

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени А. А. КУЛЕШОВА»

А. В. Сорока, И. Н. Шарухо

**УЧЕБНАЯ
ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ
ПРАКТИКА**

Учебно-методические рекомендации



Могилев
МГУ имени А. А. Кулешова
2020

*Деривативное электронное издание
на основе печатного издания*

Сорока, А. В. Учебная топографическая практика / А. В. Сорока,
И. Н. Шарухо. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2020. – 76 с. : ил.
ISBN 978-985-568-657-7

Учебно-методические рекомендации «Учебная топографическая практика» предназначены для студентов специальности 1-02 04 02 «Биология и география». Учебная топографическая практика обеспечивает закрепление знаний по дисциплине «Картография с основами топографии», а также позволяет формировать систематизированные знания в области топографии, приобретение навыков и умений работы с геодезическими приборами, по выполнению крупномасштабных съемок местности, широко используемых в полевых географических исследованиях.

**УДК 528
ББК 26.12**

Сорока А. В. Учебная топографическая практика : учебно-методические рекомендации / А. В. Сорока, И. Н. Шарухо. – Электрон. данные. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2020. – Загл. с экрана

212022, г.Могилев,
ул.Космонавтов, 1
Тел.: 8-0222-28-31-51
E-mail: alexpzn@mail.ru
<http://www.msu.by>

© Сорока А.В., Шарухо И.Н., 2020
© МГУ имени А.А.Кулешова, 2020
© МГУ имени А.А. Кулешова,
электронный аналог, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации предназначены для самостоятельной работы студентов при прохождении учебной топографической практики.

Учебная топографическая практика в МГУ имени А.А. Кулешова проводится с 1935 г. (с перерывами по объективным причинам). В довоенный период она проводилась (руководитель Н.Г. Денисенко) в Подниколье, в Луполовском предместье (Карлова Долина, Петров Луг). В послевоенный период, на географическом и историко-географическом факультетах, кафедрами общей географии, физической географии, общего землеведения (руководители Н.Г. Денисенко, С.С. Моисеев, О.Н. Денисенко и др.) практики проводились в Подниколье, на географических станциях «Вильчица», «Любуж» (1959–1974). С 1996 по 2019 г. практики проходили на агроблюстанции «Любуж», в Долине Робин Гуда, в Подниколье (И.Н. Шарухо, М.Е. Захарова, А.В. Шадраков, Н.Б. Тупицына, А.В. Сорока).

В издании даются рекомендации по работе с геодезическими инструментами, правилам ухода за ними, выполнению полевых поверок и юстировок, подготовке приборов к полевым измерениям.

При описании отдельных видов геодезических измерений и съемок, предусмотренных программой практики, изложены практические приемы и способы их выполнения в полевых условиях.

Обращено внимание на соблюдение требований, предъявляемых к ведению полевых документов, обработке и оформлению результатов измерений, а также на их соответствие методике полевых и камеральных работ.

При составлении методических указаний были использованы материалы по организации и проведению учебной топографической практики, разработанные кафедрой естествознания (до 2015 г. – географии и охраны природы) в предыдущие годы.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Топографическая практика является логическим продолжением учебного процесса по изучению курса «Картография с основами топографии» в полевых условиях и ее целью является формирование систематизированных знаний в области топографии, а главной задачей – закрепление знаний теоретического курса, приобретение навыков и умений работы с геодезическими приборами по выполнению крупномасштабных съемок местности, широко используемых в полевых географических исследованиях.

Цель и задачи практики

Целью учебной топографической практики является формирование систематизированных знаний в области топографии. В процессе учебной практики у студентов формируются специальные навыки, связанные с проведением полевых топографических и геодезических исследований местности на локальном уровне.

Для достижения поставленной цели в ходе практики решаются следующие задачи:

- закрепление и углубление знаний о принципах, методах и методике топографических съемок;
- овладение методическими приемами геодезических измерений, обработки результатов топографических съемок;
- овладение практическими навыками организации топографических съемок земной поверхности и использования полученных знаний для решения научных и практических задач в отраслевых и комплексных физико-географических работах;
- повышение профессионально-географической культуры студентов.

Практика проводится в соответствии с утвержденной программой.

Организация и содержание практики

Для прохождения практики каждая учебная подгруппа делится на бригады по 3-5 человек во главе с бригадиром (исходя из наличия оборудования). Бригадир является ответственным за организацию работы в бригаде, учебную дисциплину, сохранность инструментов и имущества. По указанию руководителя практики бригадир получает необходимые инструменты у материально ответственного лаборанта, распределяет обязанности среди членов бригады и следит за тем, чтобы каждый из них принимал участие во всех видах работ.

Учебно-методическое руководство практикой осуществляется руководителем, назначаемым из числа преподавателей кафедры (определяется по распределению учебной нагрузки). Он отвечает за безопасные условия прохождения практики, ее результаты, выдает бригаде задание, контролирует ход его выполнения и принимает законченные работы. Руководитель практики опрашивает каждого студента, определяя степень его подготовки и участия в работах. Общий контроль за выполнением программы практики возлагается на заведующего кафедрой естествознания.

Выделяемое на практику количество часов предусматривает время, необходимое на ознакомление с заданием, полевые поверки инструментов, производство всех видов работ и сдачу зачета по практике. Продолжительность полевого рабочего дня – 6 часов, кроме этого предусмотрено время на самостоятельную подготовку под контролем руководителя практики.

Бригада приступает к выполнению каждого следующего вида работ лишь после завершения предыдущего задания и предъявления преподавателю всех требуемых материалов.

Камеральная обработка материалов по каждому заданию выполняется ежедневно после выполнения каждого этапа полевых работ.

Прием выполненных заданий производится преподавателем после завершения каждого этапа (вида) работ.

Оценка знаний и умений производится на дифференцированном зачете. По окончании полевых и камеральных работ каждая бригада предъявляет преподавателю все отчетные материалы по практике (топографический план, полевые журналы, ведомости, схемы, профили и т. д.), оформленные в соответствии с требованиями кафедры. При выставлении зачета учитываются: степень освоения техники измерений и вычислений, умение применять теоретические знания для решения практических задач, качество оформления материалов практики.

Студенты должны строго соблюдать нормы поведения и правила внутреннего распорядка, установленные на учебной практике.

Правила техники безопасности

Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются.

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

1. Одежда и обувь должны соответствовать погоде и характеру выполняемой работы. В жаркую погоду необходимо обязательно надевать головной убор. Одежда должна быть легкой, свободной, не стесняющей движений, преимущественно светлых тонов. В холодную погоду необходимо предусмотреть

теплую одежду. Обувь должна быть легкой, закрытой, на широком каблуке.

2. Для защиты исполнителя, приборов, журналов от дождя, ветра, тумана и сырости необходимо использовать зонты, плащи, накидки и чехлы.

3. При переноске штативов и вех следует соблюдать осторожность – переносить острым концом от себя, чтобы не нанести травму себе или члену бригады. Категорически запрещается бросать штативы и вехи, их необходимо передавать из рук в руки.

4. Запрещается наводить зрительную трубу на солнце без светофильтра.

5. При заполнении журнала и составлении абриса в яркую погоду рекомендуется одевать темные очки.

6. Не разрешается ложиться и садиться на сырую землю.

7. Курить разрешается в специально отведенных и оборудованных для этих целей местах.

8. Не разрешается купаться в рабочее время.

9. При недомогании и травмах, при обнаружении следов укуса клещом немедленно сообщить о них руководителю практики и обратиться к медицинскому работнику. При порезах необходимо сохранить рану в чистоте, обработать ее йодом и перевязать бинтом. В связи с повышенной опасностью заболевания клещевым энцефалитом необходимо работы выполнять в закрытой одежде, а по окончании рабочего дня осмотреться.

10. Необходимо соблюдать особую осторожность при работе с топором; не находящиеся в работе инструменты должны храниться зачехленными, либо в специально отведенном месте.

11. Категорически запрещается разводить костры.

12. Категорически запрещается распивать спиртные напитки и употреблять наркотические средства.

13. Категорически запрещается покидать место практики без разрешения руководителя практики.

14. При приближении грозы все полевые работы необходимо временно прекратить и немедленно вернуться в лагерь (АБС «Любуж», учебный корпус).

Правила обращения с инструментами

Для выполнения работ студентам выдаются дорогостоящие геодезические приборы, требующие бережного обращения. Качество работы приборов и срок их службы зависит от аккуратности работы с ними и ухода.

1. Инструменты должны быть осмотрены непосредственно при получении, и в случае обнаружения неисправностей бригадир обязан немедленно сообщить об этом лаборанту, выдававшему приборы.

2. При осмотре инструментов необходимо обратить внимание на следующее:

- а) исправность закрепительных, наводящих, подъемных, исправительных винтов, уровней, ножек штатива и станového винта;
- б) плавность хода подвижных частей прибора;
- в) целостность мерной ленты.

3. Студентам категорически запрещается самим разбирать приборы и производить какие бы то ни было исправления.

Материальную ответственность за порчу или потерю имущества университета несет виновный, а в случае, если таковой не обнаружен, – вся бригада.

4. Геодезические приборы хранятся и переносятся в ящиках и футлярах. Вынимать прибор из футляра следует не спеша, предварительно изучив схему укладки и крепления его в футляре. При укладке приборов в футляр нельзя прилагать усилий, а после укладки следует затянуть зажимы (винты). Переносить приборы, находящиеся в рабочем состоянии, нужно в вертикальном или слегка наклоненном положении с закрепленными зажимными винтами и сложенными ножками штатива, закрепленными барашками. Переноска прибора на штативе разрешается только на короткие расстояния. При остановках штатив, с закрепленным на нем прибором, нельзя прислонять к стене, забору, класть на землю.

5. Особую осторожность проявить при установке и снятии прибора со штатива. Прибор, поставленный на головку штатива, немедленно закрепляется станovým винтом. Футляр без инструмента держать закрытым.

6. С исправительными, закрепительными и наводящими винтами надо обращаться осторожно и при вращении их не прикладывать большого усилия. Микрометренными и подъемными винтами работать в среднем положении. При работе с приборами не применять излишних усилий, подвижные части должны перемещаться плавно.

7. Необходимо своевременно производить чистку инструментов, измерительных приборов и реек, особенно если их использовали при работе в ненастную погоду. Прибор, попавший под дождь, необходимо по возвращении в помещение вынуть из футляра, протереть сухой тряпкой и дать просохнуть перед установкой в футляр.

8. Нельзя протирать объектив и окуляр зрительной трубы платком или тряпкой. Налет пыли на линзах следует устранять чистой кисточкой.

9. Инструмент, находящийся в рабочем положении, должен быть защищен зонтом как в жаркую солнечную, так и в дождливую погоду. Запрещено пользоваться зонтом при сильном ветре.

10. Стальную мерную ленту можно переносить в свернутом или развернутом виде, но в последнем случае надо следить за тем, чтобы она не скручивалась и не цеплялась за какие-либо предметы. Натягивать ленту при измерении длины линий можно, лишь убедившись, что она не скручена. Нельзя оставлять ленту в развернутом виде на проезжей части дороги. Ежедневно после полевых работ ленту следует протирать ветошью, а затем промасленной тряпкой.

11. Рейки необходимо оберегать от поломок, не бросать на землю и предохранять деления шкалы рейки от стирания о грунт.

12. В случае поломки или потери прибора бригадир составляет акт, в котором необходимо указать следующее: номер инструмента; дату и характер повреждения; обстоятельства, вызвавшие повреждения или потерю прибора; виновных лиц (которые в обязательном порядке подписывают этот акт). Акт сдается лаборанту, выдающему приборы.

13. Перед сдачей инструментов лаборанту, их необходимо тщательно подготовить к хранению:

- а) мерные ленты очистить от ржавчины и смазать;
- б) с приборов, реек и штативов удалить грязь, пыль и влагу;
- в) из ящиков и футляров удалить пыль (для чего протереть их увлажненной тряпкой и просушить);
- г) составить дефектную ведомость за подписью бригадира с указанием недостающих частей и обнаруженных в процессе работы поломок и неисправностей. Дефектная ведомость или записка вкладывается в упаковочный футляр и предъявляется при сдаче прибора.

Геодезические приборы относятся к сложному и дорогостоящему оборудованию, поэтому при работе с ними следует соблюдать осторожность в обращении, беречь их от порчи, поломок и повреждений (не допускать падения, беречь от атмосферных осадков и т.п.).

Ведение полевых документов

Результаты геодезических измерений и съемок оформляют в полевых журналах, абрисах и т.д. простым карандашом марки ТМ. Все записи и зарисовки в полевых документах должны быть четкими и аккуратными. Категорически запрещается переписывать полевые журналы, подчищать или стирать резинкой записи, выполненные в поле. Ошибочные результаты аккуратно зачеркивают и сверху записывают новые данные. На обложке журнала указывают номер и состав бригады. На страницах журнала должны быть указаны тип и номер инструмента, даты начала и конца измерений, дата наблюдений, состояние погоды, фамилия исполнителя.

Записи цифр в полевых журналах должны располагаться строго под цифрами соответствующих разделов (градусы и минуты). Результаты измерений, выполненные с одинаковой точностью, нужно записывать с тем же числом десятичных знаков.

При ведении абриса и схем необходимо добиваться наибольшей полноты и выразительности.

Правила вычислительных работ

При обработке полевых материалов необходимо обеспечить соответствие точности полевых измерений и вычислений. Вычисления, выполненные с

меньшей точностью, чем точность исходных данных, снижают точность полевых измерений, а сохранение лишних разрядов чисел усложняет вычисления. Например, при вычислении приращений координат и их поправок в ведомости теодолитного хода сохраняют два знака после запятой, так как линейные измерения выполнены с ошибкой 0,01 м.

При округлении чисел с большим количеством знаков до необходимого числа знаков, если отбрасываемая часть числа меньше пяти, сохраняемая цифра остается без изменения, если больше пяти, то сохраняемая цифра увеличится на единицу. В тех же случаях, когда отбрасываемая часть числа равна пяти, то по правилу К.Ф. Гаусса число округляют в сторону четной цифры. Например, 3,45 округляют до 3,4, а 3,55 – до 3,6.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА

Классификация геодезических приборов, в соответствии со стандартами на них, производится по назначению и по точности.

По назначению в настоящее время существует семь групп приборов:

- для измерения горизонтальных углов и углов наклона – теодолиты;
- для измерения превышений – нивелиры;
- для измерения расстояний – дальномеры;
- для производства планово-высотных топографических съемок – тахеометры;
 - для производства планово-высотных топографических съемок (углона-чертательный способ) – кипрегели;
 - комплектующие принадлежности (рейки, штативы, оптические центриры, механические центриры, буссоли и др.);
 - вспомогательные приборы и принадлежности (эккеры, планиметры, транспортиры, тахеографы, координатометры, масштабные линейки и др.).

По точности классифицируют только теодолиты, нивелиры и дальномеры.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов в соответствии с ГОСТ 10529-96 теодолиты могут быть разделены на 3 типа:

1. Высокоточные Т1, предназначенные для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов.
2. Точные Т2 – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4 классов; Т5 – для измерения углов в триангуляционных сетях и полигонометрии 1 и 2 разрядов и производства маркшейдерских работ на поверхности.
3. Технические Т15, Т30 и Т60 – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях, а также для выполнения маркшейдерских работ на поверхности и в подземных выработках.

В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах, например, для теодолита Т5 $m\beta = 5''$, для Т30 $m\beta = 30''$ и т.д.

Теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими отсчетными устройствами называются оптическими. В них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа.

Взамен теодолитов серии «Т» налажен выпуск более совершенных теодолитов унифицированной серии 2Т, 3Т, 4Т.

По назначению различают следующие типы теодолитов:

1. Собственно теодолиты – предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

2. Тахеометры – предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов и определения расстояний при помощи нитяного дальномера или оптическими дальномерными насадками, что позволяет выполнять с их помощью тахеометрическую съемку. Все технические теодолиты являются тахеометрами.

3. Теодолиты специального назначения: астрономические, маркшейдерские, теодолиты-нивелиры, проектировочные, гидroteодолиты, фототеодолиты и др.

4. Электронные теодолиты. Являющиеся высокоточными и очень удобными в работе приборами, электронные геодезические теодолиты завоевывают все большую популярность. Эти инструменты оснащены электронными датчиками снятия показаний измерений с последующим выводом их результатов на дисплей для пользователя.

Так же как и другие типы теодолитов (оптические и лазерные) их электронные собратья подразделяются по показателю средней квадратической ошибки (СКО):

- высокоточные или инженерные (показатель СКО составляет 0,5-1");
- точные или строительные (2-10");
- технические (15-30").

Конструктивно электронный теодолит может быть выполнен:

- с использованием компенсатора вертикального круга или без него (что отображается в маркировке прибора буквой «К» – компенсатор);
- с применением отвеса оптического или лазерного типа.

Надежность и достоверность получаемых при измерениях результатов обеспечивается правильной работой прибора. В связи с этим рабочие средства измерений подвергаются метрологическому надзору, который заключается в аттестации используемых средств измерений через систему испытаний и поверок. До выполнения работ каждый геодезический прибор должен быть поверен и отъюстирован.

Поверка – установление соответствия конструктивных геометрических соотношений в приборе, обеспечивающих качественную его работу.

Юстировка – устранение несоответствия геометрических соотношений в конструкции прибора, которые могут повлиять на его качественную работу.

То есть юстировка выполняется только тогда, когда в результате поверки будут выявлены недопустимые отклонения в геометрическом положении узлов и деталей прибора.

ТЕОДОЛИТЫ

Теодолит 2Т30П

Повторительный теодолит 2Т30П предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов, измерения расстояний нитяным дальномером, геометрического нивелирования с помощью уровня при зрительной трубе, определения магнитных азимутов по буссоли (Рис. 1).

Технические характеристики:

Средняя квадратичная погрешность измерения одним приемом:	
горизонтального угла.....	20"
вертикального угла.....	30"
Увеличение зрительной трубы, крат.....	20×
Угловое поле зрения.....	2°
Наименьшее расстояние визирования, м.....	1,2
Коэффициент дальномера.....	100 ± 0,5
Цена деления лимбов.....	1°
Цена деления шкал микроскопа.....	5'
Увеличение оптического центрира, крат.....	1,8×
Масса теодолита с подставкой, кг.....	2,3

Рис. 1. Теодолит 2Т30П:

1 – металлический диск; 2 – подставка; 3 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 4 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 5 – колонка; 6 – ориентир-буссоль; 7 – вертикальный круг; 8 – зрительная труба; 9 – наводящий винт зрительной трубы; 10 – наводящий винт алидады; 11 – подъемный винт; 12 – закрепительный винт алидады; 13 – цилиндрический уровень; 14 – кремальера; 15 – закрепительный винт зрительной трубы; 16 – закрепительный винт лимба

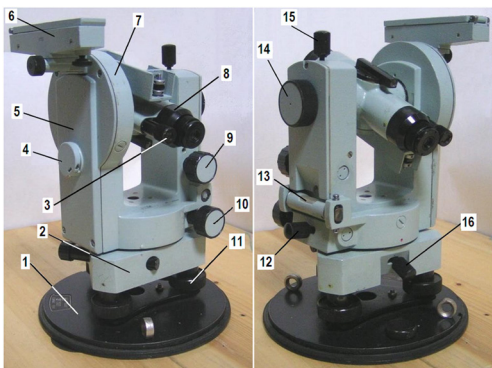




Рис. 2. Отсчетное устройство теодолита 2Т30П.
 Отсчет по шкале вертикального круга: $-5^{\circ}38'30''$,
 по шкале горизонтального круга: $125^{\circ}07'$

Зрительная труба 8 дает прямое изображение. Фокусировка зрительной трубы осуществляется вращением винта кремальеры 14. Ось вращения теодолита приводится в отвесное положение подъемными винтами 11 с помощью цилиндрического уровня 13 при горизонтальном круге.

