

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Российский государственный гидрометеорологический университет

Кафедра гидрогеологии и геодезии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по учебной геодезической практике



Санкт-Петербург
2011

УДК 528

Методические указания по учебной геодезической практике. –
СПб.: РГГМУ, 2011. – 84 с.

Составители: Кузьмин Юрий Александрович
Голосовская Вера Алексеевна
Тенилов Александр Павлович
Турьева Светлана Михайловна

Ответственный редактор: Павлов А.Н. д-р геолог.-мин. наук,
проф., зав. каф. гидрогеологии и геодезии РГГМУ

Излагается методика проведения топографо-геодезических работ в рамках учебной полевой практики; правила обработки результатов измерений, рассматривается порядок и правила работы с геодезическими инструментами.

- © Кузьмин Ю.А., Голосовская В.А., Тенилов А.П.,
Турьева С.М., 2011
© Российский государственный гидрометеорологический
университет (РГГМУ), 2011

Российский государственный
гидрометеорологический университет

БИБЛИОТЕКА

195132, СПб, Маловишневский пр., 98

47.10 1407

ВВЕДЕНИЕ

Учебная практика по геодезии проводится после изучения теоретических положений геодезии и выполнения лабораторно-практических заданий в течение одного или двух семестров 2-го курса. Продолжительность учебной практики согласно рабочим учебным планам разных специальностей может быть 2 или 4 недели.

Основные задачи учебной практики:

- усвоить методику простейших измерений на местности,
- приобрести навыки проектирования геодезических работ, рекогносцировки и закладки геодезических пунктов,
- познакомиться с организацией работ по созданию съемочного обоснования и выполнению наземной топографической съемки участка местности в масштабе 1:1000.

Все работы по программе учебной практики выполняются бригадами студентов в составе 4 – 6 человек; бригады нужно формировать заранее с таким расчетом, чтобы в ней были и юноши, и девушки. Работу в бригаде организует бригадир, в обязанности которого входит, кроме того, представительство бригады во всех официальных мероприятиях, таких как получение, хранение и сдача приборов и оборудования, участие бригады в хозработах и т. п.

Для выполнения программы практики каждая бригада получает следующие приборы и принадлежности:

- теодолит,
- штатив к теодолиту,
- вешки,
- нивелир,
- штатив к нивелиру,
- две рейки (комплект),
- два нивелирных башмака,
- мерную ленту,
- комплект шпилек,
- рулетку,
- зонт,
- планшет,
- линейку Дробышева,
- топорик,

- лопатку (дополнить по списку бригадной ведомости),
- ножовку,
- учебную, методическую и справочную литературу.

При получении и сдаче приборов бригадиром тщательно проверяется комплектность и целостность приборов и принадлежностей, оптика теодолита и нивелира, подтягиваются все неплотно завёрнутые болты, крепления приборов штативов и реек.

При проведении практики в бригаде нужно иметь: тетради для черновых записей, ручки гелиевые или шариковые, карандаши простые (твёрдые и двойной твёрдости), перочинный ножик, ластик, готовальню и прочие канцелярские принадлежности, микрокалькуляторы.

Отчетными документами учебной практики являются: полевые журналы измерений, ведомости вычислений координат и отметок пунктов съёмочного обоснования, отчет о практике, абрисы тахеометрической съёмки, журнал съёмки, топографический план участка и профили местности.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Приборы, принадлежности, таблицы и учебную литературу получает бригадир в геокамере под расписку.

В случае поломки или утери геодезических приборов и оборудования материальную ответственность несет вся бригада в целом.

Бригадир закрепляет за каждым членом бригады определенные приборы и принадлежности.

Порядок выдачи и приемки приборов устанавливает руководитель цикла.

Бригадир ведет дневник, ежедневно отмечая в нем отсутствующих, опоздавших и ушедших с работы раньше установленного времени с указанием причин. В дневник также записываются вопросы, возникающие в процессе работы.

Преподаватель ежедневно просматривает дневник, проверяет записи бригадира, дает необходимые разъяснения и указания по ходу работы и подписывает дневник.

Каждый студент должен выполнить все виды работ, предусмотренные программой практики.

До получения приборов студенты под руководством преподавателя изучают технику безопасности и правила поведения на практике. Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются.

Перед выполнением очередного вида работ студентам необходимо ознакомиться с содержанием работы в целом, изучить методику ее выполнения, выслушать пояснения преподавателя. Перед началом работы в бригаде распределяются обязанности и порядок их чередования. При этом в каждом виде работ студент последовательно выполняет обязанности исполнителя, записывающего и рабочего (реечника).

Записи в журналах измерений производят четко простым карандашом, не допуская неясных, трудночитаемых, малоразборчивых цифр и букв.

Исправление и подчистка записей отсчетов, и подчистка записей вычислений в журналах категорически запрещена. Неправильные записи перечеркиваются и подписываются исполнителем работ.

Полевые журналы подлежат строгому учету и хранению. Страницы журналов должны быть пронумерованы и число их заверено руководителем бригад.

В каждый журнал обязательно записывают все данные, указанные в титульном листе, заполняют сведения и описание приборов, формул, по которым производились вычисления, оглавления, вычерчивают схему ходов.

1.1. Обязанности студентов и бригадира

Студент при прохождении геодезической практики обязан:

- быть на месте работы в назначенное время и принимать активное участие в выполнении работ по программе практики. В дождливую погоду студенты являются на практику как обычно и занимаются камеральными работами;
- беречь геодезические приборы, строго выполняя правила обращения с ними;
- выполнять правила техники безопасности;
- соблюдать правила поведения и распорядок дня, установленный на период прохождения практики;
- не отлучаться с практики без разрешения непосредственного руководителя практики;
- принимать активное участие в проводимых общественных мероприятиях и хозяйственных работах;
- поддерживать чистоту в занимаемых аудиториях и на территории учебной базы, а по завершении практики сделать генеральную уборку.

Бригадир обязан:

- получить, необходимые для работы бригады геодезические приборы, принадлежности и литературу в геокамере;
- обеспечить их правильное хранение, использование и сохранность;
- организовать работу бригады, обеспечив полное выполнение задания и равномерное участие членов бригады во всех полевых и камеральных работах;
- вести рабочий дневник бригады и учет выхода членов бригады на работу;
- немедленно докладывать руководителю практики о несчастных случаях и заболеваниях студентов бригады.

1.2. Правила обращения с геодезическими приборами

Для выполнения работ студентам выдаются дорогостоящие геодезические приборы, требующие бережного обращения. Каче-

ство работы приборов и срок их службы зависит от аккуратности работы с ними и ухода.

При получении приборов со склада кафедры необходимо на месте проверить их комплектность согласно описи, произвести внешний осмотр каждого прибора и принадлежности, изучить крепления прибора в футляре.

При пользовании приборами необходимо соблюдать следующие правила:

- при укладке приборов в футляр нельзя прилагать усилий, а после укладки следует затянуть зажимы (винты);
- теодолиты и нивелиры следует брать за подставку, а кипрегели за ручку (стойку);
- при установке прибора на штатив необходимо, не выпуская его из рук, закрепить станovým винтом;
- не следует сильно затягивать станové и зажимные винты прибора;
- нельзя оставлять приборы, в особенности на штативах, без присмотра;
- оберегать приборы от ветра, дождя и нагрева лучами солнца (с помощью зонта, чехла и т. п.);
- следить за креплением и устойчивостью зонта, а при наличии ветра, придерживать его руками;
- переносить приборы нужно в вертикальном или слегка наклоненном положении с закрепленными зажимными винтами и сложенными ножками штатива, закрепленными барашками;
- при использовании мерной ленты следует учитывать, что она изготовлена из хрупкой стали, поэтому нельзя допускать образования колец и петель, нельзя оставлять ленту на проезжей части дороги;
- в сырую погоду после окончания работы ленту при ее свертывании необходимо протереть сухой тряпкой;
- прибор, попавший под дождь, необходимо по возвращении в помещение вынуть из футляра, протереть сухой тряпкой и дать просохнуть перед установкой в футляр;
- рейки необходимо оберегать от поломок, не бросать на землю и предохранять деления шкалы рейки от стирания о грунт;
- при переноске вех и шпилек следует соблюдать осторожность – переносить острым концом от себя, чтобы не нанести травму себе или товарищу.

Категорически запрещается бросать веши и шпильки, надо передавать их из рук в руки.

Перед сдачей приборов и принадлежностей на склад необходимо:

- проверить комплектность приборов и очистить их от пыли и грязи; ленты, рулетки очистить от ржавчины и протереть масляной тряпкой;

- 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.

На утерянное или испорченное имущество и приборы составляется акт за подписью виновного, бригадира и заведующего лабораторией кафедры. За утерю или поломку приборов бригада несет материальную ответственность.

2. ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Перед производством полевых работ необходимо убедиться в комплектности и исправности инструментов и произвести их соответствующие поверки. На этом же этапе должны быть приобретены навыки в работе с инструментами и в ведении и обработке полевой документации. После окончания поверок инструментов и приобретения навыков в работе с ними с разрешения руководителя практикой бригады приступают к выполнению полевых работ.

2.1 Поверки нивелиров

А) Поверки нивелира с цилиндрическим уровнем при трубе.

Перед выполнением поверок нивелира ось вращения прибора приводится в вертикальное положение с помощью подъёмных винтов и установочного круглого уровня.

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

Вращая три подъёмных винта, приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Верхнюю часть нивелира вместе с круглым уровнем проворачивают на 180° . Если пузырек отклоняется от нуль-пункта, то, действуя исправительными винтами уровня, перемещают пузырек в сторону нуль-пункта на половину дуги отклонения. Поверку следует повторять до тех пор, пока пузырёк круглого уровня не будет выходить за пределы малой окружности, нанесённой на стекле круглого уровня, при вращении прибора вокруг своей оси.

2. Одна из нитей сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира, другая — ей параллельна.

Для поверки этого условия на расстоянии 15–20 м устанавливают рейку строго вертикально (для удобства прислонив её к углу дома и т.д.). Приводят с помощью уровня ось вращения нивелира в отвесное положение и берут отсчеты по концам горизонтальной нити, поворачивая при этом трубу по азимуту. Если отсчеты будут различаться более чем на 1 мм, то сетку необходимо повернуть до получения одинаковых отсчетов. Для этого снимают колпачок окуляра прибора и ослабляют закрепительные винты сетки нитей. далее осторожно поворачивают секторную пластинку с сеткой нитей. Закрепив, не завинчивая, до упора винты, проверяют правильность исправления сетки нитей, и после этого завинчивают все винты.

3. Ось цилиндрического уровня и визирная ось зрительной трубы должны быть параллельны (главное условие нивелира).

Перед выполнением этой поверки необходимо убедиться, что ось цилиндрического уровня и визирная ось трубы находятся в параллельных плоскостях — это первая часть поверки. Поверка данного условия выполняется следующим образом. По направлению одного из подъемных винтов на расстоянии 40 – 50 м устанавливается рейка таким образом, чтобы один из подъемных винтов находился в плоскости, проходящей через линию визирования, а два других — по обе стороны от нее. После приведения нивелира в отвесное положение по круглому уровню и совместив с помощью элевационного винта изображения концов пузырька контактного уровня, снимают отсчет по рейке (a).

Затем вращением в разные стороны двух других подъемных винта на 2 – 3 оборота, наклоняют нивелир в одну сторону, например, вправо. Совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня с помощью элевационного винта, снимают отсчет по рейке ($a_{прав.}$). После этого этими же двумя винтами нивелир снова приводится в рабочее положение. Затем аналогичным образом нивелир наклоняется в другую сторону и снимают отсчет ($a_{лев.}$). Если разность отсчетов $a_{прав.} - a_{лев.} > 6$ мм, то ослабляют вертикальные юстировочные винты уровня и, действуя боковыми исправительными винтами уровня (вывинчивая один и ввинчивая другой), исправляют установку цилиндрического уровня. Для этого перемещают находящийся ближе к окуляру зрительной трубы конец уровня к трубе, если разность $a_{прав.} - a_{лев.} > 0$, и от трубы, если $a_{прав.} - a_{лев.} < 0$. После этого поверка повторяется.

Вторую часть поверки выполняют путем двойного нивелирования линии длиной около 75 м (рис.1). На концах линии А – В устанавливают «башмаки». Из середины, определённой при помощи рулетки или мерной ленты, выполняют нивелирование, визируя прибор сначала на рейку, установленную на башмак в точке А и снимают отсчет $a_{1ч.}$, а затем в точке В — отсчет $b_{1ч.}$. Затем снимаются отсчеты по красным сторонам реек ($a_{1к.}$ и $b_{1к.}$). Таким образом выполняется определение истинного превышения точки В над точкой А, поскольку при нивелировании из середины погрешность, вызванная непараллельностью визирной оси и оси цилиндрического уровня, будет компенсироваться, тогда

$$h_{\text{ср.}} = (a_{1\text{ч}} - b_{1\text{ч}})/2 + (a_{1\text{к}} - b_{1\text{к}})/2 \quad (2.1)$$

Прибор переносят и устанавливают на продолжении створа АВ в 5 – 6 м за первым колом. При совмещенных концах пузырька цилиндрического уровня берут отсчет a_2 по ближней рейке, а затем, изменив фокусировку зрительной трубы – отсчет b_2 по дальней. Определяют h_2 . Результаты измерений удобно представить в виде таблицы.

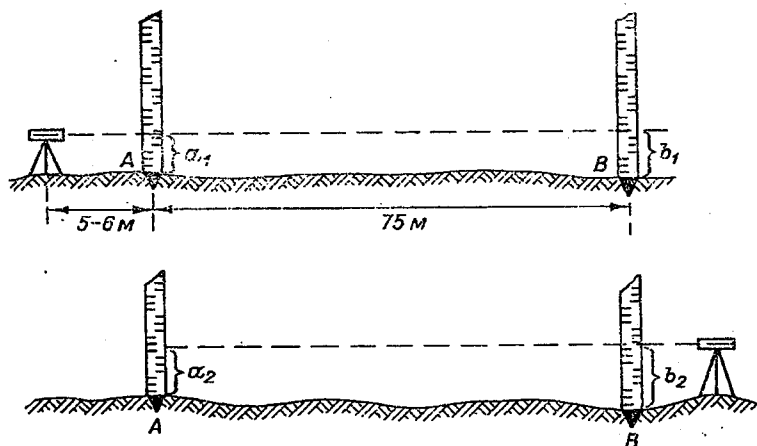


Рис. 1. Схема проверок нивелира.

