняют графу профиля «Горизонтальные расстояния». Так как расстояние между соседними пикетами равно 100 м, то в масштабе 1:5000 (в 1 см 50 м) пикеты располагаются в 2 см друг от друга.

Чтобы построить плюсовую точку + 40, находящуюся между пикетами *ПК2* и *ПК3*, откладывают вправо от *ПК2* это расстояние в масштабе 1:5000 (в 1 мм 5 м), т.е. 8 мм ($40 \text{ м} \cdot 1 \text{ мм} : 5 \text{ м} = 8 \text{ мм}$). Проведя через эту точку ординату, записывают в двух образовавшихся прямоугольниках данной графы числа 40 и 60, дающие в сумме пикетное расстояние. Если между соседними пикетами имеется несколько плюсовых точек, расстояние выписывают между каждыми двумя соседними точками (например, в интервале *ПК5* – *ПК6* записано три расстояния: 30, 55 и 15).

4. Из нивелирного журнала берут отметки всех точек по трассе, округляют их до сантиметров и выписывают в графу профиля «Фактические отметки земли». От линии *УГ* против каждой точки трассы восстанавливают перпендикуляры (ординаты) и, пользуясь шкалой высот, откладывают на них в масштабе 1:500 соответствующие отметки земли. Так, например, чтобы построить отметку 128,75 (*ПК0*) от деления 125 шкалы высот откладывают на соответствующей ординате 7,5 мм ($3,75 \text{ м} \cdot 1 \text{ мм} : 0,5 \text{ м} = 7,5 \text{ мм}$). Далее на соседней ординате 129,46 м – 8,92 мм от того же деления и так далее.

Точки, полученные в результате построения, соединяют прямыми линиями и получают таким образом профиль местности.

5. По данным пикетажного журнала заполняют графы профиля «Грунты» и «Развернутый план трассы». На указанных здесь пикетах, в пределах графы «Грунты» проводят ординаты и записывают соответствующие названия грунтов.

Для заполнения графы «Развернутый план трассы» по середине ее проводят линию и, пользуясь абрисом пикетажного журнала, строят контуры местности. Вместо условных знаков здесь разрешается записывать название контуров.

6. По вычисленным пикетным обозначениям точек начала и конца кривых строят эти точки в графе профиля «План прямых и кривых». Так, например, чтобы построить первую кривую, от ПК1 откладывают вдоль линии пикетов отрезок 62,08 м в масштабе 1:5000 (12,4 мм) и из его конца опускают перпендикуляр длиной 1,5 см. Такой же перпендикуляр строят из точки, отстоящей на расстоянии 31,16 м от ПК3. На перпендикулярах записывают расстояния между главными точками кривой и ближайшими пикетами (для начала кривой 62,08 и 37,92; для конца кривой 31,16 и 68,84); концы перпендикуляров соединяют горизонтальными линиями соответственно с началом трассы и началом второй кривой.

Над серединами этих линий, называемых прямыми вставками, выписывают их длины и румбы (дирекционные углы). Например, длина второй прямой вставки в нашем примере равна $68,84 \text{ м} + 200,00 \text{ м} + 24,63 \text{ м} = 293,46 \text{ м}$. Сами кривые изображают условными знаками шириной 5 мм, при правых углах поворота кривая обращена выпуклостью вверх, при левых – вниз. Около кривых выписывают все шесть их элементов: угол поворота φ , радиус R , тангенс T , длину кривой K , домер D и биссектрису B .

Порядок построения поперечного профиля аналогичен построению продольного профиля. Сетка профиля вычерчивается в соответствии с приведенным на рисунке 9.5 образцом, где ширина каждой графы сетки указана в миллиметрах. Условный горизонт принимают тот же, что и для продольного профиля.

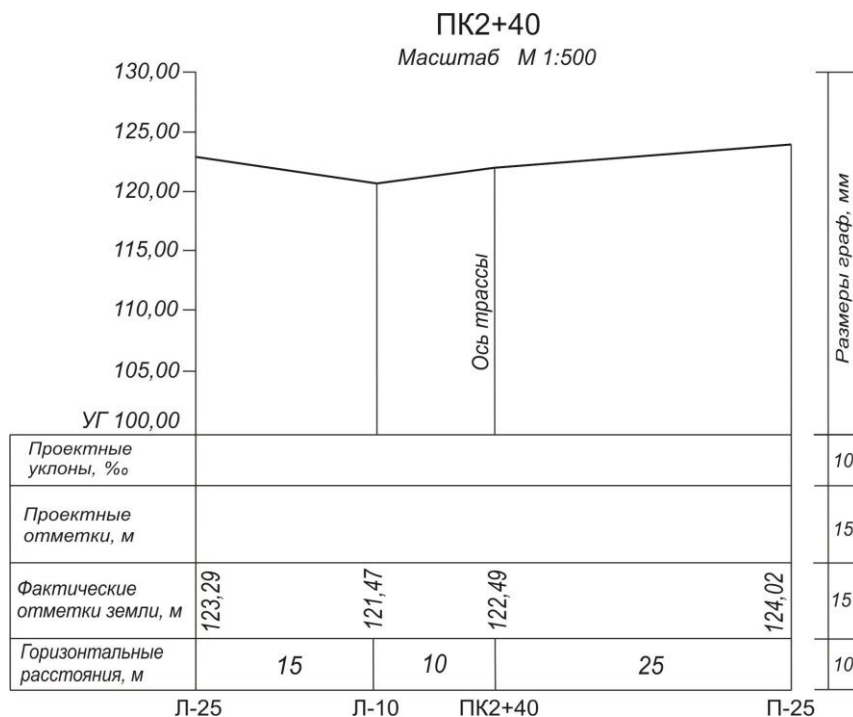


Рисунок 9.5 – Поперечный профиль трассы

9.2 Общие рекомендации по выполнению задания

Камеральные работы выполнять в соответствии с требованиями, предъявляемыми к обработке разомкнутых теодолитных ходов и вышеизложенными рекомендациями.

Для вычислительной обработки нивелирных журналов и ведомости координат использовать микрокалькуляторы.

В ходе занятия производится защита работы по продольному нивелированию трассы, с предоставлением отчетных материалов.