Для освещения шкал служит зеркало 4. Закрепительным винтом 15 трубу фиксируют в заданном положении, а наводящим винтом 9 медленно вращают в вертикальной плоскости до точного совмещения центра сетки нитей с визирной целью. Горизонтальный и вертикальный круги проградуированы через 1° . Горизонтальный круг имеет круговую оцифровку от 0 до 359° , а вертикальный – секторную от 0 до 75° и от -0 до -75° .

Вместе с трубой скреплены вертикальный круг 7 и отсчетный микроскоп 3, в поле зрения которого посредством оптической системы передается изображение отсчетных шкал обоих кругов (Рис. 2). Индексом для отсчитывания служат штрих лимба, отсчет берут с точностью до $0,5'$. Если в пределах шкалы вертикального круга находится штрих лимба со знаком «+», отсчет берут по верхнему ряду цифр шкалы со знаками «+» ($0\dots6$, слева – направо), если «-», то по нижнему ряду цифр шкалы со знаками «-» ($-6\dots-0$, справа – налево).

Основание теодолита в виде металлического диска 1, с которым скреплена подставка 2, служит одновременно дном футляра прибора. Вертикальная ось прибора полая, а основание в центре имеет винтовое отверстие. Это позволяет центрировать теодолит над вершиной измеряемого угла с помощью зри-

тельной трубы, устанавливаемой вертикально объективом вниз. Закрепление прибора на головке штатива осуществляется станovým винтом, ввинчиваемым в отверстие основания.

Теодолит 2Т30П укомплектовывается ориентир буссолью 6, устанавливаемой в посадочный паз на вертикальном круге.

Установка теодолита в рабочее положение

Установка теодолита в рабочее положение перед началом измерений заключается в его центрировании над точкой, горизонтировании и установке для наблюдений зрительной трубы и отсчетной системы.

Центрирование – это совмещение его вертикальной оси вращения с вершиной измеряемого горизонтального угла.

Горизонтирование – это приведение вертикальной оси вращения теодолита в отвесное положение.

Для центрирования теодолита 2Т30П может использоваться *нитяной отвес*, который подвешивается на крючок *станového винта штатива*. Для центрирования теодолита VEGATEO-20В используется лазерный отвес.

Необходимо закрепить в грунте или на твердой поверхности ножки штатива, следя за тем, чтобы отвес находился как можно ближе к вершине измеряемого угла. При этом передвижение штатива во время установки выполняют при открученных барашках ножек штатива. Их закрепляют при достижении условия нахождения отвеса над точкой.

Горизонтирование теодолита 2Т30П выполняется с помощью цилиндрического уровня. Установить пузырек выверенного цилиндрического уровня с помощью ножек штатива, а затем – с помощью подъемных винтов подставки в следующей последовательности:

1) установить ось цилиндрического уровня по направлению двух любых ножек штатива и, ослабив у одной из них зажим раздвижной системы, по возможности точно привести пузырек уровня в нуль-пункт (Рис. 3 а, поз. 1);

2) установить ось цилиндрического уровня по направлению на третью ножку штатива и изменением ее длины привести пузырек уровня в нуль-пункт. Проверить позицию 1 по двум ножкам штатива (Рис. 3 а, поз. 2);

3) установить ось уровня по направлению двух любых подъемных винта подставки и, вращая эти винты в противоположные стороны примерно на одинаковый угол, привести пузырек точно в нуль-пункт (Рис. 3 б, поз. 1);

4) установить ось уровня по направлению на третий подъемный винт подставки (по симметрии частей колонки или по отсчетам по шкале ГК) и вращением этого винта привести пузырек уровня точно в нуль-пункт (Рис. 3 б, поз. 2). Проверить позицию 1, а затем снова позицию 2, и при необходимости поправить положение пузырька.

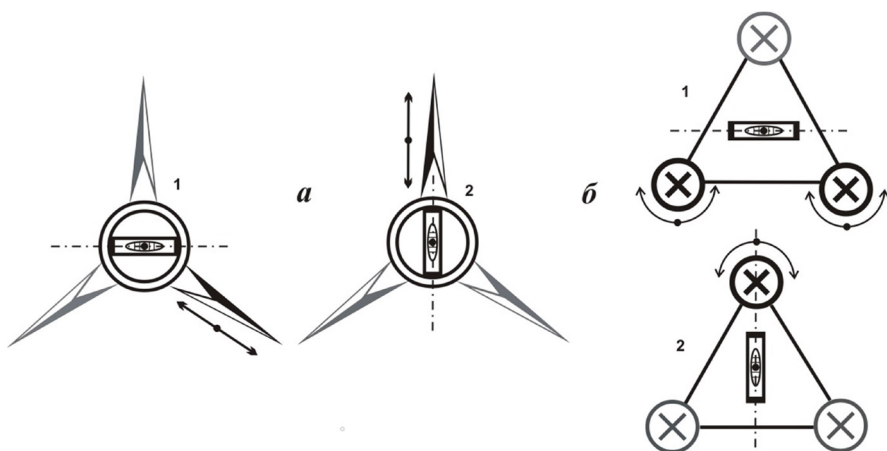


Рис. 3. Горизонтирование теодолита:
а – предварительное горизонтирование ножками штатива;
б – горизонтирование подъемными винтами подставки

При нарушении положения центрирования необходимо ослабить стеновой винт и переместить теодолит на головке штатива до совмещения отвеса с точкой в вершине измеряемого угла.

Горизонтирование теодолита VEGA TEO-20B осуществляется с помощью круглого уровня аналогично горизонтированию нивелира (Рис. 8).

Горизонтирование может считаться удовлетворительным, если при любом положении колонки теодолита пузырек цилиндрического уровня при горизонтальном круге будет отклоняться от своего среднего положения не более чем на 1 деление от нуля-пункта.

НИВЕЛИРЫ

Нивелир Н-3

При геометрическом нивелировании превышение между точками определяют с помощью горизонтального луча визирования, который реализует специальный геодезический прибор – нивелир.

По точности нивелиры выпускают 3 типов:

- высокоточные (Н-0,5);
- точные (Н-3,);
- технические (Н-10).

Цифры в шифре нивелира указывают среднюю квадратическую погрешность измерения превышения в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного

хода. Например, для нивелира Н-3 средняя квадратическая погрешность составляет 3 мм на 1 км хода.

В зависимости от способа получения горизонтального луча визирования каждый из трех типов нивелиров изготавливается в двух вариантах:

- с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;
- с компенсатором, позволяющим автоматически приводить ось визирования зрительной трубы нивелира в горизонтальное положение.

В настоящее время выпускаются нивелиры улучшенной конструкции 2-го и 3-го поколений, например, 2Н-5КЛ и 3Н-5Л. Первая цифра обозначает поколение. При наличии компенсатора в шифр прибора добавляется буква «К». Если нивелир изготовлен с лимбом для измерения горизонтальных углов, то еще добавляется буква «Л».

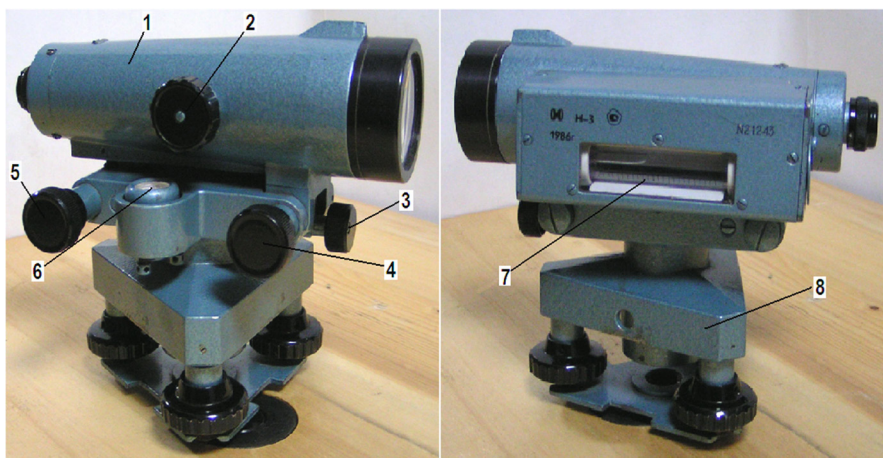


Рис. 4. Нивелир Н-3

На рис. 4 представлен нивелир с уровнем при трубе Н-3. Главные части нивелира – подставка с подъемными винтами 8, зрительная труба 1 и цилиндрический уровень 7. Зрительная труба с внутренним фокусированием имеет увеличение 30×, фокусирование трубы производят при помощи кремальеры 2. Нивелир снабжен закрепительным 3 и микрометричным 4 винтами.

Круглый уровень 6 служит для приведения оси вращения нивелира в отвесное положение с помощью подъемных винтов. Нивелир имеет контактный цилиндрический уровень 7 и элевационный винт 5. Цилиндрический уровень наглухо скреплен со зрительной трубой. Изображения концов цилиндрического уровня через систему призм передаются в поле зрения трубы (Рис. 5). Через лупу в поле зрения зрительной трубы нивелира можно видеть одновременно оба конца уровня, разделенного по вертикальной оси.

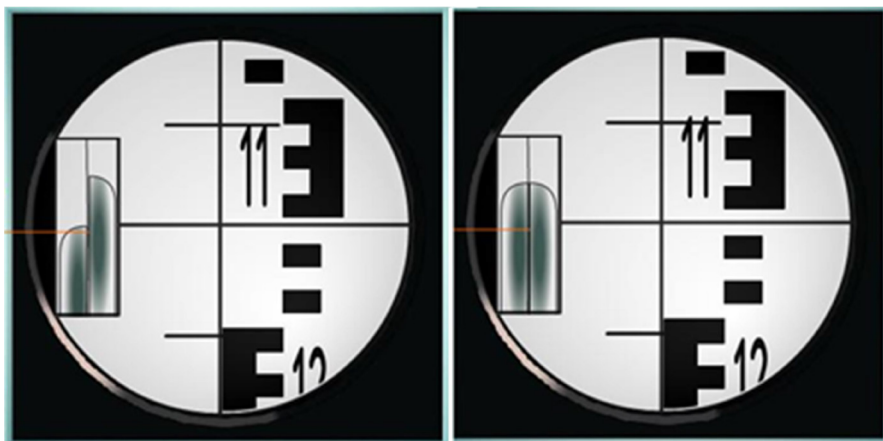


Рис. 5. Поле зрения трубы нивелира НЗ. Отсчет по нивелирной рейке равен 1153

Перед отсчетом по рейке элевационным винтом осуществляют точное совмещение (контакт) концов пузырька уровня, приводя тем самым визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. В момент контакта, когда визирная ось занимает горизонтальное положение, производят отсчет по рейке.

Нивелир ЗН-5Л (в исполнении без лимба ЗН-5) относится к нивелирам технической точности (Рис. 6).

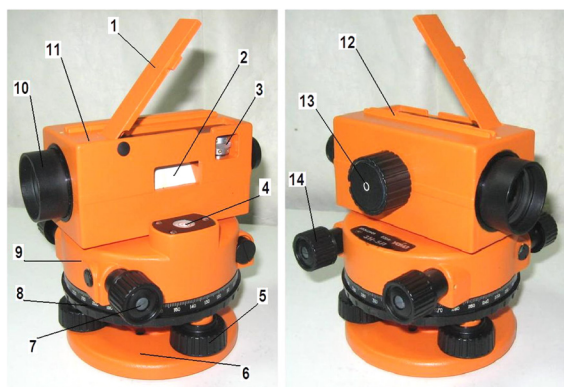


Рис. 6. Нивелир ЗН-5Л

1 – зеркало; 2 – белый экран; 3 – юстировочная гайка;
 4 – круглый уровень; 5 – подъемный винт; 6 – подставка; 7 –
 наводящий винт; 8 – лимб; 9 – корпус низка; 10 – зрительная
 труба; 11 – корпус; 12 – продольный прилив (механический
 визир); 13 – кремальера; 14 – элевационный винт

Основные преимущества описываемого нивелира: малая масса и размеры, простое устройство, обеспечивающее высокую надежность в работе. Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода, составляет 5 мм.

Нивелир имеет высококачественную зрительную трубу прямого изображения с внутренней фокусировкой и увеличением 20×.

Зрительная труба и цилиндрический уровень помещены внутри корпуса 11 верхней части прибора. Наименьшее расстояние визирования не более 1,2 м. Объектив 10 зрительной трубы выведен наружу, на его оправу можно надеть линзовую насадку для визирования на рейку, расположенную ближе 1,2 м. Вращением диоптрийного кольца, окуляр устанавливают по глазу до появления четкого изображения сетки нитей. Кремальерой 13 зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку (Рис. 7). Коэффициент нитяного дальномера – 100.

На верхней плоскости корпуса 11 имеется продольный прилив 12, выполняющий роль механического визира для предварительного наведения нивелира на рейку.

Цилиндрический уровень подсвечивается белым экраном 2. Зеркало 1 служит для удобства наблюдения за положением пузырька уровня.

На верхней плоскости корпуса низка находится круглый уровень 4 для установки оси нивелира в отвесное положение.

Между корпусом низка и подставкой 6 в нивелире 3Н-5Л расположен металлический лимб 8, который можно вращать, взявшись за накатанный поясик и установить в требуемое положение. При вращении нивелира лимб остается неподвижным (в нивелире 3Н-5 лимба нет). Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла не более $0,15^\circ$.

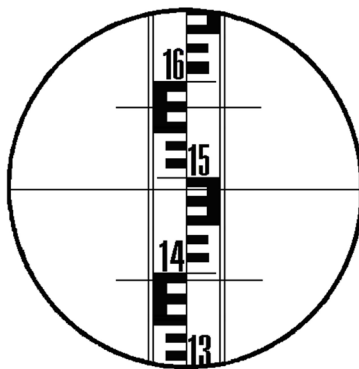


Рис. 7. Поле зрения трубы нивелира 3Н-5Л.
Отсчет по нивелирной рейке равен 1488

Установка нивелира в рабочее положение

Установка нивелира в рабочее положение заключается в приведении визирной оси в горизонтальное положение. Для этого штатив с закрепленным на нем нивелиром, ставят так, чтобы верхняя плоскость головки была горизонтальной, а ножки плотно вогнаны в землю. Затем с помощью подъемных винтов пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт. Зрительную трубу располагают параллельно двум подъемным винтам и, вращением их в противоположные стороны (внутри или наружу) выводят пузырек на середину в направлении параллельном этим винтам. Затем, не поворачивая зрительную трубу, работают одним третьим винтом (Рис. 8).

Окончательное приведение визирной оси в горизонтальное положение выполняют непосредственно перед снятием отсчета по рейке путем приведения в нуль-пункт пузырька цилиндрического (контактного) уровня элевационным винтом. Изображение концов пузырька цилиндрического уровня при помощи системы призм передается в поле зрения зрительной трубы (Н-3). Когда пузырек цилиндрического уровня находится в нуль-пункте, изображения концов пузырька совмещены (Рис. 6) и визирная ось зрительной трубы находится в горизонтальном положении. При отклонении пузырька уровня от нуль-пункта концы цилиндрического уровня расходятся. Пузырек цилиндрического уровня нивелира 3Н-5Л наблюдают в зеркале.

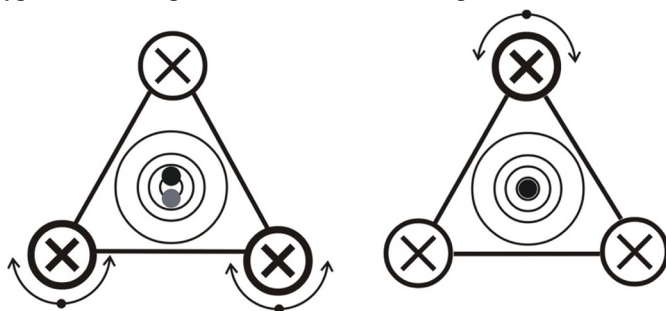


Рис. 8. Установка нивелира в рабочее положение

Зрительная труба подготавливается к наблюдению при помощи вращения кольца окуляра (резкость сетки нитей) и вращения фокусирующего винта (резкость наблюдаемого объекта).

Нивелир никогда точно не центрируют над точкой по отвесу. Каждый раз перед взятием отсчета по рейке совмещают изображения концов пузырька контактного уровня с помощью элевационного винта.

Нивелирные рейки

В комплект нивелира входят две нивелирные рейки, представляющие собой бруски, изготавливаемые из выдержанного, пропитанного маслом хвойного дерева, цельные или складные, или жесткие металлические профилированные полосы с нанесенными на них делениями (обычно сантиметровыми или пятимиллиметровыми).

Для точного и технического нивелирования используют деревянные рейки РН-3 и РН-10. Рейка нивелирная РН-3 деревянная, двухсторонняя, шашечная применяется для измерения превышений с точностью 3 мм на 1 км хода. Рейка нивелирная РН-10 деревянная, двухсторонняя, шашечная применяется для измерения превышений с точностью 10 мм на 1 км хода (Рис. 9).

Концы нивелирных реек окованы металлическими пластинами, чем обеспечивается защита пятки реек от повреждений и сохранность начального отсчета. На черной стороне рейки, используемой для технического или точного нивелирования, нулевой отсчет совпадает с ее пяткой. Наименьшее деление другой шкалы всегда больше наибольшего деления черной шкалы.

Например, для реек длиной 3 м наименьший красный отсчет равен 4787 мм (4,787 м). Красные шкалы двух комплектных реек смещены друг относительно друга на 100 мм, например 4787 и 4687. Это позволяет контролировать работу наблюдателя на станции.

Новый стандарт качества и надежности среди нивелирных реек задают телескопические нивелирные рейки серии РТ (нивелирные рейки телескопические, рис. 10). Секции нивелирной рейки выполнены из цельнолитого с ребрами жесткости алюминиевого профиля. С лицевой стороны нивелирной рейки нанесена шкала типа «Е» красно-черного цвета. Точность нанесения шкалы $\pm 0,1$ мм на метр. На задней стороне нанесена миллиметровая шкала.

Нивелирные рейки серии РТ оборудованы особо прочным механизмом фиксации колен. Срок службы таких реек ограничен только сроком службы лакокрасочного покрытия.

Нивелирная рейка РТ выпускается в трех модификациях: 3, 4 и 5 м, с разным количеством секций. В верхней части первой секции имеется крепление для установки круглого уровня, который входит в комплект рейки.



Рис. 9. Нивелирные рейки серии РН-3



Рис. 10. Нивелирные рейки серии РТ

ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Поверки теодолита

Перед проведением полевых угловых измерений необходимо выполнить проверки теодолита, т. е. установить соответствие прибора основным геометрическим условиям, положенным в основу их конструкций.