Таблица 1

Таблица вычисления невязок нивелира

Станция	Отсчеты		Превышение
	задний a	передний b	
1 Из середины	a_1	b_1	h_1
2 За рейкой А	a_2	b_2	h_2

Поскольку превышение между точками А и В неизменно, величины h_1 , h_2 не должны различаться более, чем на 4 мм. Если это условие соблюдается, проверка может считаться выполненной.

Если h_2 и h_1 различаются более, чем на 4 мм, надо определить, какой должен быть отсчет по дальней рейке (b_2 на станции 2), используя следующее соотношение: $a_2 - b_2 = h_1$, отсюда, $b'_2 = a_2 - h_1$,

Далее необходимо произвести юстировку прибора следующим образом:

– на станции А при помощи элевационного винта привести положение сетки нитей к отсчёту b'_2 , в результате пузырек цилиндрического уровня сместится из центрального положения.

– ослабив боковые винты и действуя вертикальными исправительными винтами уровня, привести пузырек в нуль-пункт.

Поверку нужно повторить до выполнения условия.

2.1.2 Поверки нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования.

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси прибора.

Эту поверку выполняют аналогично поверкам нивелиров с цилиндрическим уровнем.

2. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Эту поверку выполняют аналогично поверке правильности установки сетки нитей у нивелиров с цилиндрическим уровнем.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальной (главное условие нивелира).

Для выполнения этой поверки нивелир устанавливают точно на середине между двумя рейками, отстоящими на 100 м друг от друга. Установив нивелир с помощью круглого уровня в отвесное положение, снимают отсчёты a_1 по задней рейке и b_1 по передней. Затем нивелир устанавливают за передней рейкой на расстоянии 5 м и снимают отсчёты a_2 по дальней рейке и b_1 по ближней. Вычисляют теоретический отсчет по дальней рейке:

$$a_2 = (a_1 - b_1) + b_2$$

Он не должен отличаться от фактического отсчета a_2 более чем на 4 мм. Если условие не соблюдается, то сетку нитей с помощью вертикальных исправительных винтов перемещают так, чтобы отсчет a_2 стал равен отсчету a_2 . Поверку повторяют после каждого исправления.

4. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальной при наклонах оси вращения нивелира в пределах расчетного угла компенсации.

Для определения ошибки недокомпенсации нивелир устанавливают на середине между рейками, отстоящими друг от друга на расстоянии 100 м, приведя с помощью подъемных винтов ось круглого уровня в рабочее положение, определяют превышения на станции поочередно при положениях круглого уровня, показанных на рис. 2. Делают пять приемов определений превышений. Если средние превышения, полученные при смещенных положениях круглого уровня (II – V), отличаются от среднего превышения при положении пузырька круглого уровня на середине (I) более чем на 1 мм (для нивелиров Н-05К), 5 мм (для нивелиров Р-3К) и 7 мм (для нивелиров Н-10К), то такие приборы нельзя использовать в работе и они подлежат заводской юстировке.

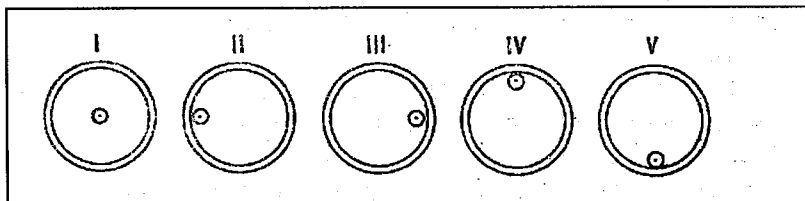


Рис. 2. Положение круглого уровня нивелира при определении ошибки в работе компенсатора.

Б) Поверки теодолитов.

Для измерения горизонтальных и вертикальных углов можно применять теодолиты Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П, Т15, 2Т5К, 3Т5К а так же современные электронные теодолиты. Буква "П" в шифре теодолита означает, что его зрительная труба даёт прямое изображение; буква "К" – что вместо уровня при алидаде вертикального круга используется компенсатор малых углов наклона.

Поверки выполняют для того, чтобы убедиться в выполнении условий взаимного расположения геометрических осей теодолита и в случае нарушения этих условий исправить положение той или иной оси. Перед выполнением проверок нужно изучить расположение зажимных и наводящих винтов и научиться пользоваться ими по назначению.

Обязательными условиями на каждой станции перед наблюдениями являются следующие.

- Подъемные и наводящие винты должны вращаться плавно.
- Вращение алидады должно быть плавным.

Прежде всего, нужно установить теодолит на штативе в защищённом от прямых солнечных лучей месте и выполнить *горизонтирование* теодолита, то есть привести ось вращения алидады в вертикальное положение; для этого нужно выполнить следующие операции:

- вращая алидаду, установить уровень при алидаде горизонтального круга параллельно линии, соединяющей два подъёмных винта, и, вращая эти два винта в противоположные стороны, привести пузырёк уровня в нуль-пункт;
- повернуть алидаду на 90° , то есть установить уровень по направлению третьего подъёмного винта; вращая этот винт, привести пузырёк уровня в нульпункт.

Проверки теодолита осуществляются в следующей последовательности:

1. Ось уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.

Эта проверка включает следующие операции:

- вращая алидаду, установить уровень параллельно линии, соединяющей два подъёмных винта; вращая эти винты в противоположные стороны, привести пузырёк в нуль-пункт;
- повернуть алидаду точно на 180° ; если пузырёк уровня отклонился от нуль-пункта, следует сосчитать, на какое количество делений (n) произошло отклонение;
- вращая эти же два подъёмных винта, сместить пузырёк уровня в сторону нуль-пункта на половину делений ($n/2$);
- вращая исправительные винты уровня, привести пузырёк в нуль-пункт.

Если после поворота алидады на 180° пузырёк уровня уходит за пределы шкалы, то отклонение пузырька следует измерять в оборотах подъёмных винтов и исправлять уровень методом последовательных приближений.

2. Вертикальный штрих сетки нитей (или биссектор) должен быть перпендикулярен к оси вращения зрительной трубы.

Для выполнения поверки нужно выполнить следующие операции:

- вращая алидаду, навести зрительную трубу на хорошо видимую точку;
- наводящим винтом трубы плавно смещать трубу по высоте сначала вниз, потом вверх: если изображение точки не отклоняется от вертикальной нити, условие выполнено.

Если изображение точки отклоняется от вертикальной нити (середины биссектора), то снимают колпачок, закрывающий исправительные винты сетки нитей, слегка ослабляют четыре крепежных винта окуляра и поворачивают окуляр вместе с сеткой нитей до совмещения вертикальной нити с наблюдаемой точкой на краю поля зрения трубы. Закрепив окуляр, поверку повторяют. После окончательного исправления снова надевают защитный колпачок на окуляр зрительной трубы.

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

Угол отклонения визирной оси зрительной трубы от перпендикуляра к оси вращения трубы называется коллимационной погрешностью зрительной трубы. Если такое отклонение есть, то при вращении зрительной трубы вокруг своей оси при положениях вертикального круга слева и справа от зрительной трубы визирная ось будет описывать две конические поверхности с общей вершиной O , являющейся оптическим центром объектива трубы (рис. 3).

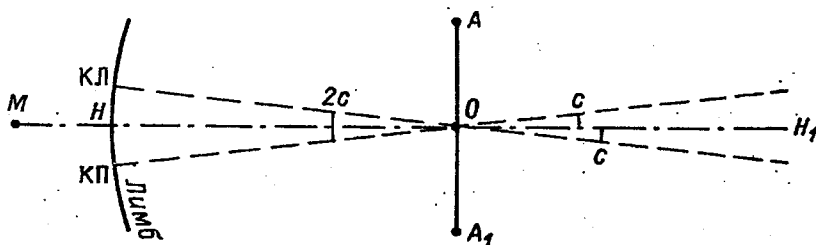


Рис. 3. Графическое отображение коллимационной погрешности зрительной трубы.

Это происходит из-за неправильного положения центра сетки нитей в трубе, вызывающее смещение визирной оси. При этом коническая поверхность спроецируется на плоскость лимба дважды.

Когда вертикальный круг расположен слева от зрительной трубы (круг лево), отсчет по лимбу при наведении трубы на местный предмет обозначим через КЛ, а когда вертикальный круг расположен справа от зрительной трубы (круг право), отсчет обозначим КП. Среднее из этих отсчетов свободно от влияния коллимационной погрешности:

$$N = (КП + КЛ \pm 180^\circ)/2, \quad (2.2)$$

где N – отсчет по лимбу, свободный от влияния коллимационной погрешности зрительной трубы, ...°; КП и КЛ – отсчеты по лимбу при двух положениях вертикального круга (круг лево и круг право), различающиеся на 180° .

Разность отсчетов по лимбу КП и КЛ определит значение двойной коллимационной погрешности:

$$2C = КП - КЛ \pm 180^\circ \quad (2.3)$$

Положение визирной оси зрительной трубы исправляют, если коллимационная погрешность в 2 раза больше точности отсчетного устройства теодолита. Для теодолитов 2ТЗ0П и 4ТЗ0П она не должна превышать $2'$.

Поверку этого условия выполняют после приведения вертикальной оси теодолита в отвесное положение.

Для выполнения этой поверки необходимо выполнить следующие операции:

- навести зрительную трубу при КЛ на хорошо видимую точку вблизи горизонта, взять отсчёт по горизонтальному кругу;
- перевести трубу через зенит и, вращая алидаду, навести трубу при КП на эту же точку, взять отсчёт по горизонтальному кругу;
- вычислить двойную коллимационную ошибку по формуле (2.3);

Пример: $КЛ = 23^\circ 14,5'$; $КП = 203^\circ 16,0'$; $2C = 1,5'$.

Если величина $2C$ превышает допустимое для прибора значение, то выполнить следующие операции:

- вычислить средний отсчет N по формуле 2.2;
- вращая алидаду наводящим винтом, установить этот отсчёт на лимбе горизонтального круга – в поле зрения трубы точка сместится с вертикальной нити;

– отвернуть защитный колпачок на окуляре зрительной трубы и обеспечить доступ к исправительным винтам сетки нитей;

– ослабить вертикальные исправительные винты и, вращая горизонтальные винты (вывинчивая один и ввинчивая другой), навести вертикальную нить на точку;

– закрепить все исправительные винты сетки нитей;

– повторить определение коллимационной ошибки.

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения инструмента.

Для выполнения поверки теодолит устанавливают в 30–40 м от стены, приводят лимб в горизонтальное положение, перекрестие сетки нитей при круге право наводят на высоко расположенную точку А, закрепляют алидаду, опускают зрительную трубу примерно до горизонтального положения и отмечают на стене точку α_1 , на которую проектируется перекрестие нитей сетки. Затем трубу переводят через зенит и проецируют эту же точку при круге лево (α_2). Если точки α_1 и α_2 совпадут или отрезок $\alpha_1\alpha_2$ не превышает ширину биссектора сетки (15–20"), то условие выполнено.

Если проекции точки не совпадут, то ось вращения трубы не перпендикулярна к основной оси инструмента. Эту погрешность можно устранить только в заводских условиях.

Следует заметить, что среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при КП и КЛ свободно от влияния этой ошибки.

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

Место нуля вертикального круга (МО) – это такой отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня (если такой существует) на алидаде вертикального круга находится в нуль-пункте. У теодолита 2ТЗ0 на алидаде вертикального круга уровня нет, и его роль выполняет уровень на алидаде горизонтального круга. Значение МО может быть как положительным, так и отрицательным.

Для выполнения поверки места нуля необходимо выполнить следующие операции:

– навести зрительную трубу на точку при КЛ, взять отсчёт по вертикальному кругу, убедившись, что пузырек уровня на алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте;

- перевести трубу через зенит и навести трубу на эту же точку при КП, взять отсчёт по вертикальному кругу КП;
- вычислить место нуля по формуле:

$$МО = (КЛ + КП)/2$$

Пример: $КЛ = 7^{\circ}14'$; $КП = -7^{\circ}12'$; $МО = +1,0'$.

МО определяют при наведении трубы теодолита на несколько точек, чтобы убедиться в неизменности его значения.

Если МО в 2 раза больше точности отсчетного микроскопа, то необходимо его исправить. Для этого, убедившись, что пузырек уровня на алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте, при втором наведении трубы на точку (круг право) устанавливают на вертикальном круге значение $v = (КЛ - КП)/2$ с помощью наводящего винта зрительной трубы. При этом можно заметить, что горизонтальная нить сетки нитей сойдет с наблюдаемой точки. Отпустив один из боковых винтов сетки нитей и действуя вертикальными исправительными винтами сетки нитей (одним винтом на ввинчивание, другим на вывинчивание), совмещают горизонтальную нить сетки нитей с изображением наблюдаемой точки. Закрепив исправительные винты сетки нитей, поверку повторяют.

В) Поверки и исследования мерной ленты (рулетки)

1. Внешний осмотр – необходимо убедиться в отсутствии помок в разных местах ленты, особенно в начале и в конце, и в отсутствии сильных перегибов; в случае наличия заклёпок проверить непрерывность шкалы ленты.

Длина мерной ленты может отличаться от номинальной длины при ее изготовлении под влиянием различных факторов: времени, температуры, механического воздействия и т.п., поэтому перед использованием мерного прибора следует выявить отклонение его действительной длины от номинальной путем сравнения его с другим прибором, длина которого точно известна. Процесс такого сравнения называется *компарированием мерного прибора*.

Длину рабочей ленты и длину нормальной, которая определена на компараторе, можно сравнить на так называемом временном компараторе. На ровной местности на расстоянии 20 м забивают два ровно опиленных столба, в торец одного из них забивают

гвоздь. Надев на него начальный конец нормальной ленты, натягивают ее с помощью динамометра с силой 10 кг и отмечают на спиленной поверхности второго столба положение конечного штриха нормальной ленты. Те же действия повторяют с рабочей лентой. При несовпадении их длин миллиметровой линейкой измеряют расхождение и записывают со знаком плюс или минус в паспорт рабочей ленты. Туда же записывают температуру лент и силу натяжения. Нормальную ленту используют только для компарирования рабочих лент, и в непосредственных измерениях линий она не участвует.

3. СОЗДАНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ

Учебная геодезическая практика по созданию планового обоснования инженерно-геодезических съемок включает:

- *подготовительные работы;*
- *полевые работы;*
- *камеральные работы.*

Планово высотное, или съёмочное обоснование, как правило, создаётся в виде теодолитного хода. Форма хода может быть любой: разомкнутый ход (рис. 4а), замкнутый ход (рис. 4б), но, как правило, выбирается разомкнутый ход между реперными точками с известными координатами (рис. 4а).

Расстояние между пунктами следует выбирать от 40 м до 80 м (по Инструкции – от 40 м до 350 м); общее число пунктов должно быть не менее количества студентов в бригаде.

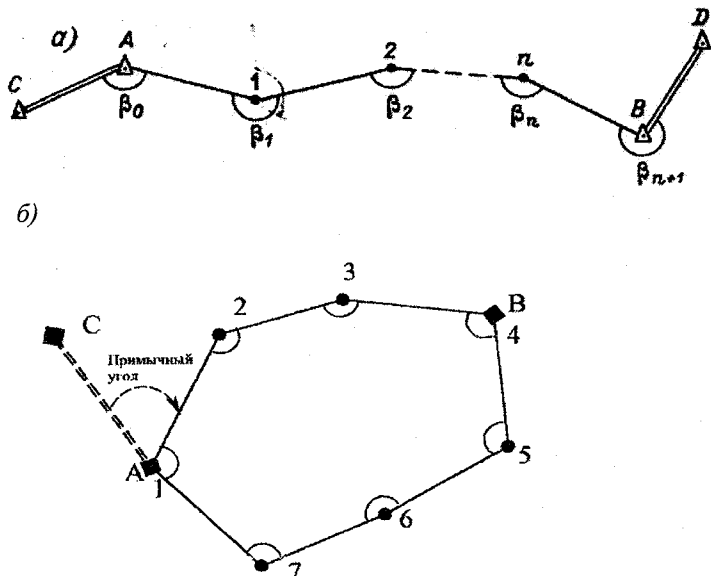


Рис. 4. Схема разомкнутого (а) и замкнутого (б) теодолитного хода

Подготовительные работы включают:

- а) *получение и изучение учебного задания;*
- б) *получение и проверку комплектности инструментов;*
- в) *поверку инструментов.*

В полевые работы входит:

- а) рекогносцировка участка работ;*
- б) измерение горизонтальных углов;*
- в) измерение длин линий.*

Для проведения работы необходимо наличие следующих инструментов и снаряжения:

- теодолит со штативом и чехлом;
- мерная стальная лента с комплектом шпилек – 6 штук;
- вешки – 3 штуки;
- топор;
- зонт топографический с подставкой.

3.1. Рекогносцировка участка работ

Если участок съёмки небольшой, проектирование теодолитного хода выполняется непосредственно на местности.

В результате рекогносцировки выбирается наиболее выгодное направление хода и положение точек поворота. Теодолитный ход прокладывают в направлении наилучшего использования его для съёмки подробностей местности, по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки нужно наметить местоположение пунктов и убедиться во взаимной видимости между соседними пунктами. Необходимо учитывать условия измерения длин сторон хода мерной лентой (отсутствие кустарника, глубоких впадин и т. п.).

Точки хода закрепляют колышками, а рядом ставят сторожки с указанием номера точки и бригады. Деревянный колышек длиной около 10–15 см забивается в землю так, чтобы над землёй осталось не более 1 см его длины (рис.5). На расстоянии 20 – 30 см от колышка забивается сторожок; высота сторожка над поверхностью земли должна быть около 20 см; на одной из граней сторожка нужно подписать простым карандашом номер пункта и номер бригады, например: Бр.2 - ПК-11.

Место закладки пункта должно быть удобным для установки штатива теодолита и обеспечивать хороший обзор для съёмки в радиусе 60 – 100 м. За центр пункта удобно принять шляпку гвоздя длиной 40 мм, вбитого полностью в деревянный колышек.

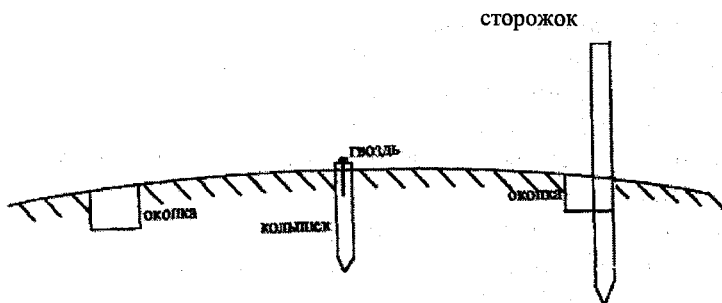


Рис. 5. Закрепление пункта теодолитного хода

После закрепления на местности точек теодолитного хода приступают к угловым и линейным измерениям.

3.2. Измерение горизонтальных углов в теодолитном ходе

Прежде чем приступить к измерению горизонтальных углов, необходимо произвести полевые поверки теодолита.

Измерение углов производят во всех вершинах хода, а также измеряют примычные углы.

3.2.1. Подготовка к измерениям:

Выверенный теодолит устанавливают в каждой вершине хода в рабочее положение. Эту установку необходимо осуществлять следующим образом:

- установить теодолит на штативе на пункте, являющемся вершиной угла;

- выполнить центрирование и горизонтирование теодолита;

- установить зрительную трубу для наблюдений

а) *центрирование теодолита* над вершиной измеряемого угла производится с помощью нитяного отвеса следующим образом:

- штатив с отвесом ставится над центром пункта так, чтобы верхняя площадка головки штатива была горизонтальной, а отвес в спокойном состоянии отклонялся от центра пункта не более чем на 5 мм.

- на штатив устанавливают теодолит и закрепляют становой винт; в случае необходимости ослабляют становой винт и перемещением теодолита по головке штатива, добиваются установки отве-

са над вершиной (с точностью $\pm 0,5$ мм), после чего становой винт закрепляют.

б) *горизонтирование теодолита* выполняется с помощью подъёмных винтов и уровня при алидаде горизонтального круга (стр. 9).

в) *установка трубы для наблюдений*:

– Четкость изображения «сетки нитей» осуществляется вращением окулярного кольца.

– Установка трубы по предмету, или фокусировка трубы, достигается вращением винта кремальеры. При этом добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Возникающий иногда параллакс сетки нитей (несовпадение плоскости изображения с плоскостью сетки) устраняется дополнительным поворотом кольца кремальеры.

– При наведении зрительной трубы на визирную цель (например, на вешку) следует, вращая алидаду и трубу, навести на вешку белый крест в окуляре визира и, придерживая одной рукой алидаду, осторожно завернуть её зажимной винт. Затем, придерживая одной рукой зрительную трубу, другой рукой завернуть зажимной винт трубы. После этого, глядя в окуляр трубы, нужно отфокусировать изображение вешки вращением винта кремальеры и, вращая наводящие винты алидады и трубы, установить изображение вешки в центре сетки нитей. Для исключения ошибки из-за наклона вешки, крест сетки нитей нужно наводить на самую нижнюю видимую часть вешки (рис. 6).

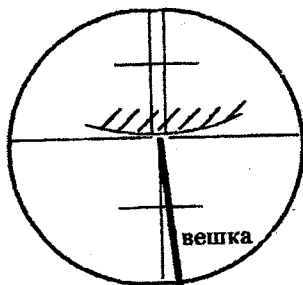


Рис. 6. Правильное наведение зрительной трубы на вешку

– При отсчитывании по лимбу с помощью шкалового микроскопа (теодолиты 2Т30, 4Т30) необходимо сделать следующее:

1) зафиксировать штрих градусного деления лимба внутри шкалы микроскопа (между цифрами 0 и 6) – это будут градусы отсчёта;

2) по положению этого штриха взять отсчёт по шкале микроскопа с точностью до полминуты (рис.7 – отсчёт по горизонтальному кругу $134^{\circ}28,5'$, по вертикальному кругу $7^{\circ}47,0'$).

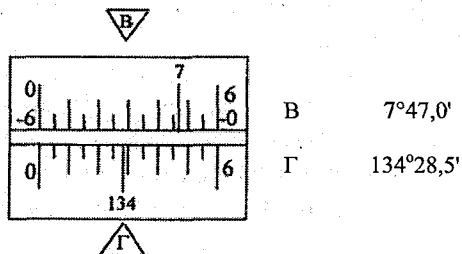


Рис. 7. Поле зрения микроскопа теодолита 2Т30.

3.2.2. Измерение углов в теодолитных ходах

Измерение углов производят способом приемов. Для исключения влияния коллимационной ошибки теодолита углы измеряют при двух положениях вертикального круга: при круге лево (КЛ) и при круге право (КП) с перестановкой лимба между полуприемами. Вешки устанавливаются в вертикальное положение на пункты, фиксирующие первую и вторую стороны угла; вешка ставится в створе стороны угла рядом с колышком, в который вбит гвоздь (рис. 8).

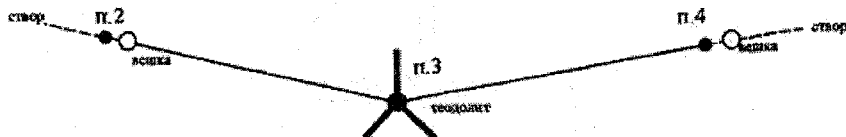


Рис. 8. Схема установки вешек в створе сторон измеряемого угла

В теодолитном ходе измеряют углы правые или левые по ходу следующим образом:

Измерение *правых* по ходу углов:

– при КЛ (круге лево) навести трубу на заднюю точку (п.2, рис. 8), взять отсчёт по горизонтальному кругу Л2;

- вращая алидаду, навести трубу на переднюю точку (п.4), взять отсчёт по горизонтальному кругу Л4;
- вычислить значение правого по ходу угла при КЛ по формуле

$$\beta_1 = \text{Л2} - \text{Л4},$$

если отсчёт Л2 меньше отсчёта Л4, то к первому отсчету нужно прибавить 360°;

Во втором полуприеме тот же угол измеряют при другом положении вертикального круга (КП). Для этого переводят зрительную трубу теодолита через зенит и, освободив закрепительный винт лимба, перемещают его примерно на 2° – 5° и снова закрепляют. Измерение горизонтального угла при втором положении вертикального круга производят так же, как и в первом полуприеме, т. е. сначала визируют на правую (заднюю) точку, а затем на левую (переднюю) точку хода.

Вычисляется значение правого по ходу угла при КП по формуле

$$\beta_2 = \text{П2} - \text{П4}.$$

Если выполняется условие $\beta_1 - \beta_2 \leq \Delta \beta_{\text{доп}}$, то вычисляется среднее значение угла

$$\beta_{\text{ср.}} = \frac{1}{2}(\beta_1 + \beta_2);$$

для теодолитов и 2Т30П и 4Т30П значение $\Delta \beta_{\text{доп}}$ следует принять равным 2'.

Если измеряются левые по ходу углы, то при вычислении угла при КЛ и КП нужно из отсчёта на переднюю точку (п. 4 – рис. 8) вычитать отсчёт на заднюю точку (п.2 – рис. 8).

Запись отсчётов и вычисление углов производится в журнале установленной формы (табл. 2).

Таблица 2

Образец записей в журнале при измерении горизонтальных углов

Точка стояния теодолита	Точка визирования	Отсчеты по горизонтальному. кругу		Значение угла в полуприёме	Среднее значение угла
		КЛ	КП		
п.3	п.2	158° 34'	340° 28'	134° 19'	134° 19,5'
	п.4	24° 15'	206° 08'	134° 20'	

В каждой точке по буссоли измеряются азимуты сторон. Разность азимутов дает примерное значение угла, которое

сличается с величиной измеренного угла. Допустимое расхождение – до 1° .

3.3. Измерение длин сторон хода

3.3.1. Измерения мерной лентой (рулеткой)

Длины сторон теодолитного хода измеряют штриховой мерной лентой. Каждую сторону хода измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Перед началом производства измерений необходимо выполнить поверку ленты.

Процесс измерения одного расстояния включает следующие операции:

- передний мерщик берёт конец ленты и шпильки и идёт по створу линии;

- по команде заднего мерщика он останавливается и по его сигналам, смещаясь вправо-влево, встаёт в створ линии с точностью до 20 см;

- задний мерщик вставляет шпильку в начальной точке измеряемой линии; передний мерщик встряхивает ленту, натягивает её с силой около 10 кг и вставляет в прорезь ленты шпильку;

- оба мерщика встают и синхронно идут вперёд по створу линии;

- у воткнутой в землю шпильки задний мерщик даёт команду остановиться, и операции установки переднего мерщика в створ, прикладывания нулевого деления к шпильке, встряхивания ленты, её натяжения и втыкания в землю шпильки повторяются;

- задний мерщик вытаскивает шпильку из земли и движение вперёд возобновляется;

- в конце линии измеряют домер (остаток), то есть расстояние от последней воткнутой в землю шпильки до центра пункта конца линии;

- записатор идёт вместе с мерщиками и считает количество уложений ленты; он же записывает в журнал значение домера; контроль: количество уложений ленты равно количеству шпилек, собранных задним мерщиком.

Для каждой стороны хода определяют угол ее наклона к горизонту; если угол превышает 2° , то вносят поправку за наклон линии (по таблицам или номограмме).

Если сторона теодолитного хода имеет неодинаковый угол наклона по всей длине, то её нужно разделить на две (или более) частей, каждая из которых имеет постоянный угол наклона. Каждую часть и её угол наклона следует измерять отдельно (рис. 9).

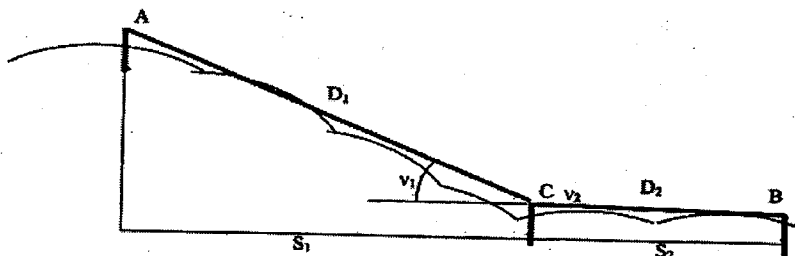


Рис. 9. Схема измерения длины линии по частям

Горизонтальное проложение такой стороны хода равно сумме горизонтальных проложений отдельных её частей (на рис. 9 $S = S_1 + S_2$).