Перечень графических и полевых материалов при защите работы:

1. Пикетажный журнал.
2. Журнал измерения горизонтальных углов на трассе.
3. Нивелирные журналы прямого и обратного (контрольного) ходов.
4. Ведомость координат разомкнутого теодолитного хода.
5. Ведомость углов поворота, кривых и прямых.
6. План трассы в масштабе M 1:5000.
7. Продольный профиль трассы в масштабе $M_{Г}$ 1:5000, $M_{В}$ 1:500.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков в создании плановой основы нивелирной съемки площадей.
2. Приобретение навыков нивелирования поверхности и ведения журнал-схемы нивелирования по квадратам.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Рекогносцировка местности и разбивка пикетажа сетки квадратов.
2. Нивелирование поверхности по квадратам.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|----------------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | – 1 комплект |
| 2. Вехи геодезические | – 4 шт. |
| 3. Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте | – 1 комплект |
| 4. Топор | – 1 шт. |
| 5. Колья и сторожки деревянные | – 1 комплект на 2 га |
| 6. Нивелир Н-3К (Н-3) в комплекте | – 1 комплект |
| 7. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | – 4 шт. |
| 8. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Для каких целей выполняют нивелирование поверхности по квадратам?
2. Из каких соображений выбирают размеры сторон квадратов сетки?
3. Изложите порядок работ при нивелировании поверхности по квадратам.
4. В чем состоит полевой контроль при работе на станции в ходе нивелирования поверхности по квадратам?

10.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Способ квадратов применяется при нивелировании открытых участков местности с небольшими уклонами. Он широко используется при изысканиях, проектировании и строительстве аэродромов с целью составления проекта вертикальной планировки и подсчета объемов земляных работ.

Полевые работы по нивелированию площади способом квадратов включают рекогносцировку участка местности с разбивкой пикетажа сетки квадратов и нивелирную съемку поверхности по квадратам.

При нивелировании поверхности летного поля используют строительную сетку со стороной большого квадрата принятой 400 м и стороной заполняющих квадратов – 40 или 50 м.

10.1.1 Рекогносцировка местности и разбивка пикетажа сетки квадратов

Сетка квадратов строится самостоятельно при помощи теодолита и мерной ленты (рулетки) разными способами: разбивкой параллельных пикетных линий и разбивкой двух взаимно-перпендикулярных линий с точкой пересечения внутри участка.

Способ параллельных пикетных линий заключается в разбивке по границе участка прямоугольника, на двух параллельных сторонах которого закрепляют вершины квадратов. Вершины квадратов внутри участка находят на створах, пересекающих соответствующие точки на параллельных сторонах внешнего прямоугольника. Основные квадраты разбивают на заполняющие со сторонами 40 или 50 м. Вершины основных квадратов закрепляют деревянными кольями со сторожками и называют пикетными, а заполняющих квадратов – сторожками с названием плюсовые. Кроме вершин квадратов на их сторонах или внутри закрепляют все перегибы рельефа реечными точками. Схема разбивки квадратов и местная ситуация заносятся в журнал-схему разбивки пикетажа, рисунок 10.1. Сначала разбивается основная пикетная линия, потом параллельная ей вспомогательная, а затем они соединяются поперечниками. Контроль точности разбивки вспомогательной пикетной линии проводится промерами поперечников на каждом четвертом пикете, т.е. через 400 м. Общее отклонение на последнем поперечнике должно быть не более 50 см.

Способ двух взаимно-перпендикулярных линий с точкой пересечения внутри участка заключается в разбивке по этим линиям вершин основных квадратов, а в вершинах перпендикулярно к линиям – поперечники. На поперечниках откладывают заданные стороны квадратов (400 м). В результате образуется сеть основных квадратов. Далее основные квадраты разбивают на заполняющие со сторонами 40 или 50 м.

В обоих способах по сторонам основных квадратов прокладываются теодолитные ходы, опирающиеся на пункты геодезической сети. В результате обработки ходов получают координаты вершин основных квадратов.

10.1.2 Нивелирование поверхности по квадратам

Нивелирная съемка поверхности по квадратам заключается в последовательном нивелировании всех основных квадратов (со стороной 400 м), каждого в отдельности. При этом нивелир устанавливают примерно в середине такого квадрата и снимают отсчеты по рейкам, установленным в его вершинах, а также в вершинах заполняющих квадратов и на плюсовых точках. Отсчеты по рейкам записываются в журнал-схему нивелирования по квадратам, рисунок 10.2.

Смежные стороны основных квадратов нивелируется дважды, т.е. на угловых точках будет по два отсчета, снятых с двух станций.