Условие 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Условие 2. Вертикальный штрих сетки нитей должен находиться в вертикальной (коллимационной) плоскости. Коллимационная плоскость определяется плоскостью, образованной визирной осью зрительной трубы при ее вращении вокруг оси трубы.

Условие 3. Место нуля вертикального круга должно быть близким к нулю и постоянным.

Условие 4. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения (определение коллимационной погрешности c).

Условие 5. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Проверка 1. (Выполнение условия 1).

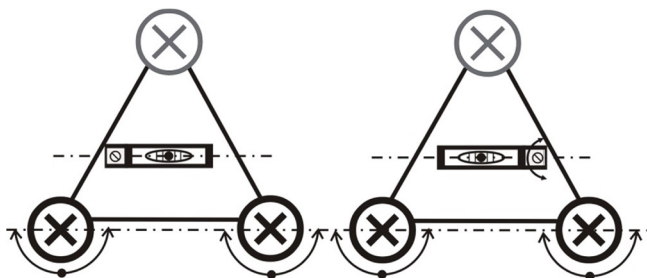


Рис. 11. Первая проверка теодолита

1. Установить ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по направлению на два любых подъемных винта подставки (Рис. 11). Вращением этих винтов в противоположные стороны привести пузырек уровня точно в нуль-пункт.

2. Повернуть колонку на 180° (это можно выполнить «на глаз» по симметрии частей колонки, либо по отсчетам шкалы горизонтального круга). Если пузырек уровня отклонился не более чем на одно деление от нуль-пункта, то условие считают выполненным. В этом случае проверку следует проконтролировать по двум другим подъемным винтам подставки.

3. Если пузырек уровня отклонился более чем на одно деление, то половину этого отклонения следует исправить подъемными винтами подставки, вращая их одновременно в противоположные стороны, а другую половину – юстировочными винтами уровня. После выполнения юстировки проверку повторяют на других подъемных винтах. Юстировочные винты уровня находятся на одном из его концов. Ими зажат хвостовик уровня.

Часто встречаются случаи, когда после выполнения п. 2 поверки пузырек полностью уходит в один из концов ампулы, т. е. ось уровня весьма заметно отклонена от горизонтального положения. В такой ситуации не регистрируется величина полного отклонения пузырька. Для оценки полного отклонения пузырька необходимо подъемными винтами привести пузырек уровня в нуль-пункт, при этом следует стараться поворачивать оба винта на один и тот же угол и считать число n таких поворотов. После этого надо возвратить пузырек назад на половину таких же оборотов подъемных винтов, а юстировочными винтами уровня привести пузырек в нуль-пункт. Такие действия выполняют до тех пор, пока исправляемое положение пузырька уровня не достигнет регистрируемой по уровню величины.

Поверка 2. (Выполнение условия 2).

Для поверки условия 2 визируют верх вертикальной нити сетки нитей на какую-либо точку и наводящим винтом зрительной трубы переводят изображение точки в нижнюю часть вертикальной нити. Если изображение точки при этом смещается не более чем на $1/3$ ширины биссектора сетки нитей, то условие 2 считают выполненным. В противном случае отпускают закрепительные винты окулярной части и поворачивают ее, пока вертикальный штрих не займет нужное положение сетки нитей. После этого закрепительные винты зажимают и повторяют поверку этого условия. Вертикальность нити сетки можно проверить и по нити отвеса, подвешенного на расстоянии 5–10 м от теодолита. Перпендикулярность вертикальной и горизонтальной нитей сетки гарантирует предприятие-изготовитель.

Поверка 3. (Выполнение условия 3).

При горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы и пузырька уровня при вертикальном круге в нуль-пункте отсчет по вертикальному кругу должен быть равен нулю. Для выполнения поверки места нуля ($M0$) выполняют следующие операции:

1. На местности выбирают несколько (3–4) точек примерно на горизонте прибора и определяют по всем выбранным направлениям значения места нуля ($M0$) вертикального круга

$$M0 = \frac{KЛ + КП}{2}.$$

Если колебания $M0$ превышают допустимую величину (двойная точность отсчетного устройства теодолита), а также само значение $M0$ существенно больше 0, то условие 3 считают не выполненным. Значительные колебания $M0$ говорят о неисправности теодолита, либо системы вертикального круга. Исследование неисправности и ремонт производится только в специализированной мастерской.

Если колебания $M0$ допустимы, но величина $M0$ больше 0, то обычно выполняют исправление $M0$. Если значение $M0$ большое, но стабильное, то, во-

обще говоря, можно пользоваться и этим значением. Но удобнее, когда оно близко к 0, в этом случае угол наклона примерно равен отсчету по вертикальному кругу при КЛ.

2. Вычисляют значение угла наклона (v) на какую-либо из выбранных точек по формуле:

$$v = \frac{КЛ - КП}{2}.$$

3. Наводящим винтом зрительной трубы устанавливают значение вычисленного угла наклона (при этом пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должен находиться в середине ампулы), а затем вертикальными юстировочными винтами сетки нитей перемещают изображение точки на горизонтальную нить сетки, либо в ее центр. Поверку необходимо повторить по другой точке.

Поверка 4. (Определение коллимационной погрешности c).

1. Выполнить визирование вертикальной нитью при двух положениях круга ($КП_1$ и $КЛ_1$) на удаленную точку, находящуюся примерно на горизонте прибора.

2. Затянуть закрепительный винт алидады, ослабить закрепительный винт лимба и повернуть горизонтальный круг на 180° . Затем винт лимба затянуть и повернуть колонку теодолита в первоначальное положение.

3. Выполнить п. 1 для той же точки и получить отсчеты $КП_2$ и $КЛ_2$.

Значение коллимационной погрешности получают по формуле

$$c = 0,25[(КП_1 - КЛ_1 \pm 180^\circ) + (КП_2 - КЛ_2 \pm 180^\circ)].$$

Если значение коллимационной погрешности превышает допустимую величину (для 4Т30П – $1'$), то выполняют юстировку.

4. Вычисляют правильный отсчет a на точку

$$a = 0,5(КП_2 + КЛ_2 \pm 180^\circ) \text{ и } a = КЛ_2 - c = КП_2 + c.$$

5. Наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет на лимбе ГК. При этом изображение точки сместится в сторону с центра сетки нитей (c вертикальной нити) на величину c .

6. Боковыми юстировочными винтами сетки нитей совместить ее центр (или вертикальную нить) с изображением точки. Поверку необходимо повторить по другой точке.

Поверка 5. (Выполнение условия 5).

1. Теодолит установить недалеко от высокого объекта (например, стены здания). В верхней части стены выбрать какую-либо заметную точку так, чтобы визирование на нее производилось при наклоне визирной оси к горизонту примерно на 30° (Рис. 12).

2. При КЛ и КП визируют на точку и сносят ее изображение на стену примерно на уровень высоты прибора. В этом месте лучше закрепить лист бумаги. Положение спроецированной точки на листе бумаги отмечают и измеряют между полученными метками (расстояние m , мм).

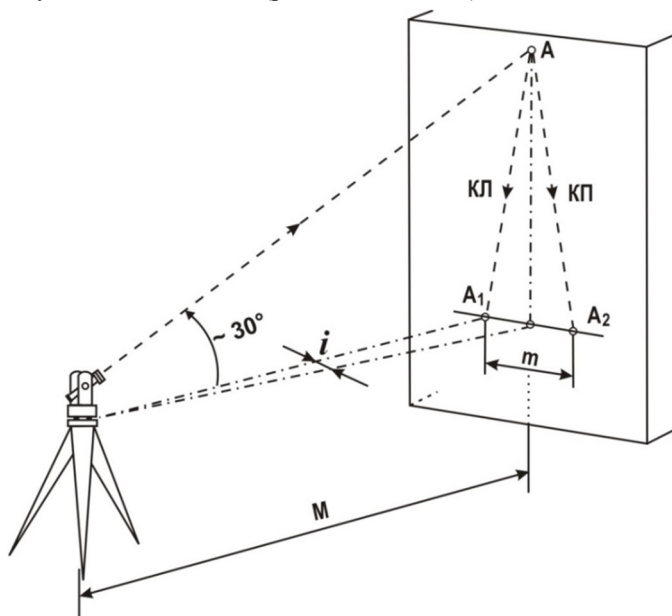


Рис. 12. Проверка перпендикулярности горизонтальной и вертикальной осей теодолита

3. Вычисляют угловую погрешность

$$i = \frac{m}{2M} \rho,$$

где M – расстояние от теодолита до стены (переведенное в мм); $\rho = 3438'$.

Предельная величина угла i не должна быть больше $0,5'$. При значениях указанного угла больше $0,5'$ исправление производят в мастерской.

Проверки нивелира

В нивелире проверяется выполнение следующих основных условий.

Условие 1. Ось установочного круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира.

Условие 2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть параллельна плоскости горизонта.

Условие 3. Главное условие нивелира. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальной или параллельной оси цилиндрического уровня.

При выполнении поверок нивелир должен быть установлен в рабочее положение. Поверки необходимо выполнять в последовательности указанных выше условий: 1, 2, 3.

Поверка 1. (Выполнение условия 1).

1. Расположить круглый уровень по направлению на один из подъемных винтов подставки и тщательно вывести его пузырек на середину ампулы.

2. Повернуть корпус нивелира на 180° . Если пузырек уровня не вышел при этом за пределы двойного кольца сетки уровня, то условие считают выполненным. Если отклонение пузырька от середины ампулы больше допустимого, то половину этого отклонения устраняют подъемными винтами подставки (в соответствии с направлением отклонения), а другую половину – юстировочными винтами уровня.

Поверку повторяют на другом винте подставки до тех пор, пока при любом положении корпуса нивелира пузырек уровня будет оставаться в допустимых пределах сетки ампулы.

Поверка 2. (Выполнение условия 2).

1. Навести последовательно крайние левый и правый края центральной горизонтальной нити сетки нитей на рейку с миллиметровыми делениями, установленную на расстоянии 4–5 м от нивелира, и взять по ней отсчеты. Если отсчеты отличаются, то необходимо ослабить закрепительные винты сетки и повернуть ее до необходимого положения, контролируя по отсчетам на рейке.

В качестве визирной цели можно использовать и рейку с сантиметровыми делениями, которую следует установить в 20–25 м от нивелира.

Поскольку предприятие-изготовитель гарантирует перпендикулярность горизонтальной и вертикальной нитей сетки, то поверку 2 можно выполнить с использованием отвеса, на который следует навести вертикальную нить. Условие 2 выполнено при совпадении вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы с нитяным отвесом. В противном случае сетку необходимо повернуть на необходимый угол. Для этого следует снять с сетки нитей защитный колпачок, ослабить закрепительные винты сетки и вручную повернуть сетку до соблюдения необходимого условия. После этого винты сетки последовательно в несколько приемов закрутить.

После юстировки сетки поверку следует повторить.

Поверка 3. (Поверка выполнения главного условия нивелира).

Визирная ось зрительной трубы нивелира должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (для нивелиров с цилиндрическим уровнем).

Поверка выполняется путем измерения одного и того же превышения дважды – из середины и с неравными расстояниями до реек.

На расстоянии 75-100 м друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (Рис. 13). В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и, приводя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, берут отсчеты a и b по рейкам и вычисляют превышение:

$$h = a - b.$$

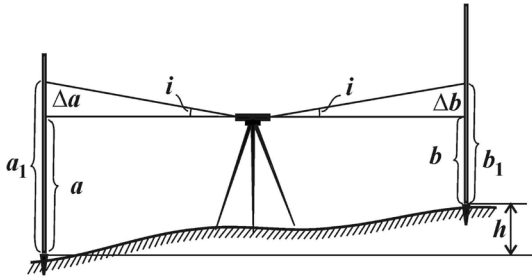


Рис. 13. Проверка цилиндрического уровня.
Измерения из середины

Если визирная ось трубы не параллельна оси уровня и потому наклонена на угол i , то вместо верных отсчетов a и b будут прочтены отсчеты a_1 и b_1 . Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчетах будут одинаковыми, $\Delta a = \Delta b$.

Вычисленное при этом превышение будет равно:

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b.$$

Следовательно, несмотря на ошибки отсчетов, вызванные непараллельностью оси уровня и визирной оси трубы, превышение, вычисленное по измерениям из середины, – верное.

Нивелир переносят и устанавливают на расстоянии 2–3 м от одной из реек (Рис. 14). Берут отсчет b_2 по ближней рейке. Из-за небольшого расстояния до рейки погрешность в отсчете b_2 , вызванная наклоном луча визирования, будет мала. Поэтому отсчет b_2 считают безошибочным.

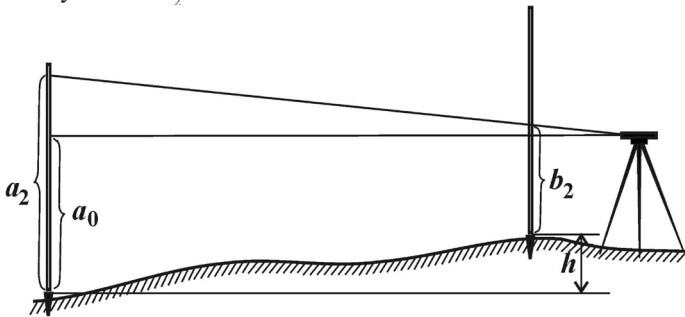


Рис. 14. Проверка цилиндрического уровня.
Измерения с неравными расстояниями до реек

Вычисляют отсчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален:

$$a_0 = b_2 + h.$$

Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отсчет a_2 . Сравнивают вычисленный и фактический отсчеты.

Если вычисленный a_0 и фактический a_2 отсчеты различаются не более, чем на 5 мм, то считают, что ось цилиндрического уровня параллельна визирной оси. В противном случае положение цилиндрического уровня необходимо исправить.

Для этого элевационным винтом наводят средний штрих сетки нитей на отсчет a_0 по дальней рейке. При этом пузырек цилиндрического уровня уйдет из нуль-пункта. Вертикальными исправительными винтами приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РЕКОГНОСЦИРОВКА И ЗАКЛАДКА ПУНКТОВ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ. ПЛАНОВОЕ И ВЫСОТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Задача: усвоение методики создания планового обоснования на строительном участке, закрепление навыков измерения горизонтальных углов и расстояний на местности, самостоятельное выполнение обработки геодезических измерений и вычисление координат точек обоснования.

Создание планового съемочного обоснования для топографической съемки участка местности в масштабе 1:500 в виде теодолитного хода.

Полевые геодезические работы при создании съемочного обоснования:

- рекогносцировка (изучение) участка местности, отметка местоположения пунктов;
- привязка точек съемочного обоснования к пунктам геодезической сети;
- измерение горизонтальных и вертикальных углов;
- измерение длин сторон;
- вычисление координат пунктов съемочного обоснования.

Каждой бригаде отводится участок для топографической съемки.

В качестве плановой основы съемки используют теодолитные ходы, которые прокладывают по периметру участка местности с опорой на существующие точки государственной геодезической сети.

Если съемка ведется в условной системе координат при отсутствии точек главной геодезической сети, то следует предусмотреть возможность определения на местности магнитного азимута исходной стороны и значений склонения магнитной стрелки, сближения меридианов (с топографической карты данного участка).

Высотным обоснованием съемки служат нивелирные ходы, проложенные по пунктам теодолитных ходов.

Перед началом полевых измерений производят осмотр территории, подлежащей съемке, цель которого – выяснить характер рельефа, растительности и т. д., а также наличие и состояние центров государственной геодезической сети.

По данным рекогносцировки составляют предварительный проект рабочего обоснования, который должен отвечать следующим требованиям:

- хорошая взаимная видимость между соседними пунктами основы;
- пункты основы должны обеспечивать хороший обзор местности для топографической съемки;
- количество пунктов, их взаимное расположение выбирают с таким расчетом, чтобы с этих пунктов можно было снять полностью весь участок съемки. При съемке расстояние от пункта основы до снимаемой точки не должно превышать 100 м;

- удобство установки инструмента;
- удобство для линейных измерений и нивелирования;
- расстояние между соседними пунктами должно быть не более 150 м и не менее 50 м.

Пункты закрепляются на местности предварительно заготовленными деревянными кольшками и сторожками диаметром 2–4 см (Рис. 15).

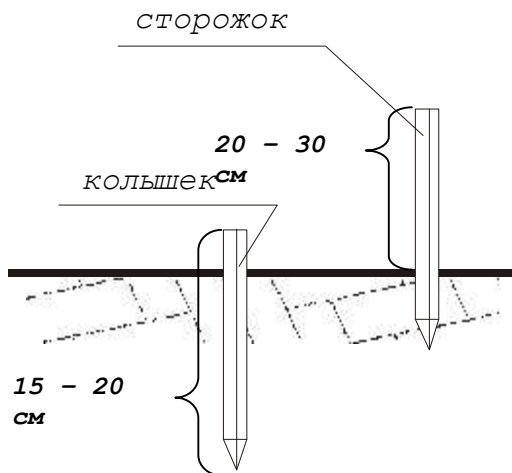


Рис. 15. Закрепление точек на местности

Кольшек будет являться носителем координат и высоты. Он в процессе всей практики должен оставаться жестко зафиксированным. Кольшек вбивают вровень с землей, оставляя не более 1–2 см над поверхностью. В центре кольшка забивают маленький гвоздик, над которым в дальнейшем будет центрироваться теодолит. Если во время практики кольшек изменит свое положение, необходимо будет его закрепить заново и определить его координаты и высоту.

Сторожок служит для удобства отыскания пункта. Его должно быть хорошо видно на местности. На сторожке топором делают срез, на котором записывают номер бригады и номер пункта.

На отдельном листе бумаги составляется абрис теодолитного хода, на котором указывают расположение и номера точек, углы и линии, подлежащие измерению (Рис. 16).

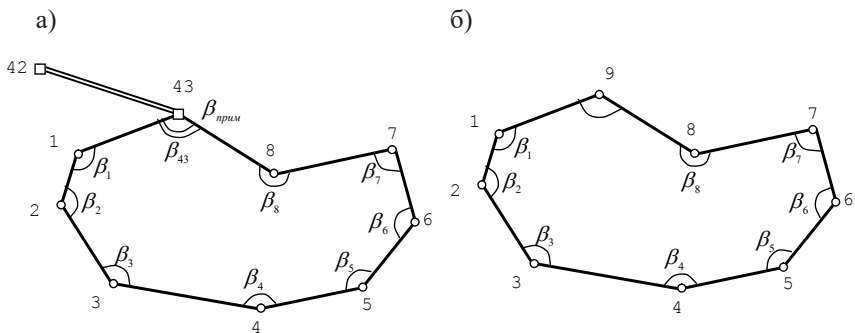


Рис. 16. Схема теодолитного хода:

а) при наличии точек геодезической сети; б) при отсутствии точек геодезической сети

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И РАССТОЯНИЙ В ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ, ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение горизонтальных углов. Для выполнения работы необходимо иметь следующие инструменты и принадлежности: теодолит, штатив, мерную ленту со шпильками, вешки (2 шт.), журнал измерения углов, колья, топор.

Угловые измерения производят 30-секундными теодолитами типа 2ТЗ0П способом приемов. Подготовка прибора к измерению углов на станции состоит из следующих действий:

- а) установки теодолита над вершиной измеряемого угла (центрирование);
- б) приведение плоскости лимба в горизонтальное положение (горизонтирование);
- в) установки зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование инструмента выполняют с точностью 0,5 см.