По числу шпилек, собранных задним мерщиком, судят о количестве отложенных целых лент. Передача пяти шпилек задним мерщиком переднему фиксируется в абрисном журнале.

Так как длины сторон теодолитного хода не кратны 20 м, то для измерения остатка передний мерщик протягивает ленту на всю ее длину за конечную точку измеряемой стороны хода, натягивает ленту и определяет расстояние от последней шпильки до точки поворота. Необходимо быть внимательным при измерении остатков в конце каждой стороны, особенно когда остаток близок к 10 м, следить, чтобы подписи метров на ленте возрастали по направлению измеряемого расстояния.

Длину стороны хода определяют по формуле:

$$D = 100m + 20n + r_s$$

где D — длина линии; m — число передач комплекта из 6 шпилек; n — число шпилек, собранных задним мерщиком после последней передачи; r_s — остаток, прочтенный по ленте, м.

Результаты измерения расстояний записывают в журнал, например:

Прямо: 1 передача, 3 шпильки, остаток 5,24 м. Длина линии: 165,24 м

Обратно: I передача, 3 шпильки, остаток 5,30 м. Длина линии: **165,30 м**

Погрешность измерения длин линий в прямом и обратном направлениях при благоприятных условиях не должна превышать 1 : 2000 ее длины. За окончательную длину стороны хода принимают среднее значение из результатов двух измерений.

Для исключения просчётов при измерении расстояний мерной лентой рекомендуется заранее измерить длины сторон теодолитного хода с помощью нитяного дальномера (во время измерения горизонтальных углов).

Все вычисления следует выполнять с точностью до миллиметров, а затем округлить S до сантиметров. На ровной местности ($v < 1^\circ$) поправку за наклон линии можно не вычислять и принять её равной нулю.

3.3.2. Измерение расстояния нитяным дальномером.

Конструкция нитяного дальномера подробно рассматривалась в лекционном курсе, поэтому в данном учебном пособии методика измерений описывается весьма кратко.

На одном конце линии устанавливается оптический прибор, имеющий в комплекте зрительную трубу с дальномерными нитями. Выполняется его горизонтирование и центрирование. На другом конце линии вертикально устанавливается нивелирная рейка.

Труба наводится на рейку, после чего определяются отсчёты по верхней и нижней (дальномерным) нитям соответственно (N_1 и N_2).

Длина линии вычисляется по формуле,

$$D = (N_1 - N_2) * C ;$$

где C – коэффициент дальномера, равный 100, D – расстояние.

Если отсчёт N_1 или N_2 берётся по центральной горизонтальной нити, то коэффициент дальномера нужно взять равным 200.

Для приближённых измерений полезно помнить, что 1 см на рейке (одно деление рейки) соответствует 1 м на местности, а 1 дм на рейке соответствует 10 м на местности. При помощи нитяного дальномера расстояния измеряются довольно быстро, но с невысокой точностью. Исследования показали, что погрешность измерения составляет 1/300 расстояния, а при неблагоприятных условиях 1/200.

3.3.3. Измерение расстояний электронными приборами

В настоящее время производственные измерения расстояний выполняются в основном электронными приборами: светодальномерами и электронными тахеометрами.

Из отечественных светодальномеров на рынке геодезического оборудования предлагается светодальномер "Блеск-2" (2СТ-10). Его рекомендуется применять в полигонометрии и на геодезических сетях сгущения с длинами сторон до 10 км. Этот светодальномер может быть установлен на теодолиты серии 2Т и 3Т для одновременного измерения углов и расстояний. Управление процессом измерения обеспечивается встроенной микро-ЭВМ. Результаты измерений, с учётом поправок на атмосферное давление и температуру, выдаются на табло и могут быть введены в накопитель. В комплект прибора входят: светодальномер, отражатели, источники питания, разрядно-зарядное устройство, барометр, термометр, штативы, набор инструментов.

Средняя квадратическая погрешность измерения расстояний светодальномером "Блеск-2" оценивается величиной $\pm(5 + 3 \cdot 10^{-6} D)$ мм; диапазон измеряемых расстояний от 2 м до 5000 м (при хорошей видимости до 10000 м); методика измерения расстояний приведена в инструкции, прилагаемой к каждому прибору.

Из электронных тахеометров следует отметить отечественный 3ТА5 и японский TOPCON GTS-710. Электронные тахеометры серии 3ТА5 применяются для выполнения крупномасштабных топографических съёмок, при инвентаризации земель, создании и обновлении земельного кадастра и решении задач землеотвода (выноса проекта в натуру). Тахеометром можно производить измерения полярных и прямоугольных координат, высотных отметок, площадей земельных участков, а также горизонтальных проложений. Результаты измерений могут быть записаны в карту памяти РСМСІА или непосредственно переданы в персональный компьютер типа ІВМ РС. Средняя квадратическая ошибка измерения углов составляет 5", расстояний $\pm(5 + 3 \cdot 10^{-6} D)$ мм; пределы измерения расстояний до 800 м (с одной призмой) и до 1600 м (с шестью призмами).

3.4. Камеральная обработка результатов измерений

Камеральная обработка включает следующие этапы:

- А) проверку полевых журналов;
- Б) вычисление координат точек теодолитного хода;
- В) составление и вычерчивание схемы теодолитного хода.

При проверке полевых журналов контролируется правильность вычисления измеренных углов и горизонтальных проложений сторон хода.

После проверки полевых материалов каждый член бригады получает от руководителя координаты исходных точек (индивидуальный вариант).

По полученным данным решаются две обратные геодезические задачи, из которых определяются дирекционные углы исходных сторон: α_n – начальной стороны и α_k – конечной стороны.

3.5. Вычисление координат пунктов съёмочного обоснования

3.5.1. Вычисление координат пунктов разомкнутого теодолитного хода.

При обработке разомкнутого теодолитного хода (рис. 4 (а)) выполняются следующие действия:

1. *Определяются дирекционные углы исходных сторон хода.*

По данным о координатах исходных точек определяются дирекционные углы исходных сторон: α_n – дирекционный угол начальной стороны хода и α_k – дирекционный угол конечной стороны. В нашем примере начальной стороной является сторона АС, конечной – сторона ВД. Вычисления производятся путем решения двух обратных геодезических задач.

Дирекционные углы (α) определяются по формуле:

$$\text{tgr} = \Delta Y / \Delta X,$$

где r – румб (дирекционный угол, приведенный к I четверти ($\alpha' < 90^\circ$); $\Delta Y, \Delta X$ – разность конечных и начальных координат исходных сторон теодолитного хода: $\Delta Y = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}$; $\Delta X = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$

Значение дирекционного угла определяется, исходя из знаков приращений ΔY и ΔX , пользуясь следующими соотношениями (Табл. 3).

Таблица 3

Связь между дирекционными углами и румбами линии

Четверть	Знаки приращений		Дирекционный угол
I (СВ)	$\Delta x > 0$	$\Delta y > 0$	$\alpha = r$
II (ЮВ)	$\Delta x < 0$	$\Delta y > 0$	$\alpha = 180^\circ - r$
III (ЮЗ)	$\Delta x < 0$	$\Delta y < 0$	$\alpha = r + 180^\circ$
IV (СЗ)	$\Delta x > 0$	$\Delta y < 0$	$\alpha = 360^\circ - r$

В нашем случае:

для начальной стороны хода (СА):

X_A, Y_A – конечные координаты и X_C, Y_C – начальные координаты;

для конечной стороны хода (ВД):

X_D, Y_D конечные координаты и X_B, Y_B – начальные координаты.

Тригонометрические функции определяются до пятого знака после запятой (0,00001).

Решение удобно производить в табличной форме (табл.4).

Таблица 4

Определение дирекционных углов исходных сторон теодолитного хода

Расчет дирекционного угла начальной стороны теодолитного хода (СА)				Расчет дирекционного угла конечной стороны теодолитного хода (ВД)			
Y_A	628,77	X_A	378,89	Y_D	868,73	X_D	129,25
Y_C	512,67	X_C	397,25	Y_B	793,92	X_B	246,90
ΔY	116,10	ΔX	-18,36	ΔY	74,81	ΔX	-117,65
$\text{tgr} = -6.32353; r = 81^\circ 00,8';$ $\alpha_n = 180^\circ - 81^\circ 00,8' = 98^\circ 59,2'$				$\text{tg } r = -0,63587; r = 32^\circ 27,1';$ $\alpha_k = 180^\circ - 32^\circ 27,1' = 147^\circ 32,9'$			

2. В ведомость вычисления координат (табл. 5) в графу 1 выписываются номера всех вершин хода, в графу 2 – средние значения измеренных углов с точностью 0',1. Вычисленные значения дирекционных углов начальной и конечной сторон хода записываются в графу 4 напротив соответствующих сторон тоже с точностью 0',1.

В графу 5 вписывают из полевого журнала длины сторон теодолитного хода с точностью до 0,01 м.

3. Суммируются все измеренные углы ($\Sigma \beta_{\text{изм.}}$).

В приведенном примере (табл. 5) $\Sigma \beta_{\text{изм.}} = 1031^\circ 24,6'$

4. Вычисляется теоретическая сумма углов ($\Sigma \beta_{\text{теор.}}$)

для правых измеренных углов:

$$\Sigma \beta_{\text{теор.}} = \alpha_{\text{нач.}} - \alpha_{\text{кон.}} + n \cdot 180^\circ,$$

для левых измеренных углов

$$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = \alpha_{\text{кон.}} - \alpha_{\text{нач.}} + n \cdot 180^\circ,$$

где n — количество измеренных углов;

Если эти две суммы ($\Sigma\beta_{\text{изм.}}$) и ($\Sigma\beta_{\text{теор.}}$) различаются примерно на 360° , то теоретическую сумму можно изменить точно на 360° .

В нашем примере $\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 98^\circ 59,2' - 147^\circ 32,9' + 6 \cdot 180^\circ = 1031^\circ 26,3'$

5. *Вычисляется угловая невязка хода по формуле:*

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$$

Необходимо убедиться, что она не превышает допустимого значения

$$f_{\text{доп.}} = \pm 1, \sqrt{n},$$

где n — число измеренных углов.

По данным приведенного примера $f_{\text{доп.}} = 2,4'$.

Если полученная невязка не превышает допустимую, то ее распределяют в качестве поправки v_β поровну во все измеренные углы ($v_\beta = f_\beta/n$) со знаком, обратным знаку невязки. Если она не делится без остатка, то остаток вводится в угол с наиболее короткими сторонами. Сумма вводимых поправок по абсолютному значению должна быть равна невязке.

6. *Определяются исправленные значения углов по формуле*

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{изм.}} - v_\beta$$

Проверяется выполнение равенства $\Sigma\beta_{\text{испр.}} = \Sigma\beta_{\text{теор.}}$, если оно не выполняется, то необходимо изменить одну или несколько поправок, начиная с последней, на $1''$ или до $0,1'$ и добиться выполнения условия.

7. *Вычисляется дирекционный угол первой стороны хода по формуле*

$$\alpha_1 = \alpha_n + 180^\circ - \beta_{\text{прим.}}$$

где $\beta_{\text{прим.}}$ — примычный угол.

8. *Вычисляются дирекционные углы всех сторон хода по формуле:*

для правых по ходу углов

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

для левых по ходу углов

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

где α_{i+1} — дирекционный угол последующей стороны; α_i — дирекционный угол предыдущей стороны; β — измеренный внутренний угол между этими сторонами.

Например, дирекционный угол стороны $V-I$ вычисляется как

$$\alpha_{V-I} = \alpha_{IV-V} + 180^\circ - \beta,$$

$$\alpha_{V-I} = 98^\circ 59,2' + 180^\circ - 187^\circ 50,4' = 91^\circ 08,8' \text{ и т.д.}$$

Если дирекционный угол получается отрицательным, его нужно увеличить на 360° ; если дирекционный угол получается больше 360° , то его нужно уменьшить на 360° .

Следует убедиться, что в конце хода вычисленное значение дирекционного угла конечного направления в точности совпадает с его заданным значением;

9. *Вычисляются приращения координат по каждой стороне хода (в метрах с округлением до 2-го знака после десятичной запятой) по формулам:*

$$\Delta X_i = d \cdot \cos \alpha_i,$$

$$\Delta Y_i = d \cdot \sin \alpha_i,$$

где d — горизонтальное проложение стороны; α_i — дирекционный угол направления.

10. *Вычисляются суммы приращений координат по всему ходу $\Sigma \Delta X_{\text{выч.}}$ и $\Sigma \Delta Y_{\text{выч.}}$.*

11. *Вычисляются теоретические суммы приращений координат по формулам:*

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = X_{\text{кон.}} - X_{\text{нач.}},$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = Y_{\text{кон.}} - Y_{\text{нач.}}.$$

В нашем примере $\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = 246,90 - 378,89 = -131,99$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = 793,92 - 628,77 = 165,15.$$

12. *Вычисляются координатные невязки хода f_x по оси «X» и f_y по оси «Y» по формулам:*

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

$$f_Y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч}} - \Sigma \Delta Y_{\text{теор}}.$$

В нашем случае $\Sigma \Delta X_{\text{выч}} = -132,12$

$$\underline{\Sigma \Delta X_{\text{теор}} = -131,99}$$

$$\underline{f_X = -132,12 - (-131,99) = -0,13}$$

$$\underline{\Sigma \Delta Y_{\text{выч}} = 165,26}$$

$$\underline{\Sigma \Delta Y_{\text{теор}} = 165,15}$$

$$\underline{f_Y = 165,26 - 165,15 = 0,11}$$

13. *Определяется абсолютная линейная невязка хода по формуле*

$$f_P = \pm \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}.$$

Для нашего примера эта невязка равна
 $f_P = \sqrt{(-0,13)^2 + (0,11)^2} = \pm 0,17$

14. По величине f_P определяется относительная невязка теодолитного хода:

$$F = \frac{f_P}{P} = \frac{1}{P/f_P},$$

где P – сумма горизонтальных проложений сторон (периметр) хода.

Для нашего примера она равна $\frac{0,17}{830,01} = \frac{1}{830,01/0,17} = \frac{1}{4880}$.

Относительная невязка не должна превышать 1:2000.