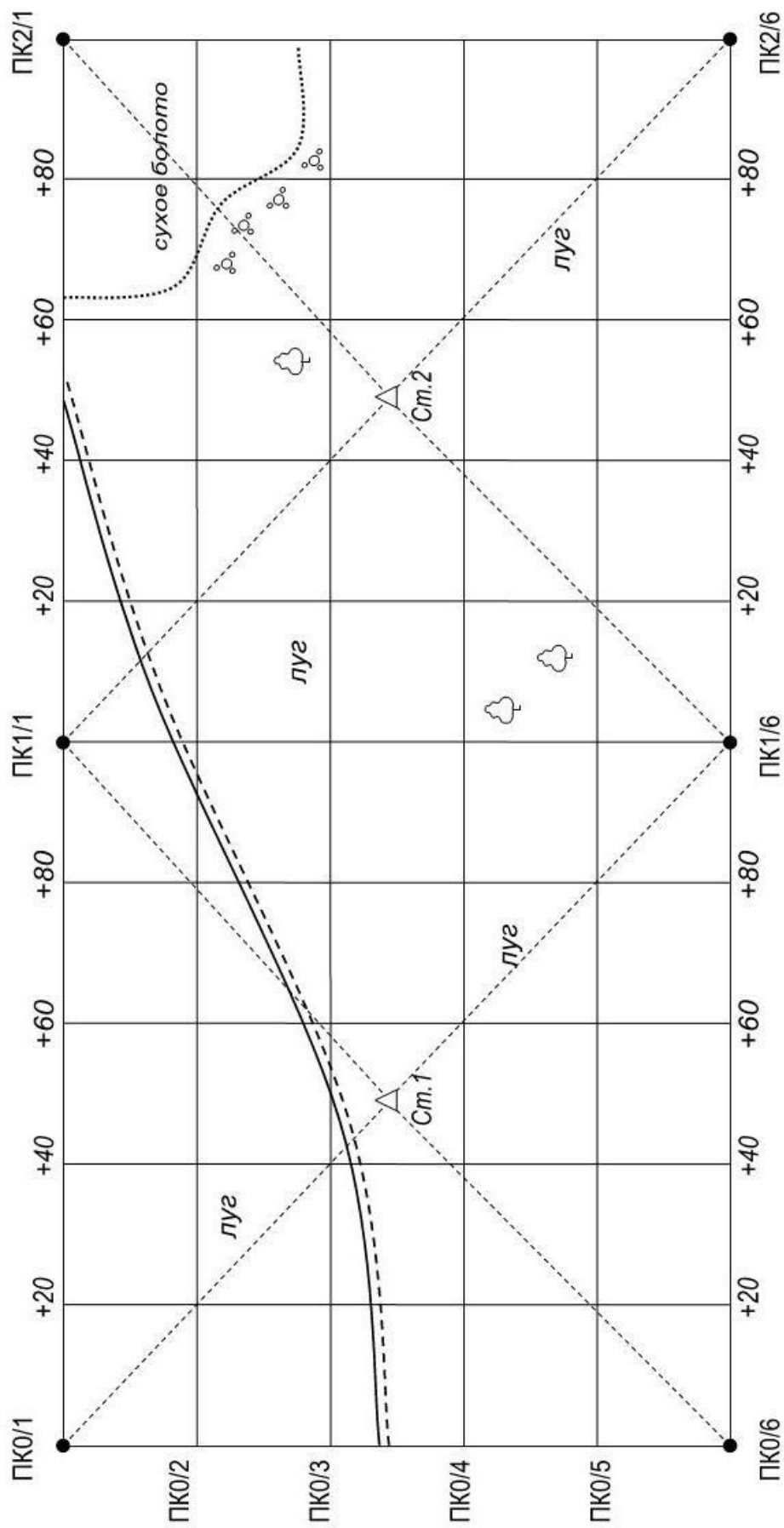


Рисунок 10.1 – Журнал-схема разбивки пикетажа для нивелирования по квадратам

Полевым контролем является равенство сумм накрест лежащих отсчетов на связующие точки $a_1 + b_2 = a_2 + b_1$, где a_1 и a_2 - отсчеты по рейкам с первой станции; b_1 и b_2 - отсчеты по рейкам в тех же вершинах с другой станции.

Расхождение допускается не более 5 мм. Контроль нивелирования проводится в процессе измерений. Остальные вычисления проводятся во время камеральных работ.

10.2 Рекомендации по выполнению задания

10.2.1 Общие рекомендации

Руководитель распределяет состав бригад на звенья по видам работ, таблица 10.1. Непосредственно на местности он определяет участок размером 100х200 м и ставит задачу звену пикетажистов и звену нивелировщиков на выполнение работ по нивелирной съемке площади способом квадратов. Размер заполняющих квадратов принимать 20х20 м.

10.2.2 Рекомендации по выполнению работ звеном пикетажистов

Построение сетки квадратов выполнять способом параллельных пикетных линий в следующей последовательности.

Теодолит устанавливается в точке ПК0/1, рисунок 10.1, и зрительная труба ориентируется по заданному направлению. В створе по теодолиту устанавливаются вехи. По створу мерной лентой закрепляется основная пикетная линия – разбиваются пикетные точки через 100 м и плюсовые через каждые 20 м. Закрепление пикетных точек производится кольшком и сторожком, а плюсовых – только сторожками. Затем от основной пикетной линии откладывается угол 90° и с помощью теодолита и мерной ленты по створу разбиваются плюсовые точки на нулевом поперечнике ПК0/2, ПК0/3, ПК0/4, ПК0/5, закрепляемые сторожками, и нулевой пикет ПК-0/6 вспомогательной пикетной линии, который закрепляется кольшком со сторожком.

Далее теодолит переносится в точку ПК0/6, от нулевого поперечника откладывается угол 90° , и аналогично основной разбивается вспомогательная пикетная линия с пикетами ПК1/6, ПК2/6 и т. д.

Контроль точности разбивки вспомогательной пикетной линии проводить промерами поперечников на каждом пикете (на ПК1 и ПК2), т.е. через 100 и 200 м. Общее отклонение на последнем поперечнике должно быть не более 5 см.

Разбивку вершин заполняющих квадратов производить мерной лентой, которую укладывать последовательно на каждом поперечнике.

В результате разбивки и закрепления точек на участке местности образуется сеть квадратов с размером стороны 20х20 м. Квадраты с размером стороны 100х100 м будут основными (большими), остальные – заполняющими.

Линии вершин квадратов называются пикетными и обозначаются как основная (ПК0/1, ПК0+20/1 и т.д.), вторая (ПК0/2, ПК0+20/2 и т.д.), ... и последняя вспомогательная (ПК0/6, ПК0+20/6, ПК0+40/6 и т.д.).

Таблица 10.1 – Состав звеньев бригады для нивелирования поверхности

Наименование звена и количество личного состава	Состав звена	Оснащение звена	Виды работ
Звено пикетажистов (6 чел.)	Техник-геодезист – 1 Регистратор – 1 Мерщик – 2 Техник – 2	Теодолит 2Т-30 в комплекте – 1 Веши геодезические – 4 Мерная лента ЛЗ-20 в комплекте – 1 Топор – 1 Колья и сторожки деревянные в комплекте (на площадь 20 га) – 1 Экер – 1 Журнал-схема разбивки пикетажа – 1	1 Рекогносцировка участка местности и построение строительной сетки: – измерение линий по основной и вспомогательной пикетным линиям, по поперечникам – разбивка и закрепление пикетных и плюсовых точек по основной и вспомогательной пикетным линиям, на поперечниках – разбивка и закрепление реечных точек на перегибах рельефа 2 Съёмка местных предметов и ситуации внутри больших квадратов способом перпендикуляров 3 Ведение журнал-схемы разбивки пикетажа
Звено нивелировщиков (6 чел.)	Техник-геодезист – 1 Регистратор – 1 Реечник – 4	Нивелир Н-3К в комплекте – 1 Рейка нивелирная РН-3-3000С – 4 Журнал-схема нивелирования по квадратам – 1	1 Геометрическое нивелирование пикетных, плюсовых и реечных точек по квадратам 2 Ведение журнал-схемы нивелирования по квадратам

10.2.3 Рекомендации по выполнению работ звеном нивелировщиков

Нивелирование рекомендуется производить в следующем порядке:

1. Установить нивелир на первой станции в середине полосы съёмки между поперечниками ПК0+40 и ПК0+50 (в середине первого основного квадрата).

2. Выставить нивелирные рейки в углах основного квадрата на пикетах ПК0/1 и ПК0/6, снять отсчеты с точностью до миллиметра и записать в журнал-схему нивелирования по квадратам, рисунок 10.2. Рейки ставить на верх кола без удара. Перед установкой рейки следует убедиться, что кол не качается и торец его не разбит. Если верхняя часть кола не горизонтальна, то рейку нужно ставить на наивысшую точку кола. Пята рейки должна быть чистой, без прилипшей к ней земли или травы.