Измерение горизонтальных углов в теодолитных ходах производят способом приемов, последовательно перемещаясь с точки на точку по ходу часовой стрелки. Измеряют правые по ходу внутренние углы полигона.

Визирование производят на основании вех, отвесно устанавливаемых на вершинах углов полигона.

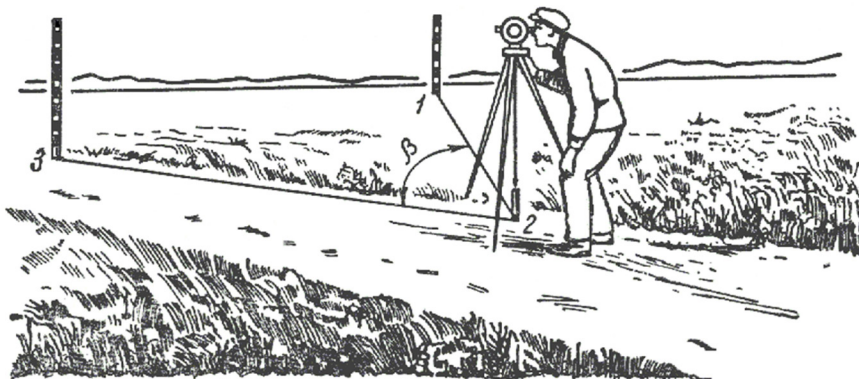


Рис. 17. Измерение горизонтальных углов теодолитом

Открыв алидаду при КЛ, визируют на основание задней вехи (по ходу движения, точка 1, рис. 17), производят отсчет по горизонтальному кругу. Затем при том же положении круга (КЛ) визируют на переднюю веху (точка 2, рис. 17) и производят второй отсчет по горизонтальному кругу. Результаты наблюдений записывают в журнал наблюдений (табл. 1). Разность отсчетов на задние и передние вехи определяет значение горизонтального угла в полуприеме. Если задний отсчет меньше переднего, то при вычитании к первому отсчету прибавляют 360° .

Аналогично измерение угла выполняют при другом положении круга (КП). Разность в значениях измеренного угла между полуприемами не должна превышать $1'$. Среднее значение угла из двух полуприемов записывают в журнал, округляя до десятых долей минуты.

Значения горизонтальных углов удобнее определять, измеряя магнитные азимуты сторон теодолитного хода, так как появляется возможность контролировать правильность измерений прямых и обратных азимутов сторон при разных положениях вертикального круга теодолита.

Для измерения магнитного азимута заданного направления теодолит с ориентир-буссолью устанавливают над исходной точкой. Закрепив винт лимба и открепив винт алидады, совмещают нулевые штрихи лимба и алидады (Рис. 18).

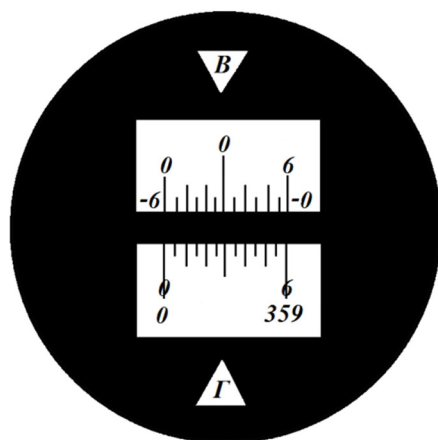


Рис. 18. Совмещение нулевых штрихов лимба и алидады на шкале горизонтального круга

Алидаду закрепляют и наводящим винтом добиваются точного совпадения нулей. Открепив затем лимб, вращают его, наводя зрительную трубу на север. После этого лимб закрепляют. Освободив арретиром магнитную стрелку буссоли, наводящим винтом лимба добиваются точного совпадения конца магнитной стрелки с нулевым делением шкалы буссоли. В этом случае обеспечивается совпадение нулевых отсчетов на лимбе и буссоли с направлением на север по магнитному меридиану. После этого открепляют алидаду, устанавливают зрительную трубу на заданное направление и берут отсчет по шкале горизонтального круга, который и соответствует его магнитному азимуту.

Если известно магнитное склонение δ , то определив магнитный азимут можно вычислить географический азимут:

$$A_r = A_M \pm \delta.$$

Закончив измерение и вычисление угла на станции, прибор переносят на следующую вершину, где общий порядок наблюдений повторяется.

По окончании всех измерений вычисляют угловую невязку:

$$f_{\beta} = \sum \beta - 180^{\circ} \times (n - 2),$$

где $\sum \beta$ – сумма вычисленных внутренних углов теодолитного хода; n – число измеренных углов и допустимую невязку:

$$f_{\text{доп}} = 1' \sqrt{n}.$$

Угловая невязка не должна превышать допустимой невязки. Если полученная невязка окажется больше допустимого значения, то необходимо проверить все вычисления в журнале. В противном случае надо заново измерить углы.

Измерение длин линий

Различают непосредственное измерение расстояний и измерение расстояний с помощью специальных приборов, называемых дальномерами. Непосредственное измерение выполняют мерными лентами и рулетками.



Рис. 19. Мерная лента с железными шпильками

Мерные ленты обеспечивают точность измерений около 1:2000, т. е. для расстояния в 1 км ошибка может достигать 50 см. Мерная лента – это стальная лента шириной от 10 до 20 мм и толщиной 0,4–0,5 мм. Обычно мерные ленты имеют длину 20 м. Целые метры отмечены пластинами с выбитыми на них номерами метров, полуметры отмечены круглыми заклепками, дециметры – круглыми отверстиями диаметром 2 мм (Рис. 19).

Измерение линий теодолитного хода мерной лентой производят одновременно с измерением углов (с некоторым опережением или отставанием, чтобы не мешать друг другу).

При измерении длин линий по разным причинам возникают погрешности. Поэтому для контроля и повышения точности результатов измерений каждую линию измеряют дважды, в прямом и обратном направлениях. Измерения выполняют лентой, натягиваемой с возможно большим усилием. Для проведения измерений на конце линии устанавливают вежу, и мерщик, стоящий сзади, наблюдает по створу линии за правильным положением ленты в створе, подавая команду мерщику, стоящему впереди. Когда лента будет уложена, мерщик, стоящий сзади, совмещает ее начало с исходной точкой, а передний, натянув ленту, отмечает шпилькой ее конец. Последовательным уложением ленты по створу измеряется вся длина линии. При измерении остатков (домеров) отсчеты делают на глаз с точностью до 1 см.

Расхождение между результатами прямого и обратного измерений не должно превышать 5 см на 100 м. Если расхождение не выходит за допустимые пределы, то вычисляют среднее арифметическое значение длины:

$$D_{\text{ср.}} = \frac{D_{\text{пр.}} + D_{\text{обр.}}}{2} .$$

Если расхождение больше допустимого, линию измеряют заново. Результаты заносятся в журнал и схему теодолитного хода.

Сторону теодолитного хода, имеющую разные уклоны, разделяют на отдельные звенья с постоянным уклоном и измеряют по частям.

На местности, пересеченной буграми, рекомендуется производить измерение сторон способом ватерпасовки, т. е. при горизонтальном на глаз положении ленты один или оба ее конца проектируют на землю отвесами.

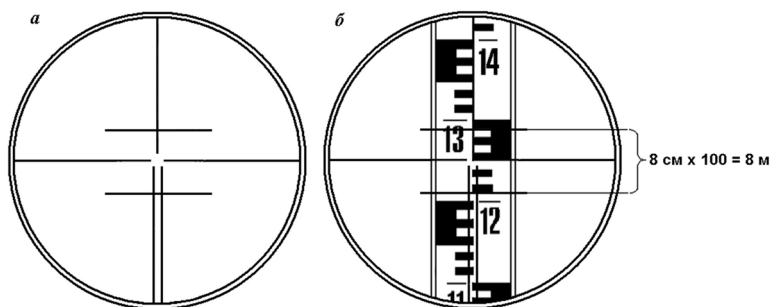


Рис. 20. Сетка нитей зрительной трубы теодолита (а), измерение расстояний с помощью нитяного дальномера (б), 100 – коэффициент дальномера

В сетке нитей зрительных труб, как правило, имеются две дополнительные горизонтальные нити, расположенные по обе стороны от центра сетки нитей на равных расстояниях от него; это – дальномерные нити (Рис. 20, а).

Разность отсчетов по дальномерным штрихам в сантиметрах, умноженная на коэффициент дальномера (у большинства приборов он равен 100), выразит расстояние в метрах. Так, например, если разность отсчетов по рейке равна 8 см, то расстояние составит 8 м (Рис. 20, б).

При работе с нитяным дальномером необходимо произвести проверку, заключающуюся в практическом определении коэффициента дальномера. Для этого рейку устанавливают в 100 м от оси прибора и берут отсчеты по дальномерным нитям. Нижний отсчет на рейке не должен быть ниже 1 м над поверхностью земли в целях устранения влияния рефракции на отсчеты.

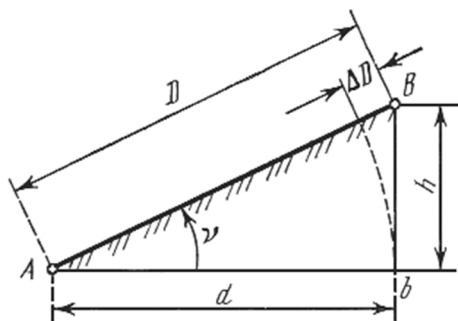


Рис. 21. Горизонтальная проекция линии

Для составления плана нужно знать не наклонную длину линии, а ее горизонтальную проекцию.

Из рисунка 21 видно, что:

$$\Delta D = D - d = D - \cos \nu = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}.$$

Величина ΔD называется поправкой за наклон линий местности к горизонту. Ее можно определить с помощью калькулятора и таблиц тригонометрических функций, либо по специальным таблицам, составленным для различных расстояний и углов наклона местности к горизонту ν (Приложение. 1).

Результаты угловых и линейных измерений заносят в журнал (Табл. 1)

Таблица 1 – Журнал угловых и линейных измерений

Дата: 05.07.2020				Теодолит 2ТЗ0П	№ 56272	Видимость Хорошая			
Станция	Точки визир.	Отсчеты по горизонтальному кругу		Значение угла из полупри- ема	Среднее значение углов	Длина линии (м)		Угол нак- лона	Горизон- тальное проложе- ние (м)
		КЛ	КП			измерен- ная	средняя		
1	4	348°07' 30"	165°22' 30"	86°59' 30"	87°00' 00"	58,38			
	2	261°08' 00"	78°22' 00"	87°00' 30"		79,28	79,27	-0°42'	79,25

Дата: 05.07.2020			Теодолит 2Т30П		№ 56272		Видимость Хорошая		
Станция	Точки визир.	Отсчеты по горизонтальному кругу		Значение угла из полуприема	Среднее значение углов	Длина линии (м)		Угол наклона	Горизон- тальное проложе- ние (м)
		КЛ	КП			измерен- ная	средняя		
2	1	197°55'00"	10°48'30"	89°14'00"	89°14'30"	79,26			
	3	108°41'00"	281°33'30"	89°15'00"		69,06	69,07	2°54'	68,89
3	2	275°04'00"	92°50'00"	82°32'00"	82°32'00"	69,08			
	4	192°32'00"	10°18'00"	82°32'00"		76,09	76,11	-0°36'	76,09
4	3	354°48'00"	149°32'00"	101°12'00"	101°12'30"	76,13			
	1	253°36'00"	48°19'00"	101°13'00"		58,36	58,37	3°48'	58,11

Измерение вертикальных углов

Для измерения вертикальных углов, т. е. углов наклона, предназначен вертикальный круг теодолита.

Вертикальный круг большинства теодолитов устроен следующим образом: лимб вертикального круга жестко соединен с трубой (насажен на один из концов оси трубы), центр лимба совмещен с геометрической осью вращения трубы, а его плоскость перпендикулярна этой оси. Деления на лимбе теодолита 2Т30П нанесены от 0° до 180° в обе стороны со знаками «плюс» и «минус».

Вертикальные углы измеряют в прямом и обратном направлениях. На каждой станции измеряют высоту инструмента с точностью до 1 см, отмечают эту высоту на вехе.

Веху устанавливают вертикально сначала на предыдущей, затем на последующей точках хода.

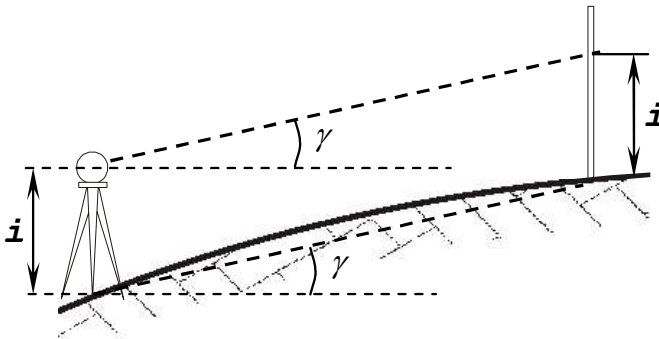


Рис. 22. Измерение вертикальных углов

При измерении вертикального угла пузырек цилиндрического уровня горизонтального круга должен быть на середине. Среднюю горизонтальную нить наводят на веху, на высоту инструмента (Рис. 22) при положении КЛ,

затем КП и снимают отсчеты по вертикальному кругу КЛ и КП, которые записывают в журнал.

Для получения величины угла наклона при помощи отсчетов по вертикальному кругу необходимо знать место нуля вертикального круга, обозначаемого символом $M0$.

Таблица 2 – Журнал измерения вертикальных углов

Дата: 05.07.2020		Теодолит 2ТЗ0П	№ 56272	Видимость хорошая	
Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля	Углы наклона ν
Стояния	Визирования				
В	А	КЛ КП	4°32' - 4°30'	0°01'	4°31'
	С	КЛ КП	-7°27' 7°24'	-0°01'30"	-7°25'30"

Местом нуля называют отсчеты по лимбу вертикального круга, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня при его алидаде находится в нуль-пункте. При хорошо отъюстированном приборе место нуля должно быть близким к 0° . Но практически значение $M0$ отличается от нулевого отсчета на некоторую величину, которую необходимо учитывать в определении угла наклона ν . Для удобства расчетов $M0$ приводят к значению близкому к нулю с положительным или отрицательным знаком. Например, $M0 = + 0^\circ 01'$ или $M0 = - 0^\circ 02'$.

Расчетные формулы по определению места нуля и вертикальных углов обычно приводятся в паспортах и зависят от типа оцифровки и основного положения вертикального круга – право ($КП$) или лево ($КЛ$).

Для теодолита 2ТЗ0П они имеют следующий вид:

$$M0 = \frac{КЛ + КП}{2} \quad \nu = КЛ - M0,$$

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2} \quad \nu = M0 - КП.$$

Определение ν ведут обычно по одной формуле, а остальными пользуются для контроля.

Значение места нуля: $M0 \leq 2'$. Если $M0 \geq 2'$, то выполняют юстировку. По вертикальному кругу устанавливают отсчет, равный углу наклона:

$$\nu = КЛ - M0.$$

При этом изображение наблюдаемой точки сместится из центра сетки нитей. Ослабив боковые исправительные винты сетки нитей, вертикальными исправительными винтами совмещают центр сетки нитей с наблюдаемой точкой. Закрепляют винты.

Отсчет величины вертикального круга производят по шкале микроскопа с индексом «В». Для теодолита 2ТЗ0П, при положительных углах, минуты считают слева направо от 0 до 6 (60'), при отрицательных – справа налево, от –0 до –6 (–60') (Рис. 2).

Привязка замкнутого теодолитного хода

Привязка теодолитного хода выполняется в целях вычисления координат вершин хода в принятой системе координат.

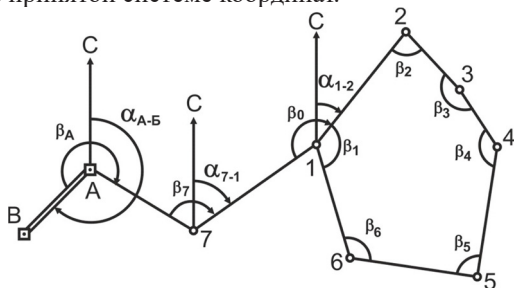


Рис. 23. Привязка теодолитного хода

Она может быть выполнена от двух пунктов (А и В) опорной геодезической сети или от одного пункта (А). Для привязки к двум пунктам от ближайшей точки замкнутого теодолитного хода прокладывают дополнительный (привязочный) теодолитный ход (1-7-А) (Рис. 23), в котором измеряют правые по ходу углы $\beta_0, \beta_7, \beta_A$ и длины сторон 1-7 и 7-А. Углы β_0 и β_A в привязочном ходе называют *примычными*. По дирекционному углу опорной стороны АВ вычисляют дирекционные углы привязочного хода:

$$\begin{aligned} \alpha_{A-7} &= \alpha_{A-B} + \beta_A, \\ \alpha_{7-1} &= \alpha_{A-7} - 180^\circ + \beta_7, \\ \alpha_{1-2} &= \alpha_{7-1} - 180^\circ + \beta_0. \end{aligned}$$

Зная координаты опорного пункта А, по длинам сторон привязочного хода и дирекционным углам вычисляют координаты начальной точки основного теодолитного хода (точка 1), используя формулы прямой геодезической задачи. Для рисунка 23 будем иметь:

$$\begin{aligned} X_7 &= X_A + d_{A-7} \cdot \cos \alpha_{A-7}, \\ Y_7 &= Y_A + d_{A-7} \cdot \sin \alpha_{A-7}. \end{aligned}$$

Аналогично:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_7 + d_{7-1} \cdot \cos \alpha_{7-1}, \\ Y_1 &= Y_7 + d_{7-1} \cdot \sin \alpha_{7-1}. \end{aligned}$$

Таким образом, координаты начальной точки (X_p, Y_p) будут получены в общегосударственной системе координат.

Если известен только один опорный пункт, например, пункт А на рисунке 23, на нем измеряют магнитный азимут стороны А-7. По магнитному азимуту вычисляют дирекционный угол стороны А-7:

$$\alpha_{A-7} = A_M + \delta - \gamma,$$

где A_M – магнитный азимут стороны А-7, измеренный теодолитом с помощью ориентир буссоли; δ – магнитное склонение; γ – сближение меридианов.

Значения величин магнитного склонения и сближения меридианов берут из карты. Дальнейшие действия по привязке к одному исходному пункту А ведут аналогично привязке замкнутого хода к двум исходным пунктам, описанным выше.

После определения координат начальной точки замкнутого теодолитного хода в нем производят необходимые угловые (горизонтальные и вертикальные) и линейные измерения.

Обработка материалов полевых измерений

Процесс состоит в проверке полевых журналов и абрисов, обработке результатов угловых и линейных измерений с вычислением координат точек теодолитных ходов.

Исходными данными для вычислений являются координаты точки 1 и дирекционный угол стороны 1-2 (условные: $x = 1700$ м, $y = 950$ м, $\alpha = 37^\circ 15'$).

1. Проставляют со схемы номера пунктов по направлению часовой стрелки (графа 1).

2. Выписывают из полевого журнала средние значения измеренных горизонтальных углов (графа 2).