15 Если полученная невязка в приращениях допустима, то ее распределяют в качестве поправки (v_{Xi} и v_{Yi}) пропорционально длинам сторон с точностью до 0,01 м по формулам:

$$v_{Xi} = \frac{f_X}{p} \cdot d_i \quad v_{Yi} = \frac{f_Y}{p} \cdot d_i,$$

где p – периметр хода; d – длина стороны хода.

16. Полученные значения поправок v_{Xi} и v_{Yi} вводят в вычисленные приращения ΔX_i и ΔY_i со знаком, обратным значениям f_X и f_Y .

$$\Delta X_{i \text{ испр.}} = \Delta X_{\text{выч}} - v_{Xi}$$

$$\Delta Y_{i \text{ испр.}} = \Delta Y_{\text{выч.}} - v_{Yi}$$

Таблица 5

Ведомость вычисления координат разомкнутого теодолитного хода

№ точек	Измеренные Внутренние углы	Исправленные внут- ренние углы	Дирекционные углы	Длины линий (гориз. пролож.) d, м	Приращения координат				Координаты	
					вычисленные		исправлен- ные			
					Δx	Δy	Δx	Δy	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rp IV			98° 59,2'							
Rp V	+0,2 187° 50,2'	187° 50,4'			+0,03 -3,98	-0,03 +198,84			378,89	628,77
	+0,2		91° 08,8'	198,88			-3,95	+198,81		
1	157° 19,0'	157° 19,2'			+0,02 -50,84	-0,01 +115,13			374,94	827,58
2	+0,3 162° 37,7'	162° 38,0'	113° 49,6'	125,86			-50,82	+115,12		
			131° 11,6'	194,86	+0,03 -128,33	-0,03 +146,63			324,12	942,70
3	+0,2 48° 31,5'	48° 31,7'			+0,02 -17,36	-0,02 -134,82				
			262° 39,9'	135,93			-128,3	+146,60	195,82	1089,3
4	+0,3 149° 35,3'	149° 35,6'			+0,02 -17,36	-0,02 -134,82				
Rp III	+0,2 325° 31,2'	325° 31,4'			+0,03 +68,39	-0,02 -160,52			178,48	954,46
Rp II			147° 32,9				68,42	-160,54		
Σβ _p	1031° 24,9'								246,90	793,92
Σβ _t	1031° 26,3'									
f _p	-1,4'									
					ΣΔX -132,12	ΣΔY 165,26	ΣΔX -131,99	ΣΔY 165,15		
					f _x -0,13	f _y 0,11				

Допустимая угловая невязка: $f_{\beta \text{ доп.}} = 1' \sqrt{6} = 2,5'$

$\Sigma \beta_t = 98^\circ 59,2' - 147^\circ 35' + 6 \cdot 180^\circ = 1031^\circ 26,3'$

Абсолютная линейная невязка: $f_p = f_{\beta} = \sqrt{(-0,13)^2 + (0,11)^2} = \pm 0,17$

Относительная линейная невязка $f_p/P = 1:4880$

Допустимая относительная невязка 1:2000

Контролем правильности вычислений является равенство сумм исправленных приращений по осям теоретическим суммам:

$$\Sigma \Delta X_{i \text{ испр}} = \Sigma \Delta X_{\text{теор}};$$

$$\Sigma \Delta Y_{i \text{ испр}} = \Sigma \Delta Y_{\text{теор}}.$$

Если контроль не выполняется, нужно изменить на 0,01 м одну или несколько поправок (порознь для ν_{Xi} и ν_{Yi}), начиная с самой длинной стороны;

17. *Определяются координаты пунктов хода по формулам:*

$$X_{i+1} = X_i + X_{i \text{ испр}} \quad Y_{i+1} = Y_i + Y_{i \text{ испр}}.$$

Следует убедиться, что вычисленные значения координат исходного пункта в конце хода в точности равны их заданным значениям.

Пример вычисления координат пунктов разомкнутого теодолитного хода приведён в табл. 5.

Допустимая угловая невязка: $f_{\beta \text{ доп.}} = 1' \sqrt{6} = 2,5'$

$$\Sigma \beta_i = 98^\circ 59,2' - 147^\circ 35' + 6 \cdot 180^\circ = 1031^\circ 26,3'$$

Абсолютная линейная невязка: $f_p = f_p = \sqrt{(-0,13)^2 + (0,11)^2} = \pm 0,17.$

Относительная линейная невязка $f_p/P = 1:4880$ *Допустимая относительная невязка* 1:2000.

3.6. Вычисление координат пунктов замкнутого теодолитного хода (рис. 4 (б))

Эти вычисления выполняются в следующем порядке:

1. Определить дирекционный угол (α_0) начальной стороны теодолитного хода (стороны С – А); (ход вычислений см. на стр. 25).
2. Вычислить сумму измеренных углов ($\Sigma \beta_{\text{изм.}}$);
3. Вычислить теоретическую сумму углов:
для внутренних измеренных углов (правых по ходу)

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2)$$

для внешних углов (левых по ходу)

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n + 2),$$

где n — число сторон многоугольника

4. Вычислить угловую невязку хода в секундах или в минутах

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{изм}} - \Sigma \beta_{\text{теор.}}$$

и убедиться, что она не превышает допустимого значения

$$f_{\beta(\text{доп})} = 1' \sqrt{n}$$

5. Вычислить поправку в измеренные значения углов

$$v_{\beta} = f_{\beta} / n$$

и округлить её до целых секунд или до десятых долей минуты. Проверить выполнение контроля: сумма поправок должна быть равна угловой невязке хода с обратным знаком

$$\Sigma v_{\beta} = -f_{\beta}$$

и если контроль не выполняется, то изменить одну или несколько поправок, начиная с последней, на $1''$ или на $0,1'$ и добиться выполнения контроля;

6. Внести полученную поправку с обратным знаком в измеренные углы и вычислить исправленные значения углов:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{i(\text{изм})} - v_{\beta}$$

7. Вычислить дирекционный угол первой стороны хода по формуле

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_{\text{прим}},$$

где α_0 — дирекционный угол исходного направления, $\beta_{\text{прим}}$ — правый примычный угол.

8. Вычислить дирекционные углы всех остальных сторон хода по формуле для внутренних (правых по ходу) углов

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

Убедиться, что в конце хода вычисленное значение дирекционного угла первой стороны хода в точности совпадает с его первоначально заданным значением.

9. Вычислить приращения координат по каждой стороне хода (в метрах с округлением до 2-го знака после запятой) по формулам:

$$\Delta X_i = d_i \cdot \cos \alpha_i \quad \Delta Y_i = d_i \cdot \sin \alpha_i,$$

где d_i — длина стороны теодолитного хода

10. Вычислить суммы приращений координат по всему ходу

$$\Sigma \Delta X_i \text{ и } \Sigma \Delta Y_i.$$

11. Для замкнутого хода:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = 0; \Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = 0, \text{ следовательно:}$$

$$f_x = \Sigma \Delta X, \quad f_y = \Sigma \Delta Y$$

12. Линейная невязка теодолитного хода f_p вычисляется по формуле:

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

13. Относительная невязка теодолитного хода при его периметре P должна удовлетворять условию:

$$F = \frac{f_p}{P} = \frac{1}{P / f_p} \leq \frac{1}{2000}$$

14. Вычислить поправки в приращения координат по формулам (в метрах с округлением до 2-го знака после запятой):

$$v_{Xi} = \frac{f_x}{p} \cdot d_i; \quad v_{Yi} = \frac{f_y}{p} \cdot d_i,$$

где p – периметр хода; d_i – длина стороны хода.

Суммы поправок по осям координат должны быть равны линейным невязкам по осям с обратным знаком:

$$\Sigma v_{Xi} = -f_x; \quad \Sigma v_{Yi} = -f_y$$

15. Вычислить исправленные значения приращений координат по формулам:

$$\Delta X_{\text{испр.}} = \Delta X_{\text{выч}} - v_{Xi} \quad \Delta Y_{\text{испр.}} = \Delta Y_{\text{выч.}} - v_{Yi}$$

16. Вычислить координаты пунктов хода по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + X_{\text{испр}} \quad Y_{i+1} = Y_i + Y_{\text{испр.}}$$

Следует убедиться, что вычисленные значения координат исходного пункта в конце хода в точности равны их заданным значениям.

Пример вычисления координат пунктов стандартного замкнутого теодолитного хода приведён в табл. 6.

Таблица 6

Вычисление координат пунктов замкнутого теодолитного хода

Названия пунктов	Измер. углы (правые) β_k	Исправленные углы β	Дирекционные углы α	Горизонт. продолжение	Вычисленные приращения координат		Исправленные приращения координат		Координаты пунктов хода	
					$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$X, \text{ м}$	$Y, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	Прим. правый угол		134°16,3'							
B	275° 42,5'									
			38°33,8'	117,41	-0,03	0,05	+91,78	+73,24	43 000,00	76 000,00
1	-0,3 140°21,0'	140°20,7'	78°13,1'	145,13	-0,04	0,06	+29,59	+142,13	43 091,78	76 073,24
2	-0,3 163° 32,0'	163°31,7'			+29,63	+142,07			43 121,37	76 215,37
3	-0,3 100° 47,5'	100°47,2'	94°41,4'	173,62	-0,05	0,08	-14,25	+173,12	43 107,12	76 388,49
4	-0,3 104° 27,0'	104°26,7'	173°54,2'	134,68	-0,03	0,06	-133,95	+14,36	42 973,17	76 402,85
5	-0,3 167° 50,5'	167°50,2'	249°27,5'	154,47	-0,04	0,07	-54,24	-144,58	42 918,93	76 258,27
6	-0,3 126° 15,0'	126°14,7'	261°37,3'	157,36	-0,04	0,07	-22,97	-155,61	42 895,96	76 102,66
A 1	-0,2 96 °49,0'	96°48,8'	315°22,6'	146,24	-0,04	0,07	+104,04	-102,66	43 000,00	76 000,00
			P = 1028.91							
$\Sigma \beta_{\text{изм}}$	900° 02,0'			$\Sigma \Delta$	+0,27	-0,46	$\Sigma \Delta x$	$\Sigma \Delta y$		
$\Sigma \beta_{\text{теор}}$	900° 00,0'			$\Sigma \Delta_{\text{теор}}$	0,00	0,00	0,00	0,00		
f_β	+2,0									
$f_{\beta \text{ доп}}$	2,8			f_P	0.53					
				f_P/P	1/1940					

После окончания вычисления координат точек теодолитного хода составляется его схема, на которую наносятся точки по вычисленным координатам. Масштаб схемы 1:5000 (рис. 10).

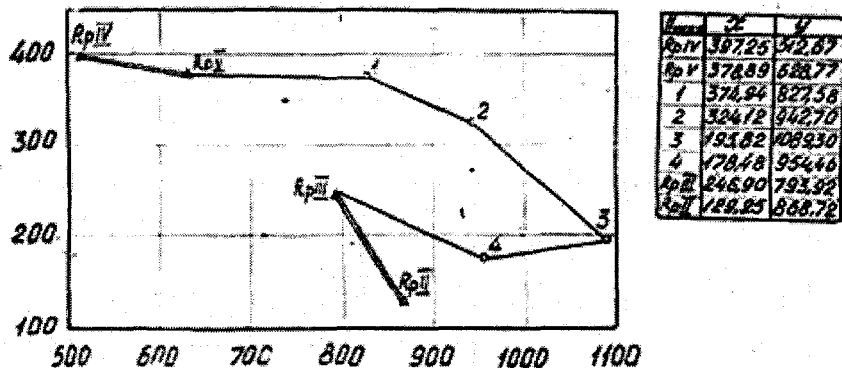


Рис. 10. Схема разомкнутого теодолитного хода.

4. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

Целью теодолитной съемки является составление плана участка местности в масштабе 1 : 1000. Плановым съемочным обоснованием теодолитной съемки являются опорные теодолитные ходы, количество которых зависит от размеров участка съемки.

Каждая бригада перед началом работ получает необходимые инструменты и материалы:

- теодолит,
- стальную мерную ленту с комплексом шпилек (6 шт.),
- вешки – 4 шт.,
- нивелирные рейки – 2 шт.,
- рулетку,
- эклиметр,
- экер,
- буссоль,
- журнал измерения горизонтальных углов и линий,
- абрисные журналы.

После этого все члены бригады делают технический осмотр полученных инструментов, проверяя правильность хода винтов, исправность рулеток, лент, реек и т. п. Мерную ленту необходимо прокомпарировать.

Задание выдается руководителем практики.

Рекогносцировка участка работ выполняется всей бригадой, а оценка ее качества осуществляется руководителем практики.

4.1. Съёмка подробностей (ситуации) местности.

Съемка подробностей производится с точек теодолитного хода. При этом выполняются измерения, позволяющие определить положение контуров и отдельных объектов ситуации на плане.

В зависимости от конкретных условий местности при съемке подробностей применяются следующие способы: обхода, перпендикуляров, прямых угловых засечек, линейных засечек, створов:

1. Способ обхода применяется при съемке площадных контуров (усадыбы, участки сельскохозяйственных угодий и т. п.), для чего прокладывается замкнутый теодолитный ход. При съемке вытянутых контуров (дорог, границ и т. п.) прокладывается разомкнутый теодолитный ход. Этот способ осуществляется проложением

ем съемочного теодолитного хода, линии которого очень близко повторяют линии снимаемого контура (рис. 11).

При способе обхода углы $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ измеряются при одном положении круга (например, КЛ), а длины линий $S_1, S_2, \dots, S_n$ однократно измеряются мерной лентой с точностью до 0,1 м, контроль измерения длин линий выполняется по нитяному дальномеру. Все результаты измерений записываются в журнал измерения горизонтальных углов и линий с соответствующим заголовком этой записи и датой записи. Для контроля записывают азимуты сторон хода, отсчитанные по буссоли. Поворотные точки закрепляют кольями. Затем точки съемочного теодолитного хода наносятся на план графически или по координатам, в результате чего получаются очертания снятого контура.