3. Последовательно выставлять рейки на плюсовые точки нулевого поперечника и реечные точки (если они есть по ходу), снимать отсчеты с точностью до сантиметров и записывать в журнал-схему нивелирования по квадратам. Рейки ставить без ударов рядом со сторожком прямо на грунт.

4. Переход реечников на следующий плюсовой поперечник (ПК0+20) и снятие отсчетов со всех точек с точностью до сантиметров. Подобным образом выполняются работы на остальных плюсовых поперечниках ПК0+40, ПК0+60 и ПК0+80. На первом пикетном поперечнике снятие отсчетов начинать с его средних плюсовых точек и заканчивать на крайних пикетных (ПК1/1 и ПК1/6). На пикетах ПК1/1 и ПК1/6 отсчеты a_1 и a_2 снимать с точностью до миллиметров и записывать в журнал-схему нивелирования по квадратам.

5. Переход на вторую станцию и установка нивелира в середине второго большого квадрата, реечники остаются на пикетах ПК1/1 и ПК1/6.

6. Контроль выполненных работ на первой станции. Со второй станции снять отсчеты b_1 и b_2 с точностью до миллиметров с тех же пикетов ПК1/1 и ПК1/6 и сравнить суммы накрест лежащих отсчетов

$$|(a_1 + b_2) - (a_2 + b_1)| \leq 5 \text{ мм} . \quad (10.1)$$

Расчеты вести в журнал-схеме, под линией поперечника, рисунок 10.2. Если разность сумм накрест лежащих отсчетов превышает 5 мм, то нужно попытаться найти ошибку в вычислениях и, если вычисления сделаны правильно, то необходимо вернуться на первую станцию и отnivelировать ее заново.

7. Нивелирование второго и следующих больших квадратов производится с той же последовательностью, что и первого.

Итогом полевых работ звеньев пикетажистов и нивелировщиков будут:

- журнал-схема разбивки пикетажа;
- журнал-схема нивелирования по квадратам;
- разбитый в поле пикетаж сетки квадратов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Учебные цели:

1. Приобретение навыков вычислительной обработки результатов полевых измерений.
2. Приобретение навыков в составлении плана строительного участка в отметках и горизонталях.

Время – 7 часов.

Отрабатываемые вопросы:

1. Вычисление отметок вершин сетки квадратов.
2. Построение плана строительного участка в отметках и горизонталях.

Материальное обеспечение рабочей группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Ватман, формат А-2 (22) | – 1 лист |
| 2. Геодезический транспортир | – 2 шт. |
| 3. Чертежные принадлежности | – 1 комплект |
| 4. Рабочая тетрадь к полевым практическим занятиям – полевой практике | – 1 шт. |

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Изложите порядок вычислительной обработки результатов нивелирования поверхности по квадратам.
2. Каким образом производят вычисление отметок пикетных точек?
3. В чем состоит контроль вычислений отметок связующих точек?
4. Каким образом производят вычисление отметок речных точек?
5. Каким образом производят построение сетки квадратов?
6. Как наносят горизонтали на план?

11.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов

Камеральные работы по обработке результатов нивелирования поверхности по квадратам включают:

- вычислительную обработку журнала-схемы нивелирования по квадратам (вычисление отметок вершин сетки квадратов);
- построение плана строительного участка в отметках и горизонталях.

11.1.1 Обработка результатов технического нивелирования по квадратам, заполнение журнала-схемы нивелирования поверхности

Обработка результатов нивелирования поверхности по квадратам заключается в производстве вычислений по заполнению журнала-схемы нивелирования поверхности, рисунок 10.2.

Вычислительную обработку ведут по формулам (11.1 – 11.5).

Вычисление фактической высотной невязки в смежных квадратах с контролем нивелирования – суммы накрест лежащих отсчетов на связующих точках основных квадратов не должны превышать по абсолютной величине 5 мм

$$\left. \begin{aligned} f_h &= (b_1 + a_2) - (a_1 + b_2) \\ |f_h| &\leq 5 \text{ мм} \end{aligned} \right\}, \quad (11.1)$$

где b_1 и b_2 – передние отсчеты по рейкам с первой станции; a_1 и a_2 – задние отсчеты по рейкам в тех же вершинах со второй станции.

Вычисления сумм накрест лежащих отсчетов на связующих точках основных квадратов ведут столбиком под соответствующей смежной стороной, рисунок 10.2, а выполнимость условия (11.1) контролируют визуально. Данный контроль нивелирования выполняют в поле в процессе измерений. Остальные вычисления проводятся во время камеральных работ.

Если условие (11.1) не выполняется, то нужно попытаться найти ошибку в вычислениях и, если вычисления сделаны правильно, то необходимо вернуться на первую станцию и отnivelировать ее заново.

Если фактическая высотная невязка f_h не превышает допустимого предела, то она распределяется в виде поправок δ_h между передними (b_1 и b_2) и задними (a_1 и a_2) отсчетами по рейкам поровну, но с обратным знаком; причем сумма поправок в отсчетах должна равняться невязке с обратным знаком

$$\left. \begin{aligned} \delta_h &= -\frac{f_h}{4} \\ \sum \delta_h &= -f_h \end{aligned} \right\}. \quad (11.2)$$

Поправки округляются до миллиметра и записываются в журнал-схему красным цветом в соответствующие столбики правее цифр отсчетов в связующих точках, рисунок 10.2.

В нашем примере смежной стороной основных квадратов является сторона ПК2/1 – ПК2/6, для которой фактические передние и задние отсчеты соответственно равны: $b_{2/1} = 2017$; $a_{2/6} = 1048$; $a_{2/1} = 0573$; $b_{2/6} = 2489$.

$$f_h = (b_1 + a_2) - (a_1 + b_2) = 2017 + 1048 - 0573 - 2489 = 3 \text{ мм.}$$

Условие $|f_h| \leq 5 \text{ мм}$ выполняется ($3 \text{ мм} < 5 \text{ мм}$).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{4} = -\frac{3}{4} = -0,75 \approx -1 \text{ мм.}$$

Так как условие $\sum \delta_h = -f_h$ не выполняется ($-4 \text{ мм} \neq -3 \text{ мм}$), то поправка в отсчет a_2 вводится не будет.