3. Записывают значение дирекционного угла стороны 1-2 (графа 4) и горизонтальные проложения сторон теодолитного хода (графа 6), вычисляемые по формуле:

$$d = D - \Delta l,$$

где D – длина стороны теодолитного хода, Δl – поправка за наклон линии к горизонту. Поправку за наклон к горизонту Δl учитывают при углах наклона $\nu > 2^\circ$ и вычисляют по формуле:

$$\Delta l = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}.$$

Затем подсчитывают сумму измеренных углов $\sum \beta_{\text{п}}$ и сравнивают ее с теоретической, которая для замкнутого полигона, содержащего n углов, будет:

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

-0,5 Водомость вычисления координат

Таблица 3

№ верш.	Углы		Дирекци- онные углы α	Румбы r	Горизон- тальное продоль- ное d	Приращеня координат				Координаты	
	измерен- ные	исправ- ленные				вычисленные		исправленные		$\pm x$	$\pm y$
						$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	119°46' -1'	119°45'	37°15'	СВ:37°15'	74,53	0,02	-0,02	59,35	45,09	1700	950
2	81°20' -1'	81°19'	135°56'	ЮВ:44°04'	50,19	59,33 0,01	45,11 -0,02	-36,05	34,89	1759,35	995,09
3	177°11'	177°11'	138°45'	ЮВ:41°15'	45,89	-36,06 0,01	34,91 -0,02	-34,49	30,24	1723,3	1029,98
4	129°41'	129°41'	189°04'	ЮЗ:9°04'	67,98	-34,5 0,02	30,26 -0,02	-67,11	-10,73	1688,81	1060,22
5	87°57'	87°57'	281°07'	СЗ:78°53'	73,62	-67,13 0,02	-10,71 -0,03	14,21	-72,27	1621,7	1049,49
6	124°07'	124°07'	337°0'	СЗ:23°0'	69,60	14,19 0,02	-72,24 -0,03	64,09	-27,22	1635,91	977,22
1		119°45'	37°15'			64,07	-27,19			1700	950
					$P=381,81$	+137,59	+110,28	+137,65	+110,22		
						-137,69	-110,14	-137,65	-110,22		
						$f_x = -0,1$	$f_y = 0,14$	0	0		

Угловая невязка $f_{\beta} = +02'$

Угловая невязка допустимая

$$f_{\beta \text{ доп.}} = \pm 1' \sqrt{6} = 02,4'$$

$$f_s = \pm \sqrt{0,1^2 + 0,14^2} = 0,17 \text{ м}$$

$$\frac{f_s}{P} = \frac{0,17}{381,81} = \frac{1}{2245,94} < \frac{1}{3000}$$

4. Разность полученного значения сумм углов составит угловую невязку хода:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\Pi} - \sum \beta_{T}.$$

5. Сравнивают полученную величину f_{β} с допустимой $f_{\beta_{доп}}$ угловой невязкой, вычисляемой по формуле:

$$f_{\beta_{доп}} = 1' \sqrt{n}.$$

Результаты вычислений, указанных в пунктах 4 и 5, записывают под итоговой чертой (табл. 3).

6. Полученную невязку, если она допустима, распределяют с обратным знаком поровну во все углы. Если невязка не кратна числу углов, то большую поправку получают углы, составленные более короткими сторонами. Невязка распределяется в углы по 0,5' или 1,0'. Исправленные углы записывают в графу 3.

7. Контролируют правильность увязки углов, для чего подсчитывают сумму исправленных углов (табл. 3 графа 3), которая должна равняться теоретической.

8. По исходному дирекционному углу (азимуту) и увязанным углам полигона вычисляют дирекционные углы (азимуты) остальных сторон по формуле:

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

где α_n – дирекционный угол последующей стороны; β_n – увязанный правый по ходу угол между этими сторонами.

Для рассматриваемого примера по дирекционному углу (азимуту) стороны 1-2, равного $35^{\circ}55'$, и по исправленным углам вычисляют дирекционные углы (азимуты) других сторон полигона.

α_{1-2}		$37^{\circ}15'$			$369^{\circ}04'$
	+	<u>180°</u>	β_5	-	$87^{\circ}57'$
		$217^{\circ}15'$	α_{5-6}		$281^{\circ}07'$
β_2	-	<u>$81^{\circ}19'$</u>		+	<u>180°</u>
α_{2-3}		$135^{\circ}56'$			$461^{\circ}07'$
	+	<u>180°</u>	β_6	-	$124^{\circ}07'$
		$315^{\circ}56'$	α_{6-1}		$337^{\circ}0'$
β_3	-	<u>$177^{\circ}11'$</u>		+	<u>180°</u>
α_{3-4}		$138^{\circ}45'$			$517^{\circ}0'$
	+	<u>180°</u>	β_1	-	$119^{\circ}45'$
		$318^{\circ}45'$			$397^{\circ}15'$
β_4	-	<u>$129^{\circ}41'$</u>		-	360°
α_{4-5}		$189^{\circ}04'$	α_{1-2}		$37^{\circ}15'$
	+	<u>180°</u>			

Если один из дирекционных углов получится больше 360° , то его нужно уменьшить на 360° , а если сумма $\alpha_{n-1} + 180^\circ$ будет меньше вычитаемого угла β_n , то ее нужно увеличить на 360° , после чего вычесть угол β_n .

В замкнутом ходе контролем вычисления дирекционных углов является получение дирекционного угла исходной стороны.

9. Переводят дирекционные углы в румбы. Значения и названия вычисленных румбов записывают в графу 5 таблицы 3.

10. Вычисляют приращения прямоугольных координат по формулам:

$$\Delta x = \pm d \cos r; \Delta y = \pm d \sin r.$$

Знаки приращений определяют в зависимости от названия румбов. Если в названии румба первая буква «С», тогда знак ΔX будет + (плюс), если в названии румбов вторая буква «В», то Δy будет иметь знак + (плюс). В остальных случаях для ΔX и ΔY будет знак – (минус).

11. Находят невязки f_x и f_y в приращениях координат соответственно по осям X и Y :

$$\sum \Delta x = \pm f_x; \sum \Delta y = f_y.$$

Для этого отдельно по графам 7 и 8 (табл. 3) складывают положительные значения приращений, а затем отрицательные значения, вычитают алгебраическую сумму и результаты записывают под итоговой чертой.

12. Определяют абсолютную невязку f_s в периметре полигона:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

13. Вычисляют относительную невязку в периметре как частное от деления f_s на периметр P полигона. Относительная невязка не должна превышать $1/3000$ доли периметра.

Для рассматриваемого примера относительная невязка будет:

$$f_{отн} = f_s / P = 0,17/381,81 = 1/2245,94 < 1/3000.$$

Если относительная невязка допустима, то в приращения координат вводят поправки, пропорционально длинам сторон полигона, вычисляемые по формулам:

$$v_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i, \quad v_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i,$$

где v_{x_i} и v_{y_i} – поправки в приращения координат соответственно по осям X и Y .

Например, поправки в приращения координат стороны $l-2$ основного полигона будут:

$$v_{x_{i-2}} = \frac{f_x}{P} = \frac{-0,1}{381,81\text{м}} \cdot 74,53\text{м} = -0,02\text{м},$$

$$v_{y_{i-2}} = \frac{f_y}{P} = \frac{0,14}{381,81\text{м}} \cdot 74,53\text{м} = 0,02\text{м}.$$

Полученные поправки округляют до сотых долей метра и записывают с обратным знаком сверху над соответствующими значениями приращений (табл. 3 графы 7 и 8). В графы 9 и 10 записывают вычисленные с учетом поправок приращения.

Алгебраическая сумма исправленных (увязанных) приращений координат по каждой оси должна быть равна нулю.

$$\sum \Delta x_{испр.} = 0; \sum \Delta y_{испр.} = 0.$$

15. По исправленным приращениям вычисляют координаты вершин основного полигона по формулам:

$$x_{n+1} = x_n + \Delta x_{испр.}; y_{n+1} = y_n + \Delta y_{испр.},$$

где x_{n+1}, y_{n+1} – координаты последующей точки соответственно по осям x и y ; $\Delta x_{испр.}, \Delta y_{испр.}$ – исправленные приращения, взятые со своими знаками.

Вычисленные координаты записывают в графы 11 и 12 (табл. 3) Контролем правильности вычисления координат является получение координат исходной точки.

Составление плана

План составляют на листе чертежной бумаги, размер которой определяют по значениям координат вершин теодолитных ходов и заданному масштабу плана.

Построение координатной сетки. Рассмотрим построение координатной сетки со стороной квадрата 5 см применительно к координатам вершин полигона (табл. 3). Небольшое число квадратов сетки может быть построено при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Эту работу выполняют в такой последовательности.

На листе чертежной бумаги размером А4 вычерчивают координатную сетку (Рис. 24). С этой целью строят прямоугольник, для чего через весь лист бумаги проводят две диагонали и от точки пересечения их (О) откладывают измерителем по направлению к каждой вершине листа одинаковые отрезки, например, по 15 см. Полученные наколы на диагоналях соединяют по линейке тонкими линиями.

Прямоугольник АБВГ будет служить базой для построения сетки. Затем с масштабной линейки берут измерителем отрезок в 5 см и последовательно откладывают его на сторонах прямоугольника по линиям АБ, АГ, БВ и ГВ. Полученные точки на противоположных сторонах попарно соединяют прямыми линиями. Пересечения этих линий и образуют сетку квадратов, или координатную сетку.

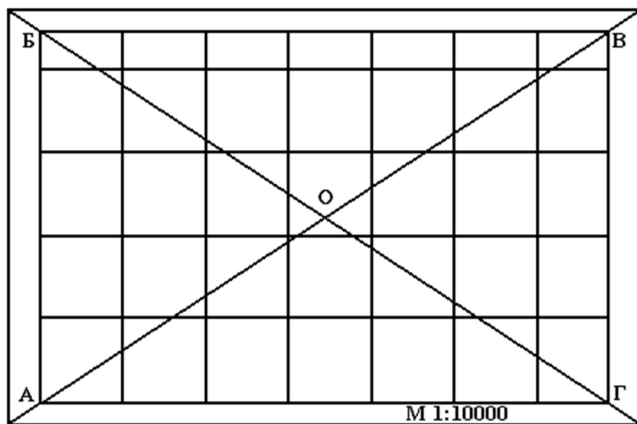


Рис. 24. Построение координатной сетки

Оставшиеся на противоположных сторонах прямоугольника отрезки должны быть равны между собой попарно, что служит контролем построения сетки. Затем измерителем проверяют равенство диагоналей полученных квадратов, причем расхождения должны быть не более 0,2 мм.

Если качество построения окажется неудовлетворительным, то никакие исправления на построенной сетке не делаются, а она заново перестраивается на другом листе бумаги.

Для оцифровки линий координатной сетки следует воспользоваться данными, приведенными в ведомости координат (табл. 3).

Рассмотрим пример оцифровки сетки координат (Рис. 25).

По значениям координат x и y выбрать их максимальные и минимальные значения:

$$\begin{aligned} x_{\text{макс.}} &= 2293,35 \text{ м (точка 2)} & x_{\text{мин.}} &= 916,90 \text{ м (точка 5)} \\ y_{\text{макс.}} &= 2052,19 \text{ м (точка 4)} & y_{\text{мин.}} &= 950,00 \text{ м (точка 1)} \end{aligned}$$

По минимальным значениям x и y назначается оцифровка южной (нижней) и западной (левой) линий. На север и на восток с интервалом 50 м оцифровываются остальные линии сетки. По крайним оцифрованным линиям и значениям максимальных координат x и y необходимо убедиться в том, что теодолитный ход полностью находится в пределах вычерченной сетки квадратов.

Подписи линий сетки координат делают против выходов на южной стороне для ординат и на западной – для абсцисс.

Для нанесения точек теодолитного хода можно воспользоваться поперечным масштабом, выгравированным на геодезическом транспортире, либо специальной масштабной линейке. Величины отрезков следует брать в раствор циркуля-измерителя.

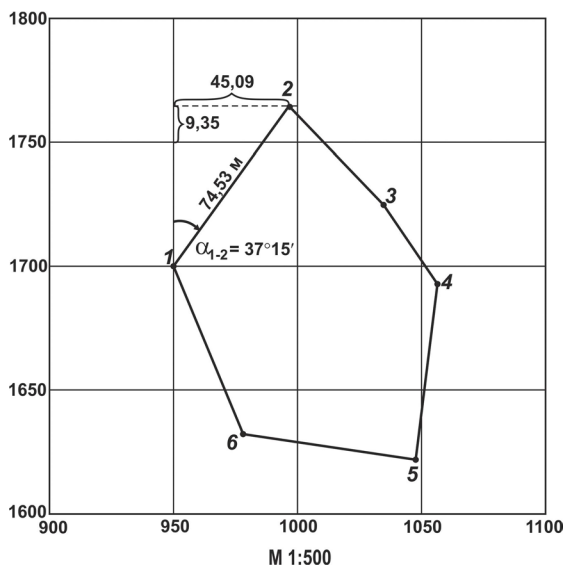


Рис. 25. Построение плана полигона теодолитной съемки по координатам

Предположим, что нам необходимо нанести на план точку 2 с координатами $x_1 = 1759,35$ м, $y_1 = 995,09$ м (табл. 3). Точка 2 находится выше координатной линии 1750 на 9,35 м и правее координатной линии 950 на 45,09 м. По боковым сторонам квадрата 1750-950 необходимо отложить два раза отрезки 9,35 м и 45,09 м и сделать наколы иглой измерителя.

Диаметр наколотой точки должен быть не более 0,1 мм. Затем по ребру линейки, установленному по наколам, слева направо отложить отрезок 45,09 м, а снизу вверх – 9,35 м. В месте положения точки 2 сделать накол, кружком диаметром 2 мм карандашом отметить место накола и подписать номер точки.

После нанесения каждой точки теодолитного хода следует проверить качество работ. *Оценочный контроль* нанесения точки выполняют по значению дирекционного угла (в данном случае привязку одной из точек съемочного обоснования к реперам опорной высотной сети).

Проводятся: измерение превышений между точками съемочного обоснования; обработка результатов измерений.

Отметки точек на местности определяют по превышению одной точки относительно другой, отметка которой известна. Процесс измерения превышения одной точки относительно другой называется нивелированием. Начальной точкой счета высот является нуль Кронштадтского футштока (горизон-

тальная черта на медной пластине, прикрепленной к устою одного из мостов Кронштадта). От этого нуля идут ходы нивелирования, пункты которых имеют отметки в Балтийской системе высот. Затем от этих пунктов с известными отметками прокладывают новые нивелирные ходы и так далее, пока не получится довольно густая сеть, каждая точка которой имеет известную отметку. Эта сеть называется государственной сетью нивелирования; она покрывает всю территорию государства.

При геометрическом нивелировании превышение между точками определяют с помощью горизонтального луча визирования, который реализует специальный геодезический прибор – нивелир.

Различают два вида геометрического нивелирования: нивелирование из середины и нивелирование вперед.

При нивелировании из середины нивелир устанавливают между точками A и B , а на точках A и B ставят нивелирные рейки (Рис. 26). При движении от точки A к точке B , рейка в точке A называется задней, рейка в точке B – передней. Сначала наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет a , затем наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчет b . Превышение точки B относительно точки A получают по формуле:

$$h = a - b.$$

Если $a > b$, превышение положительное, если $a < b$ – отрицательное. Отметка точки B вычисляется по формуле:

$$H_b = H_a + h.$$

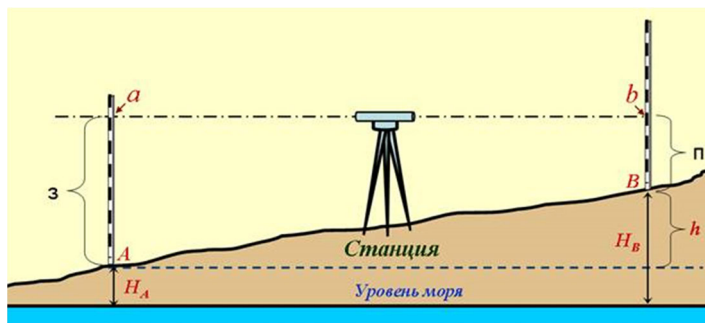


Рис. 26. Геометрическое нивелирование из середины

Высота визирного луча над уровнем моря называется горизонтом прибора и обозначается $H_{ГП}$:

$$H_{ГП} = H_A + a = H_B + b.$$

При нивелировании вперед нивелир устанавливают над точкой A так, чтобы окуляр трубы был на одной отвесной линии с точкой. На точку B ставят

рейку. Измеряют высоту нивелира i над точкой A и берут отсчет b по рейке (Рис. 27). Превышение h подсчитывают по формуле:

$$h = i - b.$$

Отметку точки B можно вычислить через горизонт прибора:

$$H_B = H_{ГП} - b.$$

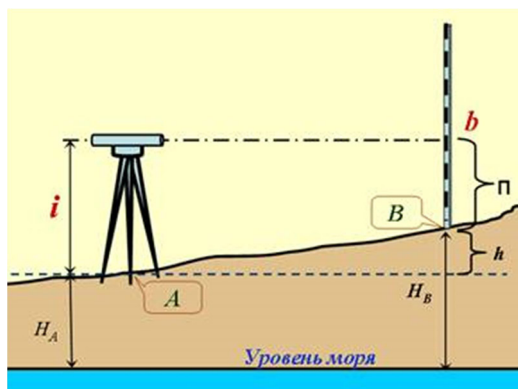


Рис. 27. Геометрическое нивелирование вперед

Если точки A и L находятся на большом расстоянии одна от другой и превышение между ними нельзя измерить с одной установки нивелира, то на линии AL намечают промежуточные точки $B, C \dots K$ и измеряют превышение по частям (Рис. 28).

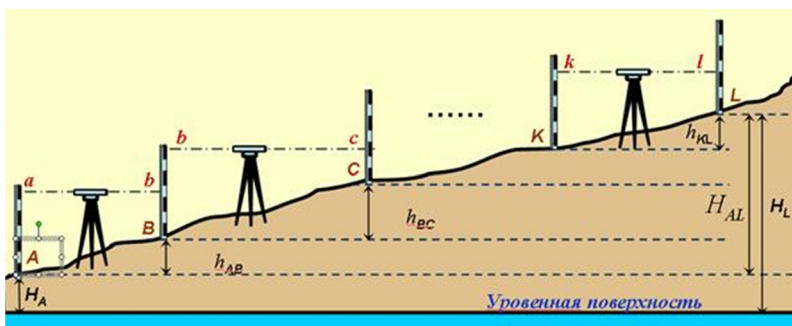


Рис. 28. Нивелирование на большом расстоянии

Превышение между точками A и L будет равно алгебраической сумме промежуточных превышений

$$h_{AL} = h_{AB} + h_{BC} + \dots + h_{KL}$$

или

$$h_{AL} = \sum_{i=1}^n h$$

где $i = 1, 2, 3 \dots n$ – порядковый номер станции.

Зная отметку одной из точек, например H_A , можно всегда вычислить отметку точки L :

$$H_L = H_A + h_{AL}$$

или

$$h = a_{Rp} - b_{ПК0}$$

При последовательном нивелировании получается нивелирный ход.

Для получения отметок точек в системе высот геодезического полигона осуществляют привязку хода к пунктам опорной сети. Отметка исходной точки определяется привязкой ее к реперу или марке, или отметка точки принимается условной (задается преподавателем).