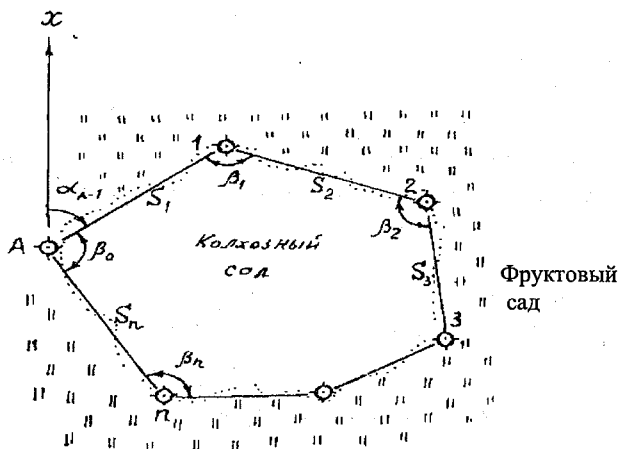


Рис. 11. Съёмка способом обхода:

1, 2, 3, ... n — точки полигона, $S_1, S_2, \dots, S_n$ — длины сторон полигона, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — измеренные внутренние углы полигона, α_{A-1} — дирекционный угол стороны (A-1) полигона.

2. Способ перпендикуляров чаще всего применяется при съёмке вытянутых в длину контуров (дорог, улиц, водотоков и т. п.). При этом способе съёмки положение точки определяется (рис. 12) абсциссой x — расстоянием от точки съёмочного обоснования по стороне теодолитного хода и ординатой y — длиной перпендикуляра, восстановленного со стороны теодолитного хода до определяемой точки. Абсциссы измеряются непосредственно по на-

правлению створа соответствующих сторон с помощью мерной ленты. Перпендикуляры на местности разбиваются следующими способами:

а) с помощью ленты или рулетки. В этом случае нуль рулетки устанавливается в снимаемой точке С (рис. 12), а по кратчайшему расстоянию С—с определяется положение основания перпендикуляра на линии теодолитного хода 1—2 с точностью около 1° ;

б) с помощью экера определяется положение основания перпендикуляра на линии 1—2. Длина перпендикуляра измеряется рулеткой, а расстояние до основания перпендикуляра от точки теодолитного хода 1 или 2 определяется по ленте, уложенной в створе линии 1—2. С помощью экера перпендикуляр разбивается на местности с точностью $5'$;

в) положение основания перпендикуляра определяется на глаз. В этом случае расстояние до основания перпендикуляра определяется с помощью ленты и рулетки.

y_i , Сс—перпендикуляры от линии (1—2) теодолитного хода соответствующих контурных точек А, В, С, N

Во всех случаях длина перпендикуляра измеряется однократно. Минимальная длина перпендикуляров в масштабе плана не должна быть менее 4 мм.

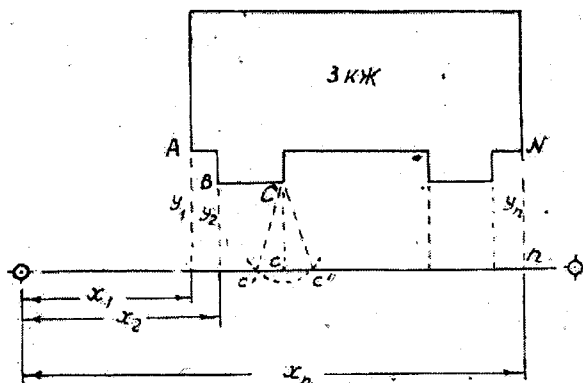


Рис. 12. Съемка способом перпендикуляров:

На криволинейных контурах снимаемые точки выбираются так, чтобы линия, их связывающая, была бы близка к прямой. На плане расстояния между снимаемыми точками (пикетами) должны

быть не менее 5 мм. При съемке четких контуров капитальных сооружений длина перпендикуляра измеряется с точностью до 1 см, при съемке других контуров – с точностью до 0,1 м

3. Полярный способ чаще всего применяется в условиях открытой местности. Положения снимаемых точек при этом определяются полярными углами $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ (рис. 13), измеренными от линии теодолитного хода 1–2 до направлений на снимаемые точки $A, B, \dots, N$, а также измерением расстояний $S_1, S_2, \dots, S_n$ от точки теодолитного хода 1 до снимаемых точек $A, B, \dots, N$. Удобно ориентировать нуль лимба по направлению линии теодолитного хода 1–2. Углы измеряются теодолитом при одном положении круга с точностью до $1'$, а расстояния – рулеткой, мерной лентой или дальномерами однократно. После съемки всех точек трубу теодолита наводят вторично на начальную снимаемую точку для того, чтобы убедиться в неподвижности лимба во время съемки. Изменение отсчета в пределах $5'$ можно считать допустимым.

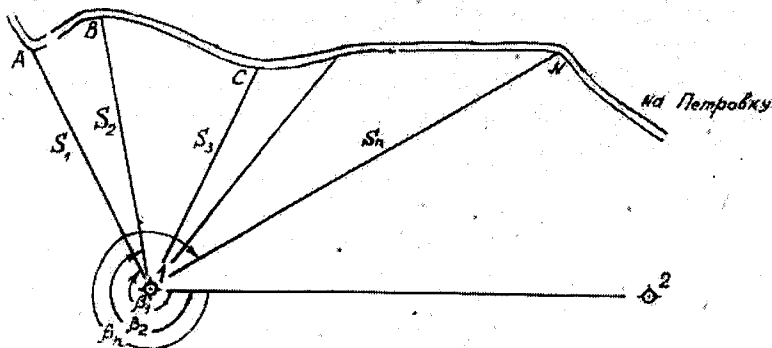


Рис. 13. Съемка полярным способом

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ длины сторон, измеренные до характерных контурных точек $A, B, C, \dots, N$; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – соответствующие полярные углы.

4. Способ засечек применяется в виде угловых и линейных засечек. Угловые засечки применяются на открытой местности там, где нет возможности для непосредственного измерения расстояния. Для определения положения снимаемой точки A (рис. 14) способом угловой засечки измеряются углы β_1 и ω_1 , примыкающие к базису 1–2. В качестве базиса можно выбрать сторону теодолитного хода или любые два опорных геодезических пункта,

между которыми существует видимость. Углы β_1 и ω_1 измеряются теодолитом одним полуприемом с точностью до $1'$. Углы у определяемой точке должны находиться в пределах 30° – 150° .

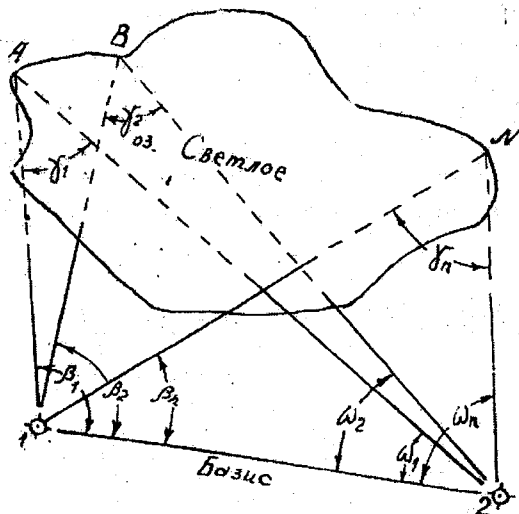


Рис. 14. Способ прямых угловых засечек:

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – измеренные горизонтальные углы с опорной точки 1 на контурные точки A, B, C, ..., N, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – измеренные горизонтальные углы с опорной точки 2 на контурные точки A, B, C, ..., N

5. Способ линейных засечек применяются в том случае, когда условия местности позволяют легко выполнить линейные измерения. Положение снимаемой точки при линейной засечке определяется из треугольника, в котором известны все три стороны и координаты двух его вершин. Длины двух сторон треугольника измеряются рулеткой, третья находится из решения обратной геодезической задачи.

6. Способ створов заключается в том, что в створе линии между двумя опорными точками с помощью теодолита, мерной ленты или рулетки определяется положение контурных точек.

Измеренные длины линий при съемке любым способом приводятся к горизонту по формуле:

$$d = S \cdot \cos \nu,$$

где d – горизонтальное проложение линий, S – измеренное значение длины линии, v – угол наклона линии.

Линии приводятся к горизонту, если $v \geq 2^\circ$. Следовательно, необходимо измерить при этом углы наклона v . Углы наклона до 10° можно измерять эклиметром, который обеспечивает точность измерения угла $15'$. Углы наклона более 10° измеряются теодолитом с точностью до $1'$.

Предельные расстояния до снимаемых точек для различных способов съемки подробностей приведены в табл. 7. Для нечетких контуров все предельные расстояния соответственно можно увеличить в полтора раза.

Таблица 7

Предельные расстояния до снимаемых точек при теодолитной съемке

Способ съемки	Предельные расстояния, м, тип контура для соответствующего масштаба					
	Четкий (капитальные сооружения)			Четкий (другие объекты)		
	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500
Перпендикуляров (с помощью рулетки)	20	10	4	50	30	145
Перпендикуляров (экером)	150	80	40	350	250	120
Полярный (лентой)	300	180	90	350	250	200
Полярный (дальномером)	100	60	30	300	150	80
Прямая угловая засечка	400	200	100	1200	600	300
Линейная засечка	120	60	25	350	180	90

При всех способах съемки местности ведется абрис.

4.2. Абрис.

Основными полевыми материалами в результате выполнения теодолитной съемки являются журналы измерений углов и длин линий, а также абрисы снимаемой ситуации. *Абрис* – это схематический чертеж местности, составляемый глазомерно в произвольном масштабе на каждой станции съемки подробностей. Абрис составляется в карандаше четко и аккуратно с соблюдением порядка и взаимного расположения контуров местности между собой и относительно опорных линий. На абрисе показывают расположение точек (как правило, три точки) и сторон теодолитного хода и снимаемых объектов местности, а также подписывают результаты угловых, линейных измерений и делают пояснительные надписи.

Абрис должен быть ориентирован по направлению магнитного меридиана. Абрис должен давать исчерпывающее представление о ситуации снимаемого участка местности. Пример составления абриса приведен на рис. 15.

Так как в основном результаты измерений подписываются на абрисе, то журнал при съемке подробностей используется при способе обхода, полярном способе и при измерении углов наклона линий. Записи в журнале ведутся аккуратно, без подтирок и подчисток. Ошибочные записи зачеркиваются одной чертой, правильная запись делается на свободном месте. Нельзя исправлять цифру по цифре.

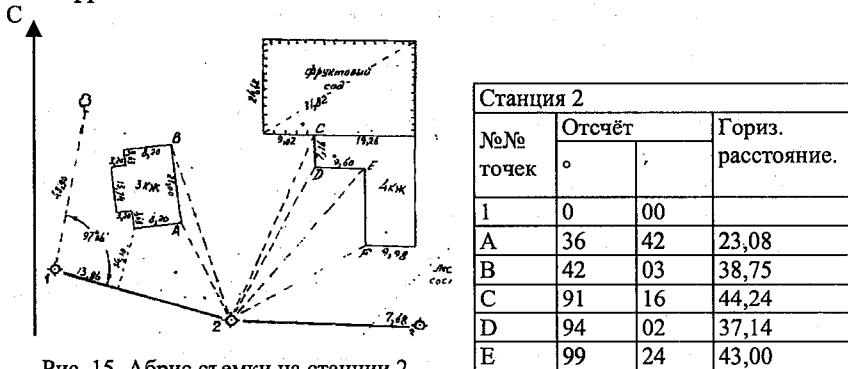


Рис. 15. Абрис съемки на станции 2

4.3. Составление плана участка съёмки

Для составления плана используются следующие документы: ведомости вычисления координат точек плановой основы, журналы теодолитной съемки, абрисы съемки ситуации, пояснительная записка.

Составление плана включает следующие этапы: вычисления, построение координатной сетки, накладка точек теодолитного хода по координатам, нанесение ситуации, корректура составленного плана, полевой контроль.

Вычислительные работы заключаются в получении координат съемочных точек и тех точек ситуации, которые необходимо нанести на план по координатам. В первую очередь выполняется проверка журнала. Затем на абрисе или в журнале вычисляются горизонтальные проложения тех линий, углы наклона которых более 2°. Далее отмечаются те точки ситуации, которые необходимо на-

нести на план по координатам. Такими точками являются точки, расстояния до которых превышают следующие величины для соответствующих масштабов: 1 : 2000 – 120 м, 1 : 1000 – 60 м, 1 : 500 – 30 м. По координатам также наносятся створные точки, если с них идут висячие ходы. Вычисление координат выполняется по известной методике в стандартной ведомости. Для удобства составления плана необходимо иметь схему съемочной сети со всеми опорными точками. Составление плана теодолитной съемки выполняется на планшете (жесткая основа) или на листе хорошей чертежной бумаги (мягкая основа). На планшет наносится координатная сетка.

Нанесение ситуации на планшет производится методом геометрических построений в той же последовательности, в какой выполняется съемка подробностей. Основными инструментами для построения плана служат масштабная линейка, измеритель, транспортир, линейка, угольник. Ситуация на плане чертится после нанесения всех теодолитных ходов. Расстояния откладывают при помощи измерителя и масштабной линейки, прямые углы – при помощи угольника и линейки, углы – при помощи транспортира. Материалом для нанесения ситуации являются полевые журналы и абрисы.

При накладке прямолинейных контуров смежные точки соединяются прямыми линиями, криволинейные контуры вычерчиваются плавными кривыми линиями. Линия контура проводится сплошной или пунктирной в соответствии с условными знаками. При проведении линии контура внимательно изучают абрис, чтобы избежать пропуска точек контура.

В процессе накладки точек ситуации выполняют полевой контроль правильности съемки и накладки, измеряя расстояния между точками на плане и местности. Определяют расхождение между соответствующими промерами. Это расхождение не должно быть более 0,7 мм в масштабе плана. В противном случае наладку точек повторяют или вновь производят съемку данных точек на местности. Количество контролируемых точек может достигать 15% от их общего числа.

В камеральных условиях также выполняют проверку накладки ситуации местности, при этом проверяют:

- полноту накладки, путем сличения плана с абрисом,
- правильность надписей, характеристик зданий, названий, условных знаков и т. п.
- точность накладки ситуации.

4.4. Оформление плана теодолитной съёмки.

Отчетный планшет теодолитной съёмки вычерчивается в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500». Главное внимание необходимо уделить точности и отчетливости изображения предметов и контуров местности. Последовательность работ при графическом оформлении плана следующая:

- окрашиваются водные пространства;
- строится и вычерчивается внутренняя рамка, показываются выходы линий координатной сетки;
- наносятся пункты геодезической основы, съёмочные теодолитные ходы, другие ориентирные предметы;
- оформляются все надписи, за исключением тех, которые расположены внутри водных площадей;
- наносятся ситуации, дорожная сеть, линии связи, энергоснабжения, элементы гидрографии, контуры элементов растительного и почвенного покрова, все контуры заполняются условными знаками, производится рамочное и зарамочное оформление в соответствии с образцом.