Вычисление исправленных передних и задних отсчетов (b_{ucn} и a_{ucn}) на связующих точках смежной стороны основных квадратов и контроль вычислений

$$\left. \begin{aligned} b_{ucn,1} &= b_1 + \delta_h & b_{ucn,2} &= b_2 - \delta_h \\ a_{ucn,1} &= a_1 - \delta_h & a_{ucn,2} &= a_2 + \delta_h \\ (b_{ucn,1} + a_{ucn,2}) &= (a_{ucn,1} + b_{ucn,2}) \end{aligned} \right\}. \quad (11.3)$$

Для нашего примера

$$b_{ucn,1} = 2017 + (-1) = 2016, \quad b_{ucn,2} = 2489 - (-1) = 2490.$$

$$a_{ucn,1} = 0573 - (-1) = 0574, \quad a_{ucn,2} = 1048.$$

Фактические отсчеты в вершинах смежной стороны основных квадратов аккуратно зачеркивают тонкой линией, а их исправленные значения записывают под ними, рисунок 10.2.

Вычисление отметок вершин сетки квадратов. Сначала вычисляются отметки пикетных точек на связующих поперечниках (отметки вершин больших квадратов 200x200 м), а затем отметки промежуточных точек (отметки вершин заполняющих квадратов 40x40 м). Результаты вычислений записывают в журнал-схему нивелирования по квадратам, рисунок 10.2.

Отметки пикетных (связующих) точек вычисляются последовательно через превышения по формуле

$$H_{i+1} = H_i + (a_i - b_i), \quad (11.4)$$

где H_i – отметка связующей пикетной точки; a_i и b_i – исправленные (уравненные) задний и передний отсчеты на связующих пикетных точках.

В ходе вычислений ведут непрерывную запись полученных результатов поверх каждой стороны основного квадрата, которая заключена между искомыми связующими пикетами, рисунок 10.2, получая, таким образом, замкнутый нивелирный ход.

Контролем вычислений отметок связующих точек является получение значения исходной отметки (В нашем примере $H_{Pn1} = 50,000$ м).

Отметки промежуточных (плюсовых) точек вычисляются через средний горизонт инструмента $ГИ_{cp}$ на каждой станции по известным формулам

$$\left. \begin{aligned} ГИ_1 &= H_1 + a_1, & ГИ_2 &= H_2 + b_2 \\ ГИ_{cp} &= \frac{ГИ_1 + ГИ_2}{2} \\ H_c &= ГИ_{cp} - c \end{aligned} \right\}, \quad (11.5)$$

где c – отсчет по рейке на промежуточной (плюсовой) точке; $ГИ_1$ и $ГИ_2$ – соответственно горизонт инструмента, вычисляемый по отметкам связующих точек основного квадрата.

11.1.2 Построение и оформление топографического плана местности

План участка наносится по координатам или румбам, которые являются результатом вычислительной обработки теодолитного хода, проложенного по границе участка в виде прямоугольника. Внутри прямоугольника тонкими линиями строится сетка квадратов. В вершинах квадратов выписываются отметки с точностью до сантиметров. Далее в условных знаках наносится местная ситуация и методом интерполяции проводятся горизонтали. Оформляется план в условных знаках по требованиям к съемкам заданного масштаба, рисунок 11.1.

При проведении горизонталей рекомендуется сначала наносить метровые горизонтали, затем полуметровые и в последнюю очередь четвертные.

11.2 Общие рекомендации по выполнению задания

Выполнение задания предусматривает практическую работу студентов с использованием микрокалькуляторов и чертежных принадлежностей в составе бригад с отработкой вопросов занятия.

Руководитель выдает задание на составление плана строительного участка в масштабе съемки 1:1000 и сечением горизонталей 0,25 м. Отметка исходной точки ПК0/1 или какой-либо другой задается преподавателем.

При вычислении отметок пикетных точек уравнивание сумм накрест лежащих отсчетов производить столбиком внизу сетки квадратов под соответствующим связующим поперечником, рисунок 10.2. После введения поправок старые отсчеты аккуратно зачеркивать и ниже их писать значения новых с учетом поправок. При вычислении отметок промежуточных точек средний горизонт инструмента определять не менее чем по двум отметкам связующих точек. Вычисления оформлять в виде таблички на журнал-схеме под соответствующим большим квадратом.

Для вычислительной обработки журнал-схемы нивелирования по квадратам использовать микрокалькуляторы. Все записи вычислений отметок пикетных и промежуточных точек вести аккуратно простым карандашом.

Теодолитный ход, представляющий собой прямоугольник, наносится на лист по координатам или по румбам. По отметкам проводят горизонтали методом интерполяции. При проведении горизонталей рекомендуется сначала наносить метровые горизонтали, затем полуметровые и в последнюю очередь четвертные.

В ходе занятия производится защита работы по площадному нивелированию, с предоставлением отчетных материалов.

Перечень графических и полевых материалов при защите работы:

1. Журнал-схема разбивки пикетажа.
2. Журнал-схема нивелирования по квадратам.
3. План строительного участка в отметках и горизонталях с высотой сечения рельефа 0,25 м в масштабе 1:1000.