Привязка к реперу означает измерение превышения между репером и точкой, отметку которой необходимо определить по результатам привязки. Если репер и точка находятся на незначительном расстоянии (до 200 м), передачу отметки можно осуществить с одной станции:

$$H_{ПК0} = H_{Rp} + h,$$

где H_{Rp} – отметка репера, $H_{ПК0}$ – отметка пикета исходной точки полигона. Эту отметку необходимо определить, т. е. привязать $ПК0$ к реперу. Установив рейки на репер и на $ПК0$, берут отсчеты по рейкам: a_{Rp} и $b_{ПК0}$. Вычисляют превышение:

$$h = a_{Rp} - b_{ПК0}.$$

Если расстояние от репера до $ПК0$ большое, или отсутствует видимость, то передачу можно осуществить через несколько станций последовательным нивелированием.

В ходе выполнения работы по определению высотных отметок вершин полигона, вначале определяют превышения между этими точками путем проложения хода сложного последовательного нивелирования, начиная от исходного пункта, имеющего известную отметку. Для этого нивелир устанавливают примерно посередине между точками (необязательно в створе) и приводят в рабочее положение по круглому уровню. В определяемых точках отвесно располагают рейки.

При переходе на очередную станцию рейка, расположенная в передней точке, остается на месте (она будет задней), вторая рейка устанавливается в передней точке, и работа продолжается аналогично выполненной на предыдущей станции. Если превышение между точками больше длины рейки,

то в промежутке между точками теодолитного хода закрепляют X-пикет и превышение находят по частям (на крутом склоне может быть несколько X-пикетов).

Таблица 4 – Нивелирный журнал при использовании рейки ТС

№ станций	№ точек	Отсчеты		Превышения	Поправки	Исправленные превышения	Высоты точек
		задний	передний				
	Rp						167000
1		1538	2454	-916	0	-916	
	1						166084
2		658	1735	-1077	-1	-1078	
	x1						
3		493	2188	-1695	-1	-1696	
	2						163310
4		2596	1021	1575	-1	1574	
	x2						
5		2461	745	1716	-1	1715	
	x3						
6		2238	620	1618	-1	1617	
	3						168216
7		1643	1582	61	0	61	
	4						168277
8		2098	2322	-224	-1	-225	
	5						168052
9		2681	733	1948	-1	1947	
	6						169999
10		342	2215	-1873	-1	-1874	
	x4						
11		628	2668	-2040	-1	-2041	
	1						166084

$$\Sigma z = 15838 \quad \Sigma \pi = 15829 \quad \Sigma (h^-) = 6909 \quad f_h = \Sigma h_{cp} = 9 \quad \Sigma (h^-)_{испр.} = 6914$$

$$\Sigma h = 9 \quad \Sigma (h^+) = 6918 \quad \Sigma (h^+)_{испр.} = 6914$$

После заполнения очередной страницы журнала делают постраничный контроль вычислений: находят суммы отсчетов по задней $\sum Z$ и передней $\sum П$ рейкам и суммы положительных и отрицательных превышений $\sum h$. При этом должно соблюдаться равенство:

$$\frac{\sum Z - \sum П}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{CP},$$

где $\sum h_{CP}$ – сумма средних превышений по всему ходу.

Таблица 5 – Нивелирный журнал при использовании рейки РН-3

№ ст.	№ точек	Отсчеты		Превышения				Высоты точек
		задний	передний	черн., красн.	средние	поправки	исправленные	
	Rp							167000
1		1538	2454	-916	-916	0	-916	
	1	6340	7256	-916				166084
2		657	1735	-1078	-1077	-1	-1078	
	x1	5457	6533	-1076				
3		492	2188	-1696	-1695	-1	-1696	
	2	5291	6985	-1694				163310
4		2596	1021	1575	1575	-1	1574	
	x2	7398	5824	1574				
5		2461	745	1716	1716	-1	1715	
	x3	7263	5547	1716				
6		2238	620	1618	1618	-1	1617	
	3	7034	5416	1618				168216
7		1643	1582	61	61	0	61	
	4	6443	6382	61				168277
8		2098	2322	-224	-224	-1	-225	
	5	6898	7121	-223				168052
9		2680	733	1947	1948	-1	1947	
	6	7481	5533	1948				169999
10		342	2215	-1873	-1873	-1	-1874	
	x4	5139	7012	-1873				

№ ст.	№ точек	Отсчеты		Превышения				Высоты точек
		задний	передний	черн., красн.	средние	поправки	исправленные	
11		628	2668	-2040	-2040	-1	-2041	
	1	5427	7466	-2039				166084
$\Sigma z = 79666$		$\Sigma \Pi = 79648$		$\Sigma(h-)_{CP} = -6908$	$Fh = \Sigma h_{CP} = 9$	$\Sigma(h-)_{испр.} = -6913$		
		$\Sigma h = 18$		$\Sigma(h+)_{CP} = 6917$			$\Sigma(h+)_{испр.} = 6913$	

Затем вычисляют полученную fh и допустимую $fh_{доп}$ невязку в превышения между связующими точками.

Алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому нивелирному ходу должна быть равна нулю ($\Sigma h_{CP} = 0$), но в силу накопления погрешностей измерений практически получается невязка, т. е.

$$fh = \sum h_{CP}.$$

Допустимую невязку рассчитывают по формулам:

$$fh_{доп} = 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L – длина хода в км;

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

где n – число станций.

Вторая формула используется при нивелировании местности со значительными углами наклона, когда число станций на 1 км хода значительно больше 10.

Если получена недопустимая невязка, ход прокладывают заново.

Далее вычисляют высотные отметки точек теодолитного хода. Для этого высотную невязку в виде поправок с обратным знаком распределяют между вычисленными средними превышениями пропорционально числу станций и находят исправленные превышения. Отметки вершин теодолитного хода вычисляют последовательно – начиная с исходного пункта по исправленным превышениям (таблицы 4, 5).

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Содержание работ

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

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

При выполнении работы студенты должны получить навыки съемки подробностей на станции методом полярных координат с использованием нитяного дальномера. Поскольку в условиях летней геодезической практики в качестве плановой основы тахеометрической съемки используют точки теодолитного хода, проложенного бригадой, в состав полевых работ входит съемка контуров и рельефа.

После проложения и увязки высотного хода приступают к съемке местности. Реечными (пикетными) точками служат четко выраженные изломы контуров и характерные точки рельефа. Число реечных точек должно быть достаточным для правильного изображения рельефа и ситуации.

Таблица 6 – Журнал тахеометрической съемки

№№ точек	kl м	Отсчеты		v °	d м	h м	H м	Примечания
		ГК	ВК					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станция 1. 0° на ст. 2 $i = 1,40$ м $V = i$							МО = +0° 30' Н _{ст1} = 166,1 м	
1	48,3	16°25'	-1°01'	-1°31'	48,3	-1,8	164,3	
2	28,6	37°12'	-0°46'	-1°16'	28,6	-0,9	165,2	Граница зарослей кустарника
3	55,8	37°10'	-0°05'	-0°35'	55,8	-0,8	165,3	
4	57,1	58°30'	-0°47'	-0°17'	57,1	-0,4	165,7	
5	43,2	75°00'	0°53'	0°23'	43,2	0,4	166,5	Граница зарослей кустарника
6	34,9	93°55'	2°07'	1°37'	34,9	1,4	167,5	
7	44,2	105°00'	2°42'	2°12'	44,1	2,2	168,3	Дорога
8	35,0	128°34'	3°03'	2°33'	34,9	2,2	168,3	

№№ точек	kl м	Отсчеты		v °	d м	h м	H м	Примечания
		ГК	ВК					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станция 1. 0° на ст. 2 $i = 1,40$ м $V = i$							МО = +0° 30' Н _{ст} = 166,1 м	
9	58,3	128°35'	3°04'	2°34'	58,2	3,7	169,8	Отдельный куст
10	18,3	158°22'	2°56'	2°26'	18,3	1,1	167,2	
11	47,4	158°22'	2°49'	2°19'	47,3	2,7	168,8	
12	12,2	191°33'	2°29'	1°59'	12,2	0,6	166,7	Дорога
13	54,9	191°33'	2°12'	1°42'	54,9	2,3	168,4	Отдельный куст
14	44,2	216°41'	1°36'	1°06'	44,2	1,1	167,2	
15	42,8	247°30'	0°31'	0°11'	42,8	0,2	166,3	Развилка дорог
16	27,5	278°11'	-0°14'	-0°44'	27,5	-0,5	165,6	Дорога
17	56,4	278°11'	0°	-0°30'	56,4	-0,7	165,4	
18	43,1	319°17'	-0°54'	-1°24'	43,1	-1,5	164,6	Дорога
19	58,2	319°17'	-0°49'	-1°19'	58,2	-1,9	164,2	
20	30,0	345°00'	-0°15'	-1°45'	30	-1,3	164,8	
21	55,3	344°05'	-0°15'	-1°45'	55,2	-2,4	163,7	Граница зарослей кустарника

Расстояния от теодолита до речных точек не должны превышать 100 м. При выборе речных точек необходимо следить за тем, чтобы они равномерно располагались вокруг станции и обеспечивали сплошную съемку участка. Результаты всех измерений на станции заносят в журнал тахеометрической съемки (табл. 6).

В ходе тахеометрической съемки получена следующая информация, занесенная в тахеометрический журнал (табл. 6):

- колонка 1: номера съемочных точек. Нумерация точек сквозная, независимо от числа станций;
- колонка 2: дальномерное расстояние kl до съемочной точки от станции, в метрах (количество сантиметров между дальномерными нитями сетки нитей зрительной трубы теодолита умноженное на коэффициент дальномера – 100);
- колонка 3: отсчет по горизонтальному кругу теодолита, соответствующий полярному углу направления на съемочную точку;
- колонка 4: отсчет по вертикальному кругу теодолита (при круге лево – КЛ);
- колонка 9: дополнительная информация о съемочной точке одновременно с зарисовкой на абрисе.

Одновременно со съемкой на каждой станции ведут абрис с зарисовкой ситуации и рельефа. Составлять абрис начинают с проведения начального направления (направления на одну из соседних станций), от которого ведут съемку реечных точек.

Нумерация реечных точек принимается сквозная по всей съемке и должна соответствовать нумерации в журнале тахеометрической съемки. Рельеф изображают стрелками, указывающими направление скатов, ситуацию – точками контуров с пояснительным текстом. Абрис и журнал тахеометрической съемки являются основными документами при составлении топографического плана.

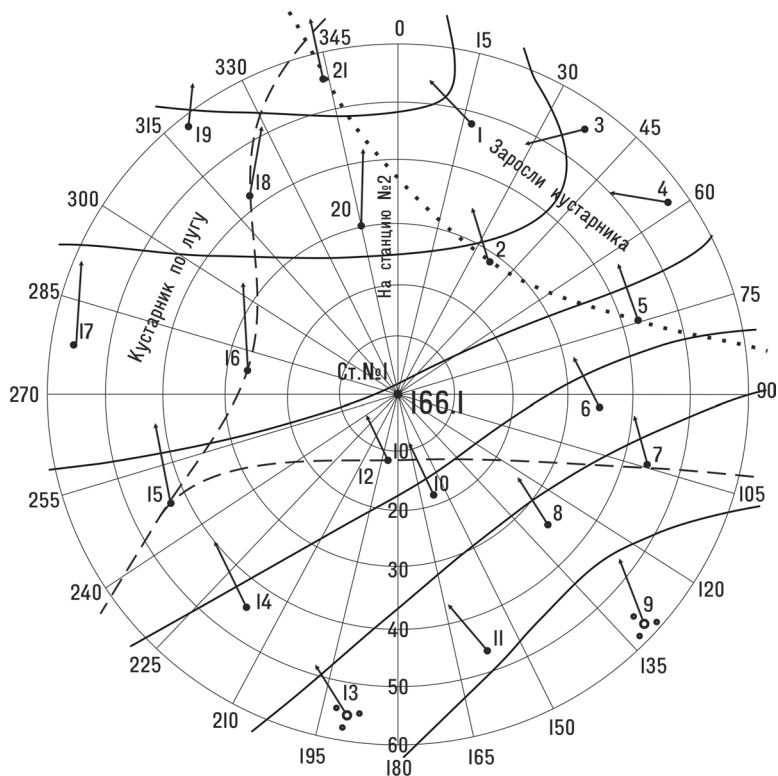


Рис. 29. Абрис тахеометрической съемки на станции № 1

Абрис удобно составлять на круговой номограмме (Рис. 29), представляющей собой ряд concentric окружностей через 1 см и радиальных прямых, проведенных через 15°. Станция, с которой ведется съемка, принимается в центре номограммы; вертикальный диаметр номограммы принимается за начальное направление, от верхнего конца которого ведется отсчет горизон-

тальных углов. Реечные точки наносят по полярным координатам: расстояния отсчитывают по концентрическим кругам в принятом для номограммы масштабе, а полярные углы – по градусному кольцу.

Съемку реечных точек начинают с ориентирования лимба на соседнюю станцию (рис. 28). Для этого, установив при КЛ отсчет по горизонтальному кругу, равный 0° , закрепляют алидаду и наводят трубу на вежу станции, после чего закрепляют лимб. Затем, открепив алидаду, наводят трубу на рейку, производят отсчеты по горизонтальному кругу. Затем, действуя микрометрическим винтом зрительной трубы, наводят среднюю нить сетки нитей на рейку с отметкой высоты теодолита, берут отсчет по вертикальному кругу.

Далее берут отсчет в сантиметрах между дальномерными нитями сетки (дальномерное расстояние). Для удобства следует верхнюю нить временно сместить на ближайшее целое деление, отсчитать число сантиметров и снова возвратиться на отсчет высоты прибора. Результаты измерений на реечную точку записывают в соответствующие графы журнала (табл. 5).

По сигналу наблюдателя реечник переходит на следующую характерную точку местности, на которой выполняют аналогичные измерения, и т. д. Закончив наблюдения на все реечные точки (обычно по ходу часовой стрелки), трубу вновь наводят на вежу, установленную на выбранный, чтобы убедиться в неизменном положении лимба во время работы. Если повторный отсчет отличается от начального более чем на $5'$, съемку на данной станции повторяют. По завершении работ переходят к съемке nasledующей станции.

Обработка материалов тахеометрической съемки

Последовательность обработки тахеометрического журнала следующая.

1. Вычисление углов наклона

Угол наклона ν вычисляют по формуле:

$$\nu = KL - M0,$$

где KL – отсчет по вертикальному кругу теодолита на съемочную точку при круге лево; $M0$ – место нуля вертикального круга теодолита.

Пример. Вычисление углов наклона.

$$\nu_1 = -1^\circ 01' - (+0^\circ 30') = -1^\circ 31'$$

2. Вычисление горизонтальных проложений

При тахеометрической съемке значение горизонтального проложения d получают из произведения

$$d = kl \cos^2 \nu,$$

где kl – дальномерное расстояние ($k = 100$ – коэффициент дальномера теодолита; l – отсчет по рейке между дальномерными нитями, см); ν – угол наклона.

Значения горизонтального проложения округляют до $0,1$ м.

Пример. Вычисление горизонтальных проложений.

$$d_7 = 44,2 \cos^2 2^\circ 12' = 44,1 \text{ м.}$$

Необходимо отметить, что для углов наклона до $1^\circ 30'$ величина горизонтального проложения практически равна дальномерному расстоянию.

3. Определение превышений

Для определения превышений используется формула

$$h = dtgv + i - V,$$

где d – горизонтальное проложение; v – угол наклона; i – высота прибора; V – высота наведения на рейке центральной горизонтальной нити сетки нитей зрительной трубы теодолита (указывается в примечаниях журнала тахеометрической съемки; если такого указания для точки нет, то это значит, что $V = i$).

При $V = i$ формула упрощается

$$h = dtgv.$$

Значения превышений следует округлить до 0,1 м.

Пример. Вычисление превышений.

$$h_1 = 48,3 \text{tg}(-1^\circ 31') = -1,8 \text{ м.}$$

4. Вычисление высот точек

Формула для вычисления абсолютных высот H_i точек тахеометрической съемки имеет следующий вид:

$$H_i = H_{CT} + h_i,$$

где H_{CT} – абсолютная высота станции, т.е. абсолютная высота точки (полюса), на которой установлен теодолит для производства тахеометрической съемки; h_i – превышение съёмочной точки над полюсом.

Абсолютные высоты съёмочных точек 1-5 следует определять относительно станции 1, съёмочных точек 6-9 – относительно станции 2 и т. д.

Значения абсолютных высот точек необходимо округлить до 0,1 м.

Пример. Вычисление абсолютных высот речных точек.

$$H_1 = 166,1 + (-1,8) = 164,3 \text{ м.}$$

Аналогичный расчет высот производится и с других станций с учетом их абсолютных высот.

По данным полевого журнала и абрисов на план полигона теодолитной съемки, выполненного в заданном масштабе, наносят речные точки вокруг станции в следующей последовательности. Совмещают центр транспортира с направлением, например I-II. От начального направления по транспортиру отмечают горизонтальный угол на речную точку, указанную в журнале. Вдоль

этого направления с помощью линейки и циркуля-измерителя откладывают расстояние в масштабе плана и накалывают точку. Рядом с ней наносят номер и отметку, округленную до 0,1 м. Подобным образом наносят все речные точки и по ним вычерчивают ситуацию и рельеф согласно абрисам.

При рисовке рельефа горизонталями с характерных точек местности (высот, дна котловин, седловин) на плане проводят водораздельные линии, тальвеги. Между точками с известными отметками выполняют интерполирование.

Полученные точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями – горизонталями. На замкнутых горизонталях, обозначающих холмы или котловины, а также в местах, где чтение рельефа затруднено, указывают бергштрихи.

Горизонтали не проводят через контуры зданий, искусственных сооружений и т. п.

Выполненный в карандаше план сверяют с местностью, и после устранения недостатков, указанных преподавателем, подготавливают его к вычерчиванию тушью.

С плана снимают кальку высот, на которой указывают нумерацию и отметки всех станций и речных точек. Из большого количества высотных точек на плане оставляют лишь 8-12 отметок характерных точек местности, облегчающих чтение рельефа. Все вспомогательные построения и надписи убирают мягкой резинкой.

Вычерчивание плана производят в строгом соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500». Гидрографию вычерчивают синим цветом, рельеф – коричневым; надписи, цифры и координатную сетку, а также зарамочное оформление – черным цветом.

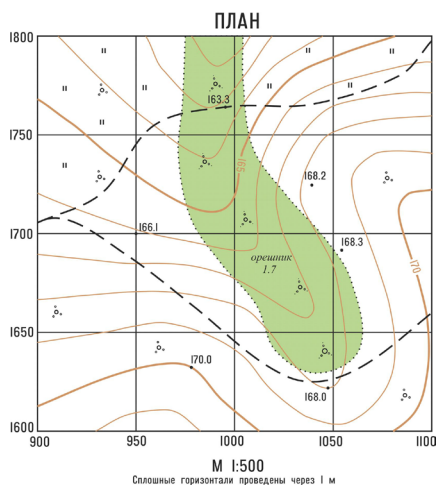


Рис. 30. Образец оформления топографического плана

Толщина горизонталей 0,1 мм, каждая четвертая горизонталь при высоте сечения 0,5 м и каждая пятая горизонталь при высоте сечения 1 м утолщаются до 0,2–0,3 мм. В разрывах утолщенных горизонталей подписывают их отметки так, чтобы верх цифры был обращен в сторону повышения ската местности.

НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

В состав полевых работ по нивелированию трассы входят:

- проверка инструментов;
- рекогносцировка участка трассы;
- измерение углов поворота трассы;
- разбивка пикетажа;
- продольное нивелирование трассы.

Все этапы полевых работ бригада выполняет в соответствии с заданием руководителя практики.

Рекогносцировка участка трассы

Для определения высот точек трассы прокладывается ход технического нивелирования. Начало и конец трассы, а также ее направление указываются преподавателем непосредственно на местности. В процессе рекогносцировки бригада обязана детально изучить местность и уточнить положение трассы в натуре. Углы поворота выбирают в местах, удобных для установки теодолита. Обязательным условием является наличие прямой видимости с каждой вершины угла на предыдущую и последующую поворотные точки.

Выбранные углы поворота трассы закрепляют кольями. Для обозначения линии на местности над кольями устанавливают вехи.

Привязка трассы нивелирования производится к *реперам* государственной нивелирной сети. По установленной на местности линии трассы производится разбивка *пикетажа*.

Репер – точка, закрепленная на местности, для которой известна ее абсолютная высота.

Высотная привязка – это передача абсолютной высоты с репера государственной нивелирной сети на определенную точку трассы, либо определение абсолютной высоты точки по высоте имеющегося репера путем определения их взаимного превышения.

Пикет – точка, закрепленная на местности деревянным кольшком, верх которого должен находиться от поверхности земли на расстоянии 1,5–2 см. Рядом с пикетом забивают высокий (до 0,5 м) деревянный кольшек – сторожок, на котором записывают номер пикета.

Начальная точка трассы является нулевым пикетом (ПК0). Всем последующим пикетам присваивают номера, соответствующие расстоянию в целых сотнях метров в горизонтальном проложении от пикета ПК0: ПК1 (100 м от ПК0), ПК2 (200 м от ПК0), ПК16 (1600 м от ПК0).

В процессе разбивки пикетажа определяют положение *плюсовых* точек по оси трассы.

Плюсовыми точками являются точки перегибов рельефа, точки пересечения трассы с линейными объектами (дорогами, линиями связи и т.п.), точки пересечения с ситуацией, представляющей собой лесные и сельскохозяйственные угодья, объекты гидрографии.

Плюсовые точки определяются расстоянием (в горизонтальном проложении) от заднего по ходу трассирования пикета, например, ПК0+56 (56 м от ПК0).

На каждой станции геометрического нивелирования определяют превышение *передней точки* относительно *задней точки* по разности отсчетов по рейкам, устанавливаемым на той и другой точках, способом нивелирования из середины (Рис. 31).

Если точка участвует при определении превышения на двух соседних станциях, например, ПК0, ПК1, ПК2 и др., то такая точка называется *связующей*. Таким образом, все пикеты являются связующими точками. Связующей точкой может быть и плюсовая точка (ПК4+28, табл. 7). В этом случае на местности плюсовая связующая точка оформляется так же, как и пикет, т.е. на ее место забивают деревянный колышек.

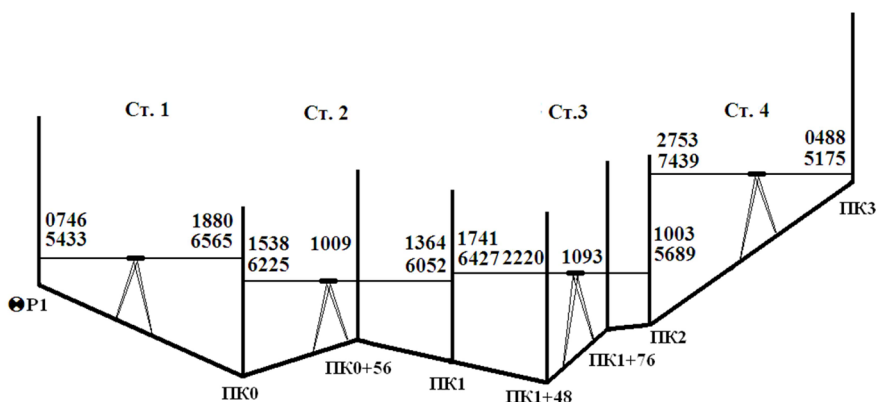


Рис. 31. Схема нивелирования

В случае, когда с одной установки нивелира невозможно увидеть хотя бы одну из рек, установленных на связующих точках, дополнительной связующей точкой делают точку X (*иксовую* точку). Данная точка на местности может находиться в стороне от оси трассы, но обязательно должна быть жесткой, устойчивой.

Нивелирование выполняется точным или техническим нивелиром способом из середины, с использованием двухсторонних реек.

Нивелир устанавливают по возможности на равных расстояниях от передней и задней реек. При этом расстояния до реек не должны превышать 150 м.

При техническом нивелировании отсчеты по рейкам берут по среднему штриху сетки нитей, придерживаясь следующей последовательности – отсчет по черной стороне задней рейки, отсчет по черной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне задней рейки.

Затем производят нивелирование промежуточных точек. Задний реечник переносит рейку и ставит ее поочередно на промежуточные точки, а нивелировщик берет отсчеты по черной ее стороне.

При использовании рейки ТС отсчеты берутся во всех случаях по одной стороне.

Рейки устанавливаются в отвесное положение по круглому уровню (ТС) или «на глаз» (РН-3).

Обработка журналов нивелирования

Обработку журналов нивелирования трассы начинают с проверки всех записей и вычислений, выполненных в поле. С целью выявления возможных погрешностей в вычислениях на каждой странице журнала выполняют *по-страничный контроль*.

Далее вычисляют невязку, которая представляет собой разность суммы измеренных средних превышений $\sum h_{cp}$ и известного (теоретического) превышения между конечной и начальной точками хода, т. е.

$$fh = \sum h_{cp} - \sum h_{теор.}$$

Если нивелирный ход проложен между двумя реперами, то в этом случае фактическая высотная невязка хода будет равна

$$fh = \sum h_{cp} - (H_{P2} - H_{P1}) = -3230 - (162245 - 1654446) = -29 \text{ мм},$$

где $(H_{P2} - H_{P1})$ – известное превышение между конечным и начальным реперами.

Полученная невязка fh не должна по своей абсолютной величине превышать величины *допустимой невязки в превышениях* $fh_{доп}$, вычисляемой по формуле:

$$fh_{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L – длина всего нивелирного хода в километрах от начального репера $P1$ до конечного репера $P2$.

Общая длина нивелирного хода определяется по количеству n пикетов и расстояниям l от начального репера до ПК0 и от последнего пикета n до конечного репера:

$$L = 0,1n + l_1 + l_2.$$

Значения $l_1 = 102$ м и $l_2 = 82$ м даются в исходных данных.

$$L = 0,1 \times 7 + 0,102 + 0,082 = 0,884 \text{ км.}$$

В нашем случае допустимая невязка будет составлять:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,884} = \pm 47 \text{ мм.}$$

Полученная невязка ($fh = 29$ мм) меньше допустимой ($fh_{\text{доп}} = \pm 47$ мм), следовательно, нивелирование проведено удовлетворительно.

Поправки вычисляются с округлением до мм; при этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta h = -fh.$$

Если $fh < fh_{\text{доп}}$ то фактическую невязку распределяют с *обратным знаком поровну на все превышения хода*, т. е. поправка в превышение:

$$\delta h = \frac{fh}{n},$$

где n – число средних превышений (равно числу станций).

Рассмотрим некоторые случаи получения поправок и распределения их по средним превышениям.

1. *Величина невязки делится без остатка на число средних превышений.*

Например: $fh = -22$ мм; $n = 11$.

В этом случае в каждое среднее превышение вводится поправка:

$$\delta h = -(-22)/11 = +2 \text{ мм.}$$

2. *Величина поправки по числу миллиметров меньше, чем число средних превышений.*

Например: $fh = +9$ мм; $n = 11$.

В этом случае, следуя правилам округления,

$$\delta h = -(+9)/11 = -0,89 \text{ мм} = -1 \text{ мм.}$$

Если ввести полученные поправки в каждое среднее превышение, то условие $\sum \delta h = -fh$ не будет выполнено. Для его выполнения следует вводить поправки не во все средние превышения, а лишь исправить только 9 из них на -1 мм, оставив, например, без изменения 4-е и 8-е средние превышения.

3. *Величина невязки по числу миллиметров больше, чем число средних превышений, но не делится без остатка.*

Например: $fh = -38$ мм; $n = 11$.

$$\delta h = -(-38)/11 = +3 \text{ мм (остаток 5 мм)}.$$

Это значит, что все средние превышения следует исправить на $+3$ мм, а остаток в 5 мм распределить по $+1$ мм дополнительно, например, в каждое второе среднее превышение.

Исправленные превышения вычисляют по формуле

$$h_{испр} = h_{ср} + \delta h .$$

По исправленным превышениям вычисляют отметки *связующих* точек

$$H_n = H_{n-1} + h_{испр},$$

где H_n – вычисляемая отметка; H_{n-1} – отметка предыдущей точки хода.

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является соблюдение условия:

$$H_{p2} = H_{p1} + \sum h_{испр}.$$

Таблица 7 – Журнал геометрического нивелирования трассы (рейка РН-3)

№ станций	№№ точек	Отсчеты			Превышения		Горизонт инструмента	Высоты точек
		задний	передний	промежуточный	черная рейка	среднее		
					красная рейка	исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Р1 ПК0	0746	1880		-1134	-1133		165446 164316
		5433	6565		-1132	3		
						-1130		
2	ПК0 ПК1 ПК0+56	1538	1364		174	174	165855	164492 164846
		6225	6052		173	2		
				1009		176		
3	ПК1 ПК2 ПК1+48 ПК1+76	1741	1003		738	738	166235	165233 164015 165142
		6427	5689		738	3		
				2220 1093		741		
4	ПК2 ПК3	2753	0488		2265	2265		167501
		7439	5175		2264	3		
						2268		
5	ПК3 X	0579	2435		-1856	-1855		165648
		5266	7120		-1854	2		
						-1853		
6	X ПК4	0781	2318		-1537	-1537		164114
		5469	7005		-1536	3		
						-1534		
7	ПК4 ПК4+28	0815	2070		-1255	-1255		162862
		5502	6756		-1254	3		
						-1252		
8	ПК4+28 ПК5	1633	1518		115	114		162979
		6319	6206		113	2		
						116		

№ станций	№№ точек	Отсчеты			Превышения		Горизонт инструмента	Высоты точек
		задний	передний	промежуточный	черная рейка	среднее		
					красная рейка	исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	ПК5	1805	1078		727	727		
	ПК6	6490	5763		727	3		163708
	ПК5+43			1737		730	164784	163047
10	ПК6	1390	1569		-179	-180		
	ПК7	6075	6256		-181	3		163531
						-177		
11	ПК7	0805	2093		-1288	-1288		
	P2	5492	6779		-1287	2		162245
						-1286		
$l_1 = 102 \text{ м}$		$\Sigma z =$	$\Sigma \Pi =$		$\Sigma(h+) = 8034$	$\Sigma h_{cp} = -3230$		$\Sigma h_{теор.} =$
$l_2 = 82 \text{ м}$		80723	87182		$\Sigma(h-) = -14493$	$\Sigma h_{испр.} = -3201$		-3201
$(\Sigma z - \Sigma \Pi) / 2 = (80723 - 87182) / 2 = -3230$					$\Sigma h / 2 = (8034 - 14493) / 2 = -3230$			
$f h = \Sigma h_{cp} - \Sigma h_{теор.} = -3230 - (-3201) = -29 \text{ мм}$								
$f h_{доп.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,884} = \pm 47 \text{ мм}$								

После увязки нивелирного хода и определения отметок связующих точек вычисляют отметки *промежуточных* точек через горизонт инструмента *ГИ*. Для этого на станции дважды вычисляют *ГИ* относительно задней и передней связующих точек и из двух значений берут среднее:

$$\begin{aligned}
 ГИ_1 &= H_{зад} + a, \\
 ГИ_2 &= H_{пер} + b, \\
 ГИ &= (ГИ_1 + ГИ_2) / 2,
 \end{aligned}$$

где $H_{зад}$ и $H_{пер}$ – отметки задней и передней связующих точек; a и b – отсчеты по рейкам (черная сторона), установленным на задней и передней связующих точках.

В рассмотренном примере (табл. 7) на станции 2:

$$\begin{aligned}
 ГИ_1 &= 164,316 + 1,583 = 165,854 \text{ м}; \\
 ГИ_2 &= 164,492 + 1,364 = 165,856 \text{ м}; \\
 ГИ &= (165,854 + 165,856) / 2 = 165,855 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Отметки промежуточных точек получают вычитанием отсчетов по черной стороне рейки, установленной на соответствующей промежуточной точке, из отметки $ГИ$, т. е.

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c,$$

где c – промежуточный отсчет.

Например, отметки промежуточных точек ПК1+48 и ПК1+76:

$$H_{ПК1+48} = ГИ_3 - 2,220 = 166,235 - 2,220 = 164,015 \text{ м,}$$

$$H_{ПК1+76} = ГИ_3 - 1,093 = 166,235 - 1,093 = 165,142 \text{ м.}$$

Аналогичным образом определяют горизонт прибора и высоты плюсовых точек на других станциях.

При проведении нивелирования трассы с рейками ТС, журнал будет иметь несколько другой вид (таблица 8).

Составление профиля трассы

Продольный профиль трассы является важнейшим итоговым документом технического нивелирования. Профиль составляется по данным журнала нивелирования и пикетажной книжки.

Профиль строится на миллиметровой бумаге. Для придания продольному профилю большей наглядности вертикальный масштаб обычно принимается в 10 раз крупнее горизонтального.

Таблица 8 – Журнал геометрического нивелирования трассы (рейка ТС)

№ станций	№№ точек	Отсчеты			Превышения	Поправки	Исправленное превышение	Горизонт инструмента	Высоты точек
		задний	передний	промежуточный					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Р1	746	1880		-1134	3	-1131		165446
	ПК0								164315
2	ПК0	1538	1364		174	2	176		
	ПК1								164491
	ПК0+56			1009				165854	164845

№ стан-ций	№№ точек	Отсчеты			Превы-шения	По-правки	Исправ-ленное превыше-ние	Горизонт инстру-мента	Высоты точек
		задний	перед-ний	проме-жуточ-ный					
1	2	3	4	5	6		7	8	9
3	ПК1	1741	1003		738	3	741		
	ПК2								165232
	ПК1+48			2220				166234	164014
	ПК1+76			1093					165141
4	ПК2	2753	488		2265	3	2268		
	ПК3								167500
5	ПК3	579	2435		-1856	2	-1854		
	X								165646
6	X	781	2318		-1537	3	-1534		
	ПК4								164112
7	ПК4	815	2070		-1255	3	-1252		
	ПК4+28								162860
8	ПК4+28	1633	1518		115	2	117		
	ПК5								162977
9	ПК5	1805	1078		727	3	730		
	ПК6								163707
	ПК5+43			1737				164784	163047
10	ПК6	1390	1569		-179	3	-176		
	ПК7								163531
11	ПК7	805	2093		-1288	2	-1286		
	P2								162245
$l_1 = 102 \text{ м}$		$\sum_3 = 14586$	$\sum_{II} = 17816$	$\sum(h+) = 4019$		$\sum h_{cp} = -3230$			$\sum h_{теор}$
$l_2 = 82 \text{ м}$				$\sum(h-) = -7249$		$\sum h_{исп} = -3201$			-3201
$\sum_3 - \sum_{II} = 14586 - 17816 = -3230$ $f h = \sum h_{cp} - \sum h_{теор} = -3230 - (-3201) = -29 \text{ мм}$ $f h_{доп.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,884} = \pm 47 \text{ мм}$									

Общая длина профиля определяется длиной нивелирного хода.

Построение продольного профиля проводится в следующем порядке (Рис. 32):

1. На миллиметровой бумаге вычерчивают оси профиля и его сетку, которая включает в себя графы: «Отметки земли по оси трассы» (ширина 15 мм), «Пикеты» (ширина 5 мм), «Расстояния» (ширина 5 мм).

2. Размечают в графе «Пикеты» положения соответствующих пикетов, начиная с ПК0 (через 100 м в масштабе 1:2000).

3. В графе «Расстояния» отмечают положение плюсовых точек:

- если между пикетами нет плюсовых точек, то в этом промежутке никаких записей не производится. Например, ПК3 – ПК4 (иксовые точки на профиль не наносят);

- если между пикетами имеется одна плюсовая точка, то ее отмечают соответствующим расстоянием от заднего пикета и записывают величину этого расстояния и подписывают, кроме того, остаток расстояния до переднего пикета. Например, между ПК0 и ПК1 имеется плюсовая точка ПК0+46 и от нее расстояние до ПК1 – 44 м;

- если между пикетами имеется две (или более) плюсовые точки, то записывают величины расстояний между всеми плюсовыми точками и пикетами. Например, ПК1+48, ПК1+76 указаны расстояниями 48 м от ПК1 до ПК1+48, 28 м от ПК1+48 до ПК1+76 и 24 м от ПК1+76 до ПК2.

Из журнала в графы «Отметки земли по оси трассы» против соответствующих точек выписывают абсолютные высоты с округлением их до 0,01 м.

Определяют абсолютную высоту линии условного горизонта (УГ). Для этого по журналу находят минимальную абсолютную высоту. Данная точка (с минимальной высотой) должна находиться на расстоянии 3–5 см от линии условного горизонта. При этом высоту линии условного горизонта следует сделать кратной 2 или 10 м. Например, из табл. 21 следует, что минимальная высота равна 162,862 м, следовательно, условный горизонт можно принять равным 160 м. От линии условного горизонта по вертикальной оси производят подписи высот через каждый сантиметр (масштаб 1:200, 1 см = 2 м).

От пикетов и плюсовых точек восстанавливают перпендикуляры к линии условного горизонта, продолжая их до соответствующей высоты точки на шкале высот.

Полученные точки последовательно по ходу соединяют прямыми линиями.