Надписи названий населенных пунктов располагаются вне селения, справа против его середины. Только в виде исключения можно эту надпись поместить ниже или выше населенного пункта. Надписи выходов железных и шоссейных дорог выполняются за внутренней рамкой в 2-х мм от нее. Надписи названий рек, ручьев, каналов, оврагов и других объектов размещают вдоль их изображения обязательно в верховьях, в местах впадения притоков и около рамок не реже чем через 20 см в масштабе плана.

Вычерчивание строений производится с выделением на огнестойкие, жилые и нежилые, с показом их этажности (4 КЖ – четырехэтажное, каменное, жилое). При вычерчивании дорожной сети в первую очередь наносятся искусственные сооружения (мосты, переезды и т. п.), затем придорожные сооружения, дороги, а далее

— насыпи, выемки. Изображения дорог не доводят до начала мостов на 0,5 мм. Трубопроводы, линии электропередач и связи вычерчиваются после дорожной сети.

Вычерчивание гидрографии начинается с окраски водных пространств, затем наносятся сооружения и объекты, прерывающие береговую линию, потом берега озер, рек, каналов, изображаемые двумя линиями, реки, изображаемые одной линией, различные гидрографические условные знаки. Элементы растительности и грунтов начинают вычерчиваться с контуров. Контурные заполняют условными знаками.

Условные знаки объектов, которые невозможно изобразить в масштабе из-за малых их размеров (знаки опорной геодезической сети, отдельно стоящие деревья и т.п.), вычерчиваются с соблюдением следующих правил:

- условные знаки должны располагаться перпендикулярно южной рамке плана;
- для знаков в виде круга, квадрата, треугольника положению объекта на местности соответствует центр знака;
- для знаков в виде перспективного изображения объекта — середина основания знака;
- для знаков с прямым углом в основании центром объекта является вершина этого угла, а для знака в виде сочетания нескольких фигур центром является центр нижней фигуры;
- условные знаки вычерчиваются по размерам, указанным в таблицах условных знаков;
- условные знаки должны размещаться с просветом между ними не менее 0,3 мм.

Построенный план вычерчивают в туши в одном цвете (черном) или в многоцветном виде. При этом вычерчивание содержания плана выполняется в следующих цветах:

- черным — контуры, ситуация, рамочное и зарамочное оформление,
- коричневым — грунты,
- зеленым — контуры гидрографии, солончаки, болота, пересечения координатной сетки,
- голубым — водные пространства,
- розовым — проезжие части улиц в населенных пунктах, мощеные или асфальтированные участки.

Вычерчивание планов, имеющих небольшую графическую нагрузку, допускается в одном черном цвете. При вычерчивании используются чертежные перья, рейсфедер, кривоножка, кронциркуль, лекала. Для удаления с поверхности планов следов резинки и затеков от воды можно применять подогретую смесь парафина и стеарина, которой смазываются загрязненные места. Жирные пятна удаляются смесью бензола и магнезии.

По окончании составления и оформления плана теодолитной съемки представляются следующие отчетные документы: полевые журналы, абрисы, корректурные листы, план участка, вычерченный в туши, пояснительная записка.

5. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Тахеометрическая съемка применяется при создании топографических планов, на которых изображаются ситуация (расположение объектов) и рельеф земной поверхности.

Конечным результатом тахеометрической съёмки является план участка местности, вычерченный в условных знаках на ватмане в принятом масштабе с соблюдением некоторых правил.

Геодезической основой плана являются точки теодолитного хода, у которых вычислены координаты; эти пункты называются *пунктами съёмочного обоснования*, или *станциями*. На них устанавливается теодолит. При записи в полевом журнале они обозначаются римскими цифрами. Точки земной поверхности (объекты), которые нужно изобразить на плане, называются *реечными точками*, или *пикетами*. В полевом журнале они нумеруются цифрами арабского алфавита.

Стороны теодолитного хода используются в качестве начальных направлений при съемке пикетных точек.

5.1. Выполнение полевых измерений

Для выполнения тахеометрической съемки бригада делится на 2 полубригады по 3 человека, каждая из которых должна иметь следующее оборудование:

- теодолит-тахеометр – 1;
- нивелирная рейка – 1;
- вешки 2;
- топор – 1;
- колья – точки – 2;
- колья-сторожки – 2;
- журнал тахеометрической съемки – 1;
- абрис тахеометрической съемки – 2;
- тахеометрические таблицы или микрокалькулятор;
- чертежные принадлежности;
- линейки Дробышева или ЛБЛ.

Перед началом работы необходимо внимательно проверить исправность и пригодность для работы всех полученных инструментов и оборудования.

5.2. Порядок работы на станции тахеометрической съёмки.

При выполнении тахеометрической съёмки на каждой станции следует придерживаться определённого порядка действий:

1. установить теодолит на штативе; выполнить центрирование и горизонтирование теодолита;

2. выполнить ориентирование теодолита на предыдущую станцию: для этого навести трубу на вешку, установленную на станции, и установить на лимбе горизонтального круга отсчёт $00^{\circ} 00'$;

3. измерить высоту инструмента i , то есть расстояние по вертикали от центра пункта до оси вращения трубы;

4. определить место нуля (МО) вертикального круга: измерить вертикальный угол, последовательно наведя зрительную трубу на одну и ту же отчетливо видимую точку при положении зрительной трубы «круг лево» (КЛ) и «круг право» (КП). Удобно сделать это, наведя зрительную трубу последовательно на две соседние станции. Место нуля вертикального круга определяется по формуле:

$$МО = (КЛ + КП)/2,$$

где КЛ – отсчет по вертикальному кругу в положении «круг лево»; КП – отсчет по вертикальному кругу в положении «круг право».

Допустимое расхождение между двумя измерениями $\pm 2'$

5. установить основное положение круга (КЛ);

6. установить вертикально рейку на пикет;

7. навести зрительную трубу на рейку;

8. взять отсчёт по горизонтальному кругу и записать его в журнал;

9. взять отсчёт по вертикальному кругу теодолита, наведя визирную ось трубы на отсчет, равный высоте инструмента, или на любой другой. Непосредственно перед измерением установить пузырек уровня на алидаде горизонтального круга в нуль –пункте. Записать отсчет в журнал;

10. измерить дальномерное расстояние с помощью нитяного дальномера, записать его в журнал.

На каждой станции необходимо сравнить расстояния и превышения до соседних станций, измеренные в прямом и обратном направлениях: расстояния не должны различаться более чем на 25 см на каждые 100 м, превышения ± 4 см на каждые 100 м рас-

стояния. Это называется «увязыванием соседних станций по расстояниям и превышениям».

11. приступить к съемке речных точек. Речные точки подразделяются на *контурные* и *высотные*. Часто они совмещаются. Высотные речные точки берутся на всех характерных точках рельефа, на всех перегибах скатов, при этом обращается внимание на точность планового очертания форм и рельефа (рис. 16).

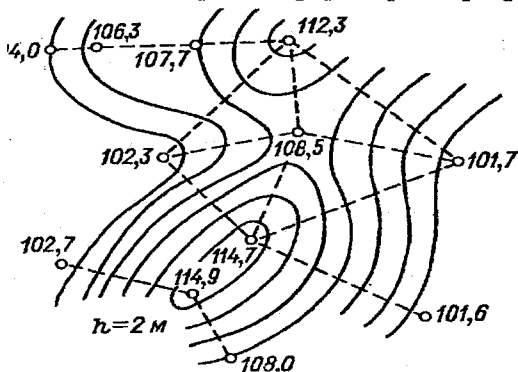


Рис. 16. Рациональное расположение речных точек при съемке рельефа.

Контурные пикеты устанавливаются на границах угодий, дорог, других объектах земной поверхности. В табл. 8 приводятся предельные расстояния между пикетами для различных масштабов.

Таблица 8

Максимальные расстояния до речных точек при тахеометрической съемке

Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	Максимальное расстояние между пикетами, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке рельефа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке контуров, м
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60

Количество реечных точек должно быть достаточным для полноты и точности изображения ситуации и рельефа, однако излишнее их количество затрудняет составление плана.

На каждой станции ведется *абрис*— схематический план участка, выполненный от руки или на специальном бланке, на котором указываются: направление ориентирования лимба, отмечаются все реечные точки (пикеты), зарисовываются контуры и характерные линии рельефа (скелет рельефа). Нумерация реечных точек на абрисе должна соответствовать нумерации этих же точек в журнале (рис. 17).

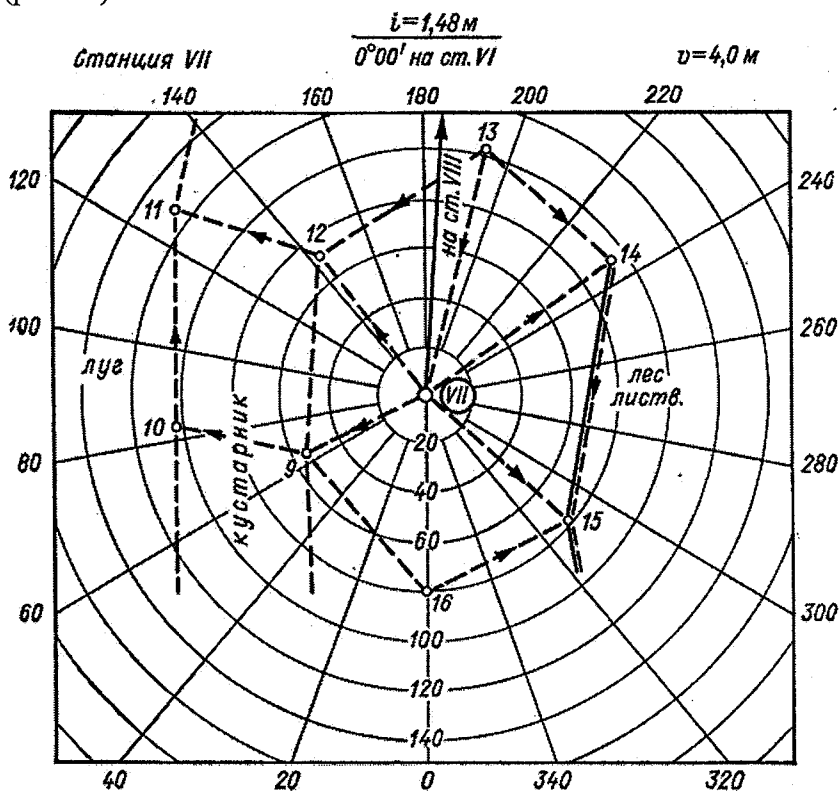


Рис. 17. Абрис тахеометрической съемки на специальном бланке.

5.3. Камеральная обработка результатов измерений.

В процессе обработки результатов тахеометрической съемки определяются высоты точек земной поверхности и их местоположение для построения плана участка. Для этого необходимо произвести следующие вычисления:

- вычислить углы наклона для каждого пикета по формуле:

$$\gamma = \text{КЛ} - \text{МО};$$

- вычислить с точностью до 0,1 м горизонтальные проложения по формуле

$$D = S \cdot \cos^2 \gamma,$$

где D – горизонтальное проложение, S – расстояние по дальномеру;

- вычислить с точностью до 0.01 м превышения по формуле

$$h = 0,5 \cdot S \cdot \sin(2 \gamma)$$

- вычислить с точностью до 0.01 м отметки пикетов

$$H_i = H_{\text{ст}} + h_i,$$

Где $H_{\text{ст}}$ – высота станции; h_i – превышение реечных точек

Пример оформления журнала съёмки приведен в таблице 9.

Таблица 9

Журнал тахеометрической съемки
Теодолит 2Т30П № 2478 С=100 10 июля 2007 г.

№№ точек	отсчеты				Высота наведения по рейке, м	Азимут	Угол наклона, γ	Горизонтальное положение, м	Превышение h, м	Высота, м
	по реке	по горизонталь- ному круту	по вертикаль- ному круту	4						
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10
Станция VI Н=35,70 м i=1,40 м МО=0°01'										
V	154	0° 00'		КП	i	234° 15'	-0°38'	154	-1,70	34,0
				КП	i					
VI	212	152° 12'		КП	i	26° 30'	0°12'	212	(0,74)	
				КП	i			ср.	0,77	36,47
1	54	33° 10'		"	i		-0°54'	54	-0,83	34,87
2	41	132° 16'		"	i		-1°35'	41	-1,12	34,58
3	143	107° 44'		"	i		-3°16'	142,5	-8,09	27,61
4	121	65° 48'		"	i		-2°18'	121	-4,85	30,85
5	66	171° 12'		"	i		-0°22'	66	-0,42	35,28
6	98	207° 52'		"	i		0°32'	98	0,91	36,61
7	35	266° 35'		"	i		1°10'	35	0,71	36,41
8	82	321° 07'		"	i		-0°45'	82	-1,07	34,63
V		0° 01'								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция VII H=36,47 м i = 1,40 м MO=0°01'									
VI	212	0° 00'	KII	-0°12'	i	206°30'	-0°13'	212	(-0,80)
			KII	0°10'	i			Cp.	-0,77
VIII	163	186°12'	KII	0°15'	i		0°14'	163	0,66
			KII	-0°17'	i				
9	44	66°15'	KII	-1°45'	i		-1°46'	44	-1,36
10	66	142°44'	"	-1°21'	i		-1°22'	66	-1,57
11	98	83°30'	"	-4°35'	i		-4°36'	97,4	-7,83
12	135	127°48'	"	-3°12'	i		-3°13'	134,6	-7,56
13	120	196°22'	"	2°53'	V=3,85		2°54'	119,7	3,61
14	81	234°18'	"	-1°42'	i		-1°43'	80,9	-2,42
15	94	311°50'	"	-1°50'	i		-1°51'	93,9	-3,03
VI		0° 00'							

5.4. Построение плана тахеометрической съёмки

План вычерчивается на листе ватмана формата А2 один план на полубригаду.

Само вычерчивание плана включает следующие операции:

- построить координатную сетку с размером квадратов 10см х 10см;

- подписать линии координатной сетки;

- с помощью масштабной линейки и измерителя нанести на план пункты съёмочного обоснования: пункты стояния теодолита, пункты ориентирования теодолита; для контроля правильности нанесения точек сравниваются расстояния, полученные на плане, с горизонтальными проложениями из полевого журнала;

- с помощью тахеографа или транспортира нанести на план все пикеты по их полярным координатам: отсчёту по горизонтальному кругу и горизонтальному проложению.