ПЛАН

строительного участка

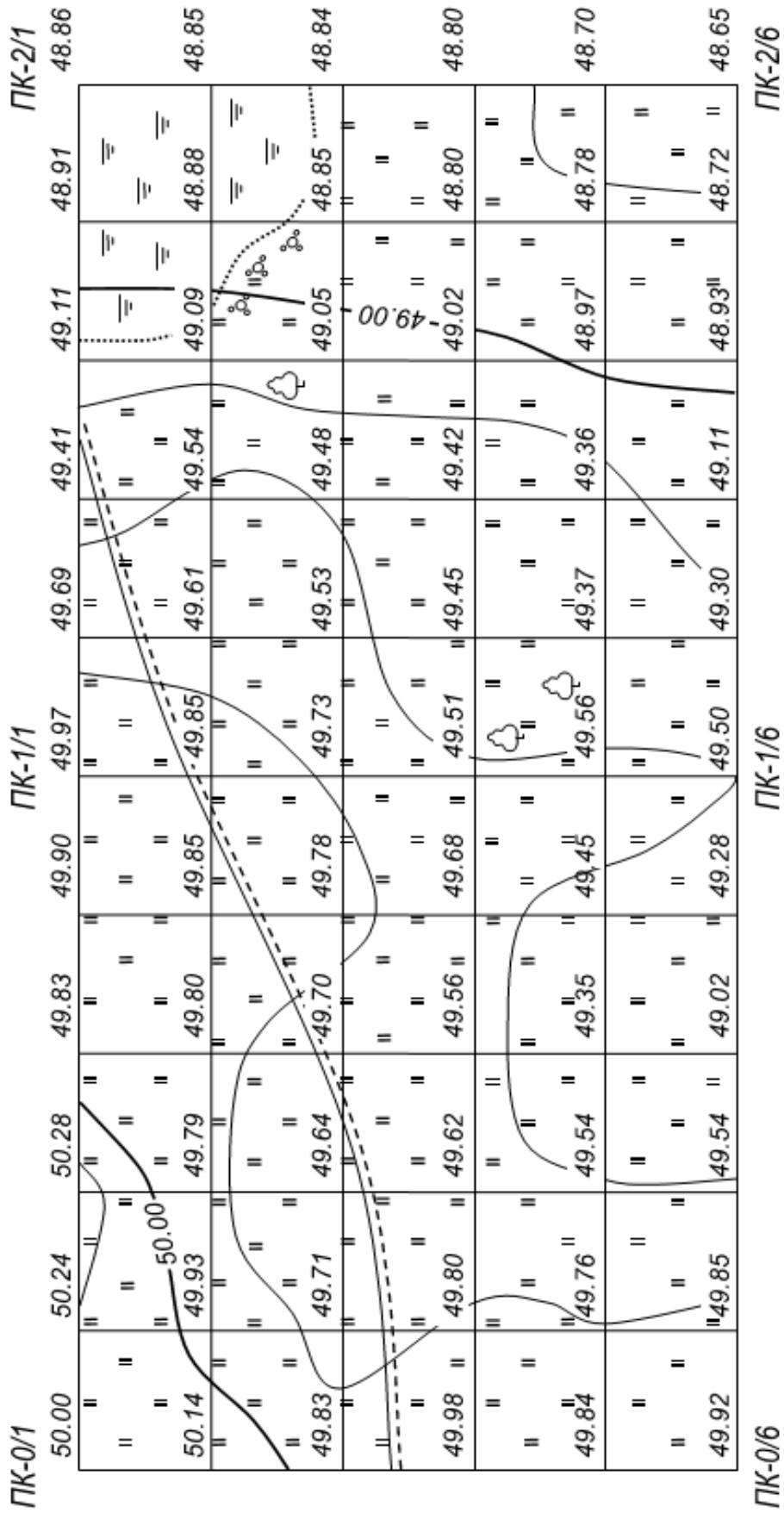


Рисунок 11.1 – Топографический план строительного участка в отметках и горизонталях

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12
ИТОГОВОЕ КОНТРОЛЬНОЕ ЗАНЯТИЕ,
ЗАЩИТА ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

Учебные цели:

1. Проверка и оценка уровня знаний, полученных студентами в процессе обучения, умения применить их к решению практических задач, а также степени овладения практическими умениями и навыками в работе с геодезическими приборами, выполнении основных топографических съемок местности масштабов 1:500 ÷ 1:5000.

Время – 5 часов.

Материальное обеспечение учебной группы:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Теодолит VEGA ТЕО-5В (2Т30П) в комплекте | - 1 комплект |
| 2. Нивелир Н-3К (Н-3) в комплекте | - 1 комплект |
| 3. Рейка нивелирная РН-3-3000 С | - 2 шт. |
| 4. Веха геодезическая | - 4 шт. |
| 5. Геодезический транспортир | - 1 шт. |
| 6. Циркуль-измеритель | - 1 шт. |

Литература:

1. 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.

12.1 Методические рекомендации по защите отчета по практике

Итоговое контрольное занятие проводится на местности в форме устной защиты отчета по практике с практическим показом порядка выполнения отдельных видов геодезических построений.

Оценка знаний студентов осуществляется в ходе защиты ими отчета по индивидуальному заданию, а также полевых и графических материалов, подготовленных в составе бригады. Во время защиты студенту могут задаваться вопросы, связанные с умением работать с геодезическими приборами и владением методиками измерения углов, линий, азимутов сторон теодолитного хода, организацией выполнения топографических съемок, порядком составления планов и профилей.

Знания оцениваются по четырехбалльной системе – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

На защиту предоставляются отчетные материалы по пройденным темам учебной практики, согласно перечню.

12.2 Перечень графических и полевых материалов при защите работы по итогам учебной практики

По теме № 1 – полевые поверки основных геодезических инструментов:

1. Журнал учета технического состояния и эксплуатации приборов.

По теме № 2 – тахеометрическая съемка участка местности:

1. Журнал теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.
2. Журналы тахеометрической съемки, абрисы.
3. Ведомость координат.
4. Ведомость вычисления отметок станций.
5. План участка в масштабе М 1:500.

По теме № 3 – геометрическое нивелирование трасс и площадей:

1. Пикетажный журнал.
2. Угломерный журнал.
3. Нивелирные журналы прямого и обратного (контрольного) ходов.
4. Ведомость координат разомкнутого теодолитного хода.
5. План трассы в масштабе М 1:2000.
6. Продольный профиль трассы в масштабе М_Г 1:5000, М_В 1:500.
7. Журнал-схема разбивки пикетажа для нивелирования по квадратам.
8. Журнал-схема нивелирования по квадратам.
9. План строительного участка в отметках и горизонталях с высотой сечения рельефа 0,25 м в масштабе М 1:1000.

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.

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 производства и требует от инженера-строителя постоянного наблюдения за направлением развития геодезического приборостроения и внедрения новых приборов и методов съемок в инженерно-геодезическую практику.

Студент должен не только хорошо знать геодезию, теорию, методы, состав и организацию инженерно-геодезических работ, но и владеть практическими навыками работы, быстро «переориентироваться» на выполнение работ по новым технологиям с применением современных геодезических приборов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Таблица поправок за наклон линии

Угол наклона, <i>град</i>	Расстояние, <i>м</i>								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	5	6	8	9	11	12	14
1,5	3	7	10	14	17	21	24	27	31
2	6	12	18	24	30	37	43	49	55
2,5	10	19	29	38	48	57	67	76	86
3	14	27	41	55	69	82	96	110	123
3,5	19	37	56	75	93	112	131	149	168
4	24	49	73	97	122	146	171	195	219
4,5	31	62	92	123	154	185	216	247	277
5	38	76	114	152	190	229	266	304	342
5,5	46	92	138	184	230	276	322	368	414
6	55	110	164	219	274	329	383	438	493
6,5	64	129	193	257	321	386	450	514	579
7	75	149	224	298	373	447	522	596	671
7,5	86	171	257	342	428	513	599	684	770
8	97	195	292	389	487	584	681	779	876
8,5	110	220	330	439	549	659	769	879	989
9	123	246	369	492	616	739	862	885	1108
Примечание – поправки даны в миллиметрах.									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица элементов круговых кривых для радиуса 10 м