ПРОФИЛЬ ТРАССЫ

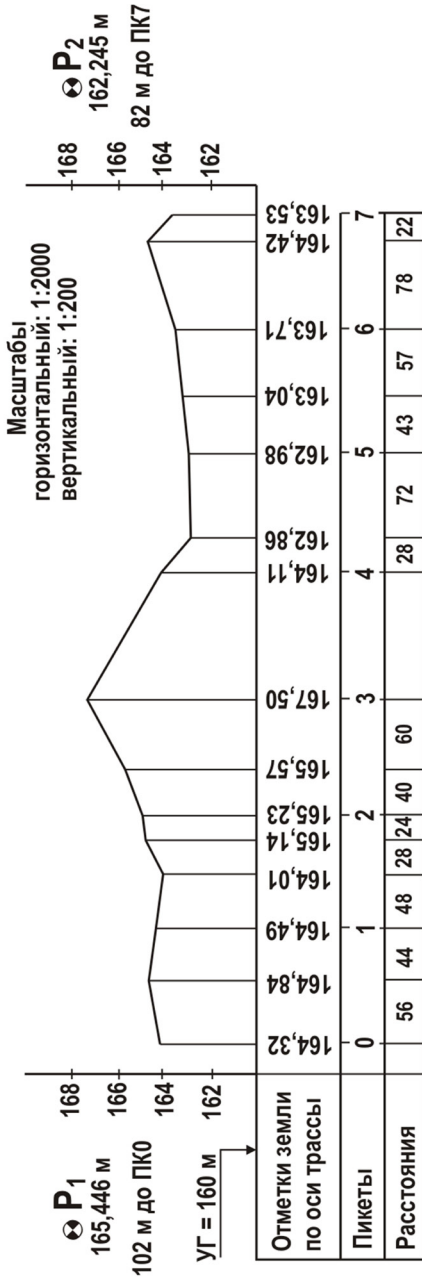


Рис. 32

ЛИТЕРАТУРА

1. Курашев, Г.Д. Топография / Г.Д. Курашев. – М. : Академия, 2011. – 192 с.
2. Курдин, С.И. Топография с основами геодезии : лабораторный практикум / С.И. Курдин. – Витебск : ВГУ им. П.М. Машерова, 2012. – 163 с.
3. Курдин, С.И. Учебная топографическая практика : пособие для студентов / С.И. Курдин. – Минск : РИВШ, 2019. – 106 с.
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : Недра, 1983.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : Картгеоцентр, 2004.

**МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. КУЛЕШОВА**

**Факультет математики и естествознания
Кафедра естествознания**

**ОТЧЕТ
о прохождении учебной
топографической практики**

студентов 1 курса
специальность «Биология и география»

Бригада №__

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

(Ф.И.О. членов бригады)

Оценка _____

Руководитель
доцент кафедры естествознания

_____ А.В. Сорока

Любуж 2020

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ

Синусы и косинусы

sin	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	cos	1'	2'	3'
											0.0000	90°			
0°	0.0000	17	35	52	70	87	105	122	140	157	175	89°	3	6	9
1°	175	192	209	227	244	262	279	297	314	332	349	88°	3	6	9
2°	349	366	384	401	419	436	454	471	488	506	523	87°	3	6	9
3°	523	541	558	576	593	610	628	645	663	680	698	86°	3	6	9
4°	698	715	732	750	767	785	802	819	837	854	872	85°	3	6	9
5°	0872	889	906	924	941	958	976	993	1011	1028	1045	84°	3	6	9
6°	1045	1063	1080	1097	1115	1132	1149	1167	1184	1201	1219	83°	3	6	9
7°	1219	1236	1253	1271	1288	1305	1323	1340	1357	1374	1392	82°	3	6	9
8°	1392	1409	1426	1444	1461	1478	1495	1513	1530	1547	1564	81°	3	6	9
9°	1564	1582	1599	1616	1633	1650	1668	1685	1702	1719	0.1736	80°	3	6	9
10°	0.1736	1754	1771	1788	1805	1822	1840	1857	1874	1891	1908	79°	3	6	9
11°	1908	1925	1942	1959	1977	1994	2011	2028	2045	2062	2079	78°	3	6	9
12°	2079	2096	2113	2130	2147	2164	2181	2198	2215	2233	2250	77°	3	6	9
13°	2250	2267	2284	2300	2317	2334	2351	2368	2385	2402	2419	76°	3	6	8
14°	2419	2436	2453	2470	2487	2504	2521	2538	2554	2571	2588	75°	3	6	8
15°	2588	2605	2622	2639	2656	2672	2689	2706	2723	2740	2756	74°	3	6	8
16°	2756	2773	2790	2807	2823	2840	2857	2874	2890	2907	2924	73°	3	6	8
17°	2924	2940	2957	2974	2990	3007	3024	3040	3057	3074	3090	72°	3	6	8
18°	3090	3107	3123	3140	3156	3173	3190	3206	3223	3239	3256	71°	3	6	8
19°	3256	3272	3289	3305	3322	3338	3355	3371	3387	3404	0.3420	70°	3	5	8
20°	0.3420	3437	3453	3469	3486	3502	3518	3535	3551	3567	3584	69°	3	5	8
21°	3584	3600	3616	3633	3649	3665	3681	3697	3714	3730	3746	68°	3	5	8
22°	3746	3762	3778	3795	3811	3827	3843	3859	3875	3891	3907	67°	3	5	8
23°	3907	3923	3939	3955	3971	3987	4003	4019	4035	4051	4067	66°	3	5	8
24°	4067	4083	4099	4115	4131	4147	4163	4179	4195	4210	4226	65°	3	5	8
25°	4226	4242	4258	4274	4289	4305	4321	4337	4352	4368	4384	64°	3	5	8
26°	4384	4399	4415	4431	4446	4462	4478	4493	4509	4524	4540	63°	3	5	8
27°	4540	4555	4571	4586	4602	4617	4633	4648	4664	4679	4695	62°	3	5	8
28°	4695	4710	4726	4741	4756	4772	4787	4802	4818	4833	4848	61°	3	5	8
29°	4848	4863	4879	4894	4909	4924	4939	4955	4970	4985	0.5000	60°	3	5	8

Продолжение таблицы

30°	0.5000	5015	5030	5045	5060	5075	5090	5105	5120	5135	5150	59°	3	5	8
31°	5150	5165	5180	5195	5210	5225	5240	5255	5270	5284	5299	58°	2	5	7
32°	5299	5314	5329	5344	5358	5373	5388	5402	5417	5432	5446	57°	2	5	7
33°	5446	5461	5476	5490	5505	5519	5534	5548	5563	5577	5592	56°	2	5	7
34°	5592	5606	5621	5635	5650	5664	5678	5693	5707	5721	5736	55°	2	5	7
35°	5736	5750	5764	5779	5793	5807	5821	5835	5850	5864	5878	54°	2	5	7
36°	5878	5892	5906	5920	5934	5948	5962	5976	5990	6004	6018	53°	2	5	7
37°	6018	6032	6046	6060	6074	6088	6101	6115	6129	6143	6157	52°	2	5	7
38°	6157	6170	6184	6198	6211	6225	6239	6252	6266	6280	6293	51°	2	5	7
39°	6293	6307	6320	6334	6347	6361	6374	6388	6401	6414	0.6428	50°	2	4	7
40°	0.6428	6441	6455	6468	6481	6494	6508	6521	6534	6547	6561	49°	2	4	7
41°	6561	6574	6587	6600	6613	6626	6639	6652	6665	6678	6691	48°	2	4	7
42°	6691	6704	6717	6730	6743	6756	6769	6782	6794	6807	6820	47°	2	4	6
43°	6820	6833	6845	6858	6871	6884	6896	8909	6921	6934	6947	46°	2	4	6
44°	6947	6959	6972	6984	6997	7009	7022	7034	7046	7059	7071	45°	2	4	6
45°	7071	7083	7096	7108	7120	7133	7145	7157	7169	7181	7193	44°	2	4	6
46°	7193	7206	7218	7230	7242	7254	7266	7278	7290	7302	7314	43°	2	4	6
47°	7314	7325	7337	7349	7361	7373	7385	7396	7408	7420	7431	42°	2	4	6
48°	7431	7443	7455	7466	7478	7490	7501	7513	7524	7536	7547	41°	2	4	6
49°	7547	7559	7570	7581	7593	7604	7615	7627	7638	7649	0.7660	40°	2	4	6
50°	0.7660	7672	7683	7694	7705	7716	7727	7738	7749	7760	7771	39°	2	4	6
51°	7771	7782	7793	7804	7815	7826	7837	7848	7859	7869	7880	38°	2	4	5
52°	7880	7891	7902	7912	7923	7934	7944	7955	7965	7976	7986	37°	2	4	5
53°	7986	7997	8007	8018	8028	8039	8049	8059	8070	8080	8090	36°	2	3	5
54°	8090	8100	8111	8121	8131	8141	8151	8161	8171	8181	8192	35°	2	3	5
55°	8192	8202	8211	8221	8231	8241	8251	8261	8271	8281	8290	34°	2	3	5
56°	8290	8300	8310	8320	8329	8339	8348	8358	8368	8377	8387	33°	2	3	5
57°	8387	8396	8406	8415	8425	8434	8443	8453	8462	8471	8480	32°	2	3	5
58°	8480	8490	8499	8508	8517	8526	8536	8545	8554	8563	8572	31°	2	3	5
59°	8572	8581	8590	8599	8607	8616	8625	8634	8643	8652	0.8660	30°	1	3	4
60°	0.8660	8669	8678	8686	8695	8704	8712	8721	8729	8738	8746	29°	1	3	4
61°	8746	8755	8763	8771	8780	8788	8796	8805	8813	8821	8829	28°	1	3	4
62°	8829	8838	8846	8854	8862	8870	8878	8886	8894	8902	8910	27°	1	3	4

Продолжение таблицы

63°	8910	8918	8926	8934	8942	8949	8957	8965	8973	8980	8988	26°	1	3	4
64°	8988	8996	9003	9011	9018	9026	9033	9041	9048	9056	9063	25°	1	3	4
65°	9063	9070	9078	9085	9092	9100	9107	9114	9121	9128	9135	24°	1	2	4
66°	9135	9143	9150	9157	9164	9171	9178	9184	9191	9198	9205	23°	1	2	3
67°	9205	9212	9219	9225	9232	9239	9245	9252	9259	9256	9272	22°	1	2	3
68°	9272	9278	9285	9291	9298	9304	9311	9317	9323	9330	9336	21°	1	2	3
69°	9336	9342	9348	9354	9361	9367	9373	9379	9383	9391	0.9397	20°	1	2	3
70°	9397	9403	9409	9415	9421	9426	9432	9438	9444	9449	0.9455	19°	1	2	3
71°	9455	9461	9466	9472	9478	9483	9489	9494	9500	9505	9511	18°	1	2	3
72°	9511	9516	9521	9527	9532	9537	9542	9548	9553	9558	9563	17°	1	2	3
73°	9563	9568	9573	9578	9583	9588	9593	9598	9603	9608	9613	16°	1	2	2
74°	9613	9617	9622	9627	9632	9636	9641	9646	9650	9655	9659	15°	1	2	2
75°	9659	9664	9668	9673	9677	9681	9686	9690	9694	9699	9703	14°	1	1	2
76°	9703	9707	9711	9715	9720	9724	9728	9732	9736	9740	9744	13°	1	1	2
77°	9744	9748	9751	9755	9759	9763	9767	9770	9774	9778	9781	12°	1	1	2
78°	9781	9785	9789	9792	9796	9799	9803	9806	9810	9813	9816	11°	1	1	2
79°	9816	9820	9823	9826	9829	9833	9836	9839	9842	9845	0.9848	10°	1	1	2
80°	0.9848	9851	9854	9857	9860	9863	9866	9869	9871	9874	9877	9°	0	1	1
81°	9877	9880	9882	9885	9888	9890	9893	9895	9898	9900	9903	8°	0	1	1
82°	9903	9905	9907	9910	9912	9914	9917	9919	9921	9923	9925	7°	0	1	1
83°	9925	9928	9930	9932	9934	9936	9938	9940	9942	9943	9945	6°	0	1	1
84°	9945	9947	9949	9951	9952	9954	9956	9957	9959	9960	9962	5°	0	1	1
85°	9962	9963	9965	9966	9968	9969	9971	9972	9973	9974	9976	4°	0	0	1
86°	9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	9986	3°	0	0	0
87°	9986	9987	9988	9989	9990	9990	9991	9992	9993	9993	9994	2°	0	0	0
88°	9994	9995	9995	9996	9996	9997	9997	9997	9998	9998	0.9998	1°	0	0	0
89°	9998	9999	9999	9999	9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0°	0	0	0
90°	1.0000														
sin	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	cos	1'	2'	3'

Тангенсы и котангенсы

tg	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	ctg	1'	2'	3'	
												0	90°			

Продолжение таблицы

0°	0	17	35	52	70	87	105	122	140	157	175	89°	3	6	9
1°	175	192	209	227	244	262	279	297	314	332	349	88°	3	6	9
2°	349	367	384	402	419	437	454	472	489	507	524	87°	3	6	9
3°	524	542	559	577	594	612	629	647	664	682	699	86°	3	6	9
4°	699	717	734	752	769	787	805	822	840	857	875	85°	3	6	9
5°	875	892	910	928	945	963	981	998	1016	1033	1051	84°	3	6	9
6°	1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	1228	83°	3	6	9
7°	1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	1405	82°	3	6	9
8°	1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	1584	81°	3	6	9
9°	1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	0,1763	80°	3	6	9
10°	0,1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	1944	79°	3	6	9
11°	1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	2126	78°	3	6	9
12°	2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	2309	77°	3	6	9
13°	2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	2493	76°	3	6	9
14°	2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2642	2661	2679	75°	3	6	9
15°	2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	2867	74°	3	6	9
16°	2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3038	3057	73°	3	6	9
17°	3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3249	72°	3	6	10
18°	3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3443	71°	3	6	10
19°	3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	0,364	70°	3	7	10
20°	0,364	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3839	69°	3	7	10
21°	3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	4040	68°	3	7	10
22°	4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	4245	67°	3	7	10
23°	4245	4265	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	4452	66°	3	7	10
24°	4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	4663	65°	4	7	11
25°	4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4877	64°	4	7	11
26°	4877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	5095	63°	4	7	11
27°	5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	5317	62°	4	7	11
28°	5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	5543	61°	4	8	11
29°	5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	0,5774	60°	4	8	12
30°	0,5774	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	6009	59°	4	8	12
31°	6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	6249	58°	4	8	12
32°	6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	6494	57°	4	8	12

Продолжение таблицы

33°	6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	6745	56°	4	8	13
34°	6745	6771	6796	6822	6847	6873	6899	6924	6950	6976	7002	55°	4	9	13
35°	7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	7265	54°	4	8	13
36°	7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	7536	53°	5	9	14
37°	7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	7813	52°	5	9	14
38°	7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	8098	51°	5	9	14
39°	8098	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	0,8391	50°	5	10	15
40°	0,8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	0,8693	49°	5	10	15
41°	8693	8724	8754	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	9004	48°	5	10	16
42°	9004	9036	9067	9099	9131	9163	9195	9228	9260	9293	9325	47°	6	11	16
43°	9325	9358	9391	9424	9457	9490	9523	9556	9590	9623	9657	46°	6	11	17
44°	9657	9691	9725	9759	9793	9827	9861	9896	9930	9965	1	45°	6	11	17
45°	1	35	70	105	141	176	212	247	283	319	355	44°	6	12	18
46°	355	392	428	464	501	538	575	612	649	686	724	43°	6	12	18
47°	724	761	799	837	875	913	951	990	1028	1067	1106	42°	6	13	19
48°	1106	1145	1184	1224	1263	1303	1343	1383	1423	1463	1504	41°	7	13	20
49°	1504	1544	1585	1626	1667	1708	1750	1792	1833	1875	1,1918	40°	7	14	21
50°	1,1918	1960	2002	2045	2088	2131	2174	2218	2261	2305	2349	39°	7	14	22
51°	2349	2393	2437	2482	2527	2572	2617	2662	2708	2753	2799	38°	8	15	23
52°	2799	2846	2892	2938	2985	3032	3079	3127	3175	3222	3270	37°	8	16	24
53°	3270	3319	3367	3416	3465	3514	3564	3613	3663	3713	3764	36°	8	16	25
54°	3764	3814	3865	3916	3968	4019	4071	4124	4176	4229	4281	35°	9	17	26
55°	4281	4335	4388	4442	4496	4550	4605	4659	4715	4770	4826	34°	9	18	27
56°	4826	4882	4938	4994	5051	5108	5166	5224	5282	5340	5399	33°	10	19	29
57°	5399	5458	5517	5577	5637	5697	5757	5818	5880	5941	6003	32°	10	20	30
58°	6003	6066	6128	6191	6255	6319	6383	6447	6512	6577	6643	31°	11	21	32
59°	6643	6709	6775	6842	6909	6977	7045	7113	7182	7251	1,7321	30°	11	23	34
60°	1,732	1,739	1,746	1,753	1,76	1,767	1,775	1,782	1,789	1,797	1,804	29°	1	2	4
61°	1,804	1,811	1,819	1,827	1,834	1,842	1,849	1,857	1,865	1,873	1,881	28°	1	3	4
62°	1,881	1,889	1,897	1,905	1,913	1,921	1,929	1,937	1,946	1,954	1,963	27°	1	3	4
63°	1,963	1,971	1,98	1,988	1,997	2,006	2,014	2,023	2,032	2,041	2,05	26°	1	3	4
64°	2,05	2,059	2,069	2,078	2,087	2,097	2,106	2,116	2,125	2,135	2,145	25°	2	3	5
65°	2,145	2,154	2,164	2,174	2,184	2,194	2,204	2,215	2,225	2,236	2,246	24°	2	3	5

Окончание таблицы

66°	2,246	2,257	2,267	2,278	2,289	2,3	2,311	2,322	2,333	2,344	2,356	23°	2	4	5
67°	2,356	2,367	2,379	2,391	2,402	2,414	2,426	2,438	2,45	2,463	2,475	22°	2	4	6
68°	2,475	2,488	2,5	2,513	2,526	2,539	2,552	2,565	2,578	2,592	2,605	21°	2	4	6
69°	2,605	2,619	2,633	2,646	2,66	2,675	2,689	2,703	2,718	2,733	2,747	20°	2	5	7
70°	2,747	2,762	2,778	2,793	2,808	2,824	2,84	2,856	2,872	2,888	2,904	19°	3	5	8
71°	2,904	2,921	2,937	2,954	2,971	2,989	3,006	3,024	3,042	3,06	3,078	18°	3	6	9
72°	3,078	3,096	3,115	3,133	3,152	3,172	3,191	3,211	3,23	3,251	3,271	17°	3	6	10
73°	3,271	3,291	3,312	3,333	3,354	3,376						3	7	10	
							3,398	3,42	3,442	3,465	3,487	16°	4	7	11
74°	3,487	3,511	3,534	3,558	3,582	3,606						4	8	12	
							3,63	3,655	3,681	3,706	3,732	15°	4	8	13
75°	3,732	3,758	3,785	3,812	3,839	3,867						4	9	13	
							3,895	3,923	3,952	3,981	4,011	14°	5	10	14
tg	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	ctg	1'	2'	3'

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
ТЕОДОЛИТЫ.....	11
НИВЕЛИРЫ	14
ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ	19
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РЕКОГНОСЦИРОВКА И ЗАКЛАДКА ПУНКТОВ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ	27
ПЛАНОВОЕ И ВЫСОТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ	27
ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И РАССТОЯНИЙ В ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ, ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	30
ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.....	51
НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ.....	57
ЛИТЕРАТУРА.....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	69

Учебное издание

Сорока Александрина Витальевна
Шарухо Игорь Николаевич

УЧЕБНАЯ
ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ
ПРАКТИКА

Учебно-методические рекомендации

Технический редактор *А. Л. Позняков*
Компьютерная верстка *А. Л. Позняков*
Корректор *И. И. Толкачева*

Подписано в печать 18.06.2020.
Формат 60x84/16. Гарнитура Times New Roman Суг.
Усл.-печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 51 экз. Заказ № 126.
Учреждение образования «Могилевский государственный университет
имени А. А. Кулешова», 212022, Могилев, Космонавтов, 1
Свидетельство ГРИИРПИ № 1/131 от 03.01.2014 г.
Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
МГУ имени А. А. Кулешова. 212022, Могилев, Космонавтов, 1