Угол поворота φ , град	Длина тангенса T , м	Длина кривой, K , м	Домер $D=2T-K$, м	Биссектриса B , м
1	0,087	0,175	0,000	0,000
2	0,175	0,349	0,000	0,002
3	0,262	0,524	0,000	0,003
4	0,349	0,693	0,000	0,006
5	0,437	0,873	0,001	0,010
6	0,524	1,047	0,001	0,014
7	0,612	1,222	0,002	0,019
8	0,699	1,396	0,002	0,024
9	0,787	1,571	0,003	0,031
10	0,875	1,745	0,004	0,038
11	0,963	1,920	0,006	0,046
12	1,051	2,004	0,008	0,055
13	1,139	2,269	0,010	0,065
14	1,223	2,443	0,012	0,075
15	1,317	2,613	0,015	0,086
16	1,405	2,793	0,018	0,093
17	1,495	2,967	0,022	0,111
18	1,534	3,142	0,026	0,125
19	1,672	3,316	0,031	0,139
20	1,353	3,491	0,036	0,154
21	4,763	3,665	0,042	0,170
22	1,944	3,840	0,048	0,178
23	2,025	4,014	0,055	0,205
24	2,126	2,189	0,062	0,223
25	2,217	4,363	0,071	0,243
26	2,309	4,537	0,080	0,263
27	2,401	4,712	0,089	0,284
28	2,493	4,887	0,100	0,306
29	2,586	5,061	0,111	0,329
30	2,679	5,236	0,123	0,353
31	2,773	5,411	0,136	0,377
32	2,867	5,585	0,150	0,403
33	2,965	5,760	0,165	0,429
34	3,057	5,934	0,181	0,457
35	3,153	6,109	0,197	0,485
36	3,249	6,283	0,215	0,515
37	3,346	6,458	0,234	0,545
38	3,443	6,632	0,254	0,576
39	3,541	6,807	0,276	0,608
40	3,640	6,981	0,298	0,642
41	3,739	7,156	0,322	0,676
42	3,839	7,330	0,347	0,711
43	3,939	7,505	0,373	0,748

Угол поворота φ , град	Длина тангенса T , м	Длина кривой, K , м	Домер $D=2T-K$, м	Биссектриса B , м
44	4,040	7,679	0,401	0,785
45	4,142	7,854	0,430	0,824
46	4,245	8,029	0,461	0,864
47	4,348	8,203	0,493	0,904
48	4,452	8,378	0,527	0,946
49	4,557	8,552	0,562	0,989
50	4,663	8,727	0,600	1,034
51	4,770	8,910	0,638	1,079
52	4,877	9,076	0,679	1,125
53	4,936	9,250	0,721	1,174
54	5,295	9,425	0,766	1,223
55	5,206	9,599	0,812	1,274
56	5,317	9,774	0,860	1,326
57	5,430	9,948	0,911	1,379
58	5,543	10,123	0,963	1,434
59	5,653	10,297	1,013	1,490
60	5,774	10,472	1,075	1,547
61	5,890	10,647	1,134	1,606
62	6,009	10,821	1,196	1,666
63	9,128	10,996	1,260	1,728
64	6,249	11,170	1,327	1,792
65	6,371	11,345	1,397	1,858
66	6,494	11,519	1,469	1,924
67	6,619	11,694	1,544	1,992
68	6,745	11,868	1,622	2,062
69	6,873	12,043	1,703	2,134
70	7002	12,217	1,787	2,208
71	7,133	12,392	1,874	2,283
72	7,265	12,566	1,964	2,361
73	7,400	12,741	2,058	2,440
74	7,536	12,915	2,156	2,521
75	7,673	13,090	2,257	2,605
76	7,813	13,265	2,361	2,690
77	7,954	13,439	2,470	2,778
78	8,098	13,614	2,582	2,868
79	8,242	13,788	2,699	2,960
80	8,391	13,963	2,819	3,054
81	8,541	14,137	2,944	3,151
82	8,692	14,312	3,074	3,250
83	8,847	14,486	3,208	3,352
84	9,004	14,661	3,347	3,356
85	9,163	14,835	3,491	3,563
86	9,325	15,010	3,640	3,673
87	9,490	15,184	3,795	3,786
88	9,657	15,359	3,955	3,908
89	9,827	15,533	4,121	4,020
90	10,000	15,708	4,292	4,142

Угол поворота φ , град	Длина тангенса T , м	Длина кривой, K , м	Домер $D=2T-K$, м	Биссектриса B , м
91	10,176	15,883	4,470	4,267
92	10,355	16,057	4,654	4,396
93	10,538	16,232	4,844	4,527
94	10,724	16,406	5,041	4,663
95	10,913	16,581	5,246	4,802
96	11,106	16,755	5,457	4,946
97	11,303	16,930	5,676	5,092
98	11,504	17,104	5,903	5,243
99	11,709	17,279	6,138	5,398
100	11,918	17,453	6,382	5,557
101				
102				
103				
104				
105	13,032	18,326	7,739	6,427
106	13,270	18,500	8,040	6,616
107	13,514	18,675	8,353	6,812
108	13,764	18,850	8,678	7,013
109	14,019	19,024	9,015	7,221
110	14,281	19,199	9,364	7,434
111	14,550	19,373	9,727	7,655
112	14,826	19,549	10,104	7,883
113	15,108	19,722	10,494	8,110
114	15,399	19,897	10,901	8,361
115	15,697	20,071	11,322	8,612
116	16,003	20,246	11,761	8,871

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 / 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-во Мордовского ГУ, 2007. – 98 с.
10. Паудяль С.П. Инженерные геодезические задачи: учебное пособие / С.П. Паудяль. – М.: МАДИ (ГТУ), 2004. – 72 с.
11. Попов В.Г. Разбивка виражей, уширения проезжей части, горизонтальных кривых, пересечений и примыканий / В.Г. Попов. – Челябинск: Изд-во 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. СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84. Издание официальное. – М.: Минрегион России, 2011 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 г. № 635/1). – 79 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.: Высшая школа, 2009. – 463 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
ТЕМА № 1	
ПОВЕРКИ ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	4
Практическое занятие № 1	
ПОВЕРКИ ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	4
1.1. Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	5
1.1.1 Правила обращения с геодезическими приборами.....	5
1.1.2 Конструкция и поверки технических теодолитов.....	7
1.1.3 Конструкция и поверки нивелиров.....	33
1.1.4 Приборы непосредственного измерения линий.....	43
1.2 Рекомендации по выполнению задания.....	45
1.2.1 Общие рекомендации.....	45
1.2.2 Рекомендации по подготовке теодолита для наблюдений.....	45
1.2.3 Рекомендации по подготовке нивелира для наблюдений.....	48
ТЕМА № 2	
ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ.....	49
Практическое занятие № 2	
СОЗДАНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ	
ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	50
2.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	50
2.1.1 Рекогносцировка участка и разбивка на местности опорных точек замкнутого теодолитно-высотного (тахеометрического) хода.....	50
2.1.2 Угловые и линейные измерения по созданию плановой и высотной основы тахеометрической съемки.....	51
2.1.3 Планово-высотная привязка точек опорного хода.....	58
2.2 Рекомендации по выполнению задания.....	59
2.2.1 Общие рекомендации.....	59
2.2.2 Рекомендации по выполнению угловых и линейных измерений.....	59
2.2.3 Рекомендации по вычислению горизонтальных и вертикальных углов.....	61
Практическое занятие № 3	
СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ МЕСТНОЙ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА.....	62
3.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	62
3.2 Рекомендации по выполнению задания.....	67
3.2.1 Рекомендации по выполнению угловых и линейных измерений..	67
3.2.2 Рекомендации по ведению абриса съемки ситуации и рельефа...	68

Практическое занятие № 4	
СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ МЕСТНОЙ СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА.....	69
4.1 Общие рекомендации по выполнению задания.....	69
Практическое занятие № 5	
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	70
5.1. Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	70
5.1.1 Обработка журнала теодолитно-высотного хода, привязка съемочной сети.....	71
5.1.2 Вычисление плановых координат точек съемочной сети. Составление ведомости координат.....	73
5.1.3 Уравнивание превышений и вычисление высот точек съемочной сети. Составление ведомости отметок станций.....	79
5.1.4 Обработка журнала тахеометрической съемки ситуации и рельефа.....	81
5.2 Общие рекомендации по выполнению задания.....	81
Практическое занятие № 6	
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	82
6.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	82
6.1.1 Построение координатной сетки плана.....	83
6.1.2 Нанесение точек плано-высотного обоснования на план по координатам.....	86
6.1.3 Нанесение местной ситуации и рельефа на план.....	87
6.1.4 Интерполирование и нанесение горизонталей на план.....	90
6.1.5 Вычерчивание и оформление топографического плана.....	93
6.2 Рекомендации по выполнению задания.....	96
6.2.1 Общие рекомендации.....	96
6.2.2 Рекомендации по составлению и оформлению топографического плана местности.....	96
ТЕМА № 3 ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАСС И ПЛОЩАДЕЙ.....	
	98
Практическое занятие № 7	
ТРАССИРОВАНИЕ И РАЗБИВКА ПИКЕТАЖА НА ТРАССЕ.....	100
7.1 Общие положения по теории обрабатываемых вопросов.....	100
7.1.1 Трассирование и закрепление оси трассы.....	101
7.1.2 Разбивка пикетажа трассы автомобильной дороги.....	104
7.1.3 Съемка контуров и местной ситуации способом перпендикуляров.....	107
7.1.4 Разбивка круговых горизонтальных кривых и вынос пикетов с тангенсов на кривую.....	108

7.2 Рекомендации по выполнению задания.....	115
7.2.1 Общие рекомендации.....	115
7.2.2 Рекомендации по выполнению работ звеном трассировщиков.....	115
7.2.3 Рекомендации по выполнению работ звеном пикетажистов...	115
 Практическое занятие № 8	
НИВЕЛИРОВАНИЕ ОСИ ТРАССЫ И ПОПЕРЕЧНИКОВ.....	117
8.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	117
8.1.1 Высотная привязка трассы.....	118
8.1.2 Продольное нивелирование оси трассы и поперечников.....	118
8.2 Общие рекомендации по выполнению задания.....	124
 Практическое занятие № 9	
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА И ПРОФИЛЕЙ ТРАССЫ.....	125
9.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	126
9.1.1 Расчет длин и дирекционных углов прямолинейных участков трассы. Составление ведомости углов поворота, кривых и прямых.....	126
9.1.2 Вычисление координат вершин углов поворота трассы.....	129
9.1.3 Построение и оформление плана трассы.....	129
9.1.4 Обработка результатов технического нивелирования. Заполнение нивелирного журнала.....	132
9.1.5 Построение и оформление продольного и поперечного профилей трассы.....	134
9.2 Общие рекомендации по выполнению задания.....	138
 Практическое занятие № 10	
НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ.....	139
10.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	139
10.1.1 Рекогносцировка местности и разбивка пикетажа сетки квадратов.....	140
10.1.2 Нивелирование поверхности по квадратам.....	140
10.2 Рекомендации по выполнению задания.....	143
10.2.1 Общие рекомендации.....	143
10.2.2 Рекомендации по выполнению работ звеном пикетажистов.....	143
10.2.3 Рекомендации по выполнению работ звеном нивелировщиков...	145
 Практическое занятие № 11	
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ.....	146
11.1 Общие положения по теории отрабатываемых вопросов.....	146
11.1.1 Обработка результатов технического нивелирования по квадратам, заполнение журнала-схемы нивелирования поверхности.....	146

11.1.2 Построение и оформление топографического плана местности.....	149
11.2 Общие рекомендации по выполнению задания.....	149
Практическое занятие № 12	
ИТОГОВОЕ КОНТРОЛЬНОЕ ЗАНЯТИЕ, ЗАЩИТА ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ.....	151
12.1 Методические рекомендации по защите отчета по практике.....	151
12.2 Перечень графических и полевых материалов при защите работы по итогам учебной практики.....	152
Заключение.....	153
Приложение А Таблица поправок за наклон линии.....	154
Приложение Б Таблица элементов круговых кривых для радиуса 10 м..	155
Список литературы.....	158
Оглавление.....	159

ПРАКТИКУМ ПО ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ (ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ)

Учебно-методическое пособие

Составители: к.т.н., доц. Акинъшин Сергей Иванович
к.т.н., доц. Харитоновна Тамара Борисовна

Подп. в печ. 2021г. Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 9,45.
Усл. печ. л. 10,1. Бумага писчая. Тираж экз. Заказ № .

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий ВГТУ
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84