- пикет обозначить точкой, рядом с которой подписать номер пикета (в числителе) и его отметку с точностью до 0,1 м (в знаменателе);

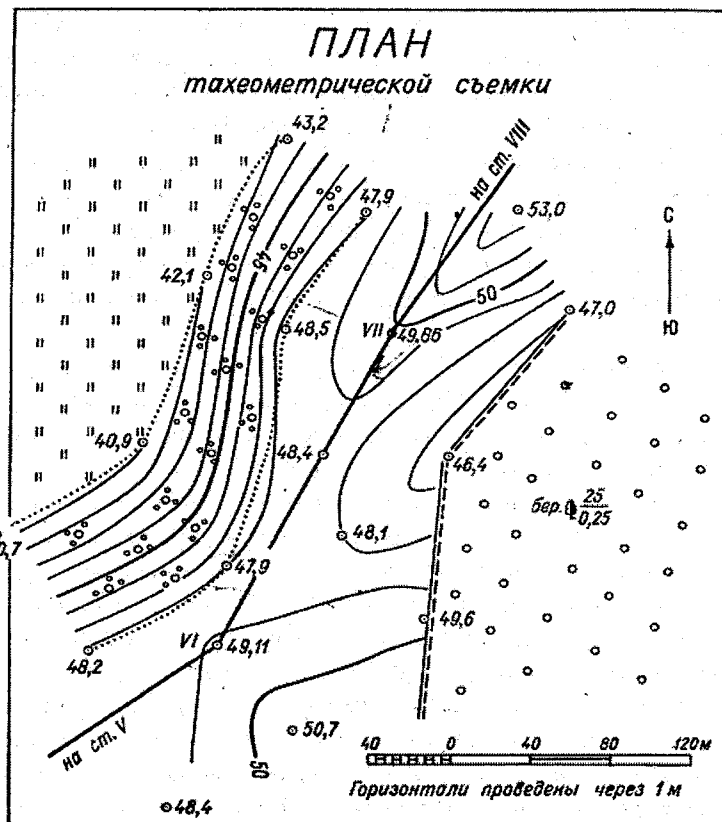
- нанести ситуацию, границы угодий, сооружения в соответствии с абрисом. Виды угодий (лес, болото, кустарник и т.д.) при составлении плана в карандаше обозначаются надписями, а не условными знаками.

Рельеф местности изображается горизонталями, которые интерполируются на глаз, а в местах со сложным рельефом – с помощью миллиметровки. Вначале на план наносятся вершины, хребты, лощины, седловины, ямы, направление склонов. После этого проводятся все остальные горизонтали. Горизонтали являются плавными линиями, соединяющими точки с одинаковыми отметками. Они не должны пересекаться друг с другом. Горизонтали не проводятся через изображения строений, рек, обрывов, полотна дорог и т.п. Если рельеф является слабо выраженным, дополнительно проводятся полугоризонтали. Направление скатов отмечается с помощью бергштрихов. Каждая горизонталь, кратная пяти, утолщается и подписывается своей отметкой.

После проверки плана на кальку высот переносятся все опорные и реечные точки; справа от каждой в виде дроби подписывается ее номер и отметка с точностью до 0,1 м. При оформлении на

самом плане оставляют только опорные точки и небольшое количество речных точек в характерных местах рельефа.

Окончательно план тахеометрической съемки вычерчивается с соответствующими условными знаками на листах чертежной бумаги. Рамка вычерчивается в виде утолщенной линии, над рамкой указывается заглавная надпись. Под рамкой указывается масштаб плана, высота сечения рельефа, дата съемки, список членов бригады. (См. образец на рис. 18).



Съемка 2005 г. Бригада 4.
Иванов А.
Борисова Т.
Кузнецов А.

Рис. 18. План тахеометрической съемки.

6. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Задание по геометрическому нивелированию включает тренировочный разомкнутый нивелирный ход и нивелирование трассы. Задание выдается на бригаду в составе пяти-шести студентов. После выполнения задания каждый студент должен четко знать организацию работ и иметь твердые навыки в работе с инструментами и ведении полевой документации, а также в выполнении камеральных работ.

Инструменты и материалы:

- Комплект технических нивелиров – 2 шт.;
- Рейки нивелирные трех- или четырехметровые – 2 шт.;
- Буссоль БШ – 1 шт.;
- Мерная лента со шпильками – 1 компл.;
- Рулетка 10–20 м – 1 шт.;
- Экер – 1 шт.;
- Зонт – 2 шт.;
- Вешка – 4 шт.;
- Журнал нивелирования, – 2 шт.;
- Пикетажный журнал – 1 шт.;
- Бумага миллиметровая, – 5, 6 листов.;
- Канцелярские принадлежности – карандаши, резинки, чертежные перья, тушь черная;
- Деревянные колышки длиной 10–12 см., и толщиной 3–4 см. (заготавливаются бригадой) – 20 шт.;
- Деревянные колышки длиной 25–30 см и сечением 2–4 см., – 20 шт.
- Башмаки – 2 шт.

6.1. Общие положения

Нивелированием называется вид геодезических работ, имеющих целью определение превышений между точками местности, а также их высот относительно принятой отсчетной поверхности.

Существуют два способа геометрического нивелирования: из середины и вперед.

При нивелировании из середины (рис 16а) в точках *A* и *B* устанавливают отвесно рейки, а в середине между ними прибор –

нивелир, визирная ось трубы которого приведена в горизонтальное положение с помощью цилиндрического уровня или компенсатора. Из рис. 19а следует:

$$h = a - b,$$

где a — отсчет по задней рейке, мм; b — отсчет по передней рейке, мм; h — превышение точки B над точкой A .

Отсюда,
$$H_B = H_A + h.$$

При нивелировании вперед нивелир устанавливают в точку A , рейку — в точку B (см. рис., 19б), тогда

$$h = i - b,$$

где i — высота нивелира; b — отсчет по передней рейке.

Превышения могут быть положительными и отрицательными.

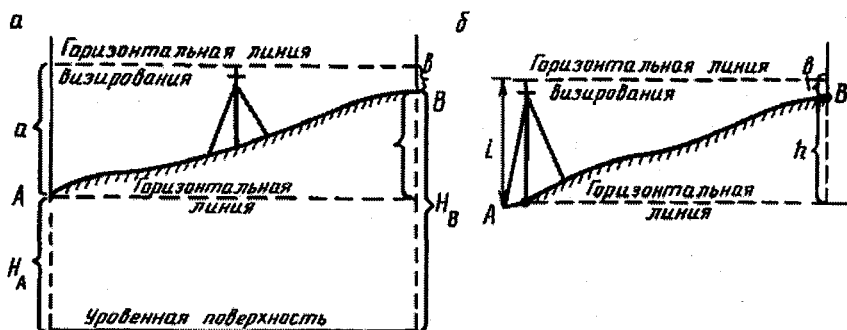


Рис. 19. Принцип геометрического нивелирования:
а — нивелирование из середины; б — нивелирование вперед

Если для определения превышения между точками A и B нивелир приходится устанавливать не один, а много раз, то выполняют последовательно нивелирование, которое называется нивелирным ходом (рис. 20).

$$h_1 = a_1 - b_1, h_2 = a_2 - b_2, h_3 = a_3 - b_3, h_4 = a_4 - b_4 \text{ и т.д.}$$

где $h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - b_1 - b_2 - b_3 - b_4,$

или
$$h = \sum a - \sum b.$$

Следовательно, суммарное превышение точки B над точкой A будет равно сумме отсчетов по задним рейкам минус сумма отсчетов по передним рейкам (при четном числе станций в ходе).

На рис. 20 стрелками показан порядок переноса реек при переносе нивелира с одной станции на следующую. Часть нивелирного хода, проложенного между соседними реперами, называется *секцией*.

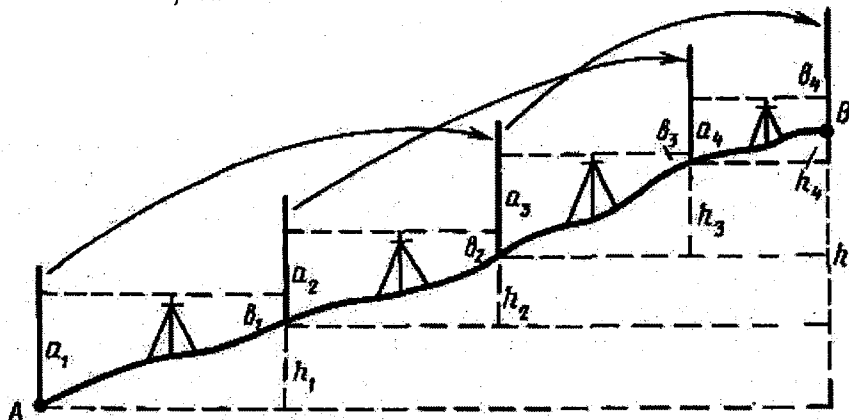


Рис. 20. Схема проложения нивелирного хода

6.2. Полевые работы. Тренировочный нивелирный ход.

Отметки любого геодезического пункта B обычно получают по формуле:

$$H_B = H_A + h, ,$$

где H_A – известная отметка какого-либо пункта, h – превышение между определяемым пунктом B и исходным пунктом A .

Для измерения превышений методом геометрического нивелирования нужен нивелир, комплект из пары реек и нивелирные башмаки.

Если расстояние между пунктами невелико (до 150 м) и превышение между ними также небольшое (до 2 м), то превышение можно измерить с одной постановки (одной станции) нивелира.

Нивелир устанавливается примерно посередине между пунктами A и B , приводится в рабочее положение; расстояние от нивелира до реек не должно быть слишком большим (не больше 100 м)

или слишком маленьким (менее 5 м); если это расстояние по условиям местности получается меньше 5 м, то рекомендуется поставить нивелир в стороне от реек (рис. 21).

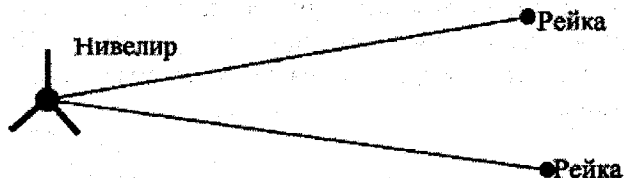


Рис. 21. Одна из возможных схем расположения нивелира и реек

Рейки устанавливаются вертикально на пункте А (задняя рейка) и на пункте В (передняя рейка) на центр пункта (верхняя часть марки исходного пункта или шляпка гвоздя на определяемом пункте).

Трасса хода определяется руководителем практики. Она прокладывается длиной 300–400 м между реперами опорной сети.

Нивелирование производится по башмакам из середины одновременно двумя нивелирами, т. е. двумя наблюдателями (с учебной целью).

Нивелирный журнал ведется для каждого нивелира. Фамилии наблюдателей на данной станции записываются в нивелирном журнале (в графе «Примечание»).

Нивелиры устанавливаются поблизости друг от друга. Отсчеты берутся по обеим сторонам реек (черной и красной). Отсчеты не должны быть менее 300 мм. При отсчетах более 700–800 мм необходимо производить покачивание реек, беря при этом наименьшие отсчеты по ним. Перед снятием отсчета по рейке следует обязательно выводить пузырек цилиндрического уровня нивелира на середину.

Расстояния до реек измеряются по нитяному дальномеру; расхождение расстояний должно быть в пределах 3–5 м.

Каждый студент в ходе работ выполняет наблюдения не менее чем на одной станции. При производстве нивелирования рейки устанавливаются на башмаки, за исключением начальной и конечной точек, в которых рейки устанавливаются на реперы.

После установки нивелира наблюдения ведутся в следующей последовательности (пример дан для станции 1 в табл. 10):

- отсчет по черной стороне задней рейки ($Зч = 0982$);
- отсчет по черной стороне передней рейки ($Пч = 1685$);
- отсчет по красной стороне передней рейки ($Пк = 6475$);
- отсчет по красной стороне задней рейки ($Зк = 5776$).

После этого вычисляются величины превышений по каждой стороне рейки (записи в графы 6 или 7) :

$$hч = Зч - Пч = 0982 - 1685 = -0703;$$

$$hк = Зк - Пк = 5776 - 6475 = -0699$$

Таблица 10

Дата _____		Журнал геометрического нивелирования						Погода _____				
Номер станции	Номер точки	Отсчеты по рейкам			Превышения		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки	Абсолютные отметки	Примечание
		задний З	передний П	промежуточный	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Рп 3	0982									53304	Наблюдатели Н. О. Смирнов, И. Г. Красько
		5776										
1	1	0408	1685			0703		+2			49305	Наблюдатели Н. П. Алексеев,
		5190	6475			0699		0701				
2	2	1038	2242			1834		+2			47473	Наблюдатели Т. И. Красавцева, Г. В. Шевчук
		5819	7025			1835		1834				
3	3	1535	1631			0593		+2			46882	С. В. Федоров
		6319	6412			0593		0593				
4	Рп 7		1019		0516		+2				47400	Наблюдатели Т. И. Красавцева, Г. В. Шевчук
					0517		0516					

$$\Sigma З - \Sigma П = 32291$$

$$\Sigma З - \Sigma П = -5224$$

$$\frac{1}{2} (\Sigma З - \Sigma П) = -2612$$

$$\Sigma h_{\text{ср}} = -2612$$

$$H_1 =$$

$$47400$$

$$H_2 =$$

$$50004$$

$$\text{Высотная невязка } f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \frac{H_2 - H_1}{(H_2 - H_1)} = -2612 - \frac{-2604}{(-2604)} = -8 \text{ мм,}$$

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 5 \sqrt{4} = \pm 10 \text{ мм.}$$

Расхождения значений $hч$ и $hк$ не должны превышать 4 мм. При превышении этого допуска наблюдения повторяются.

Если расхождение превышений не более 4 мм, то вычисляется среднее превышение

$$h_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(hч + hк) = \frac{1}{2}[-0703 + (-0699)] = -0701 \text{ (записывается в графы 8 или 9).}$$

Расхождения значений средних превышений между двумя нивелирами не должны быть более 4 мм. При нарушении этого условия наблюдения повторяются. Если хотя бы один допуск будет нарушен, нужно аккуратно зачеркнуть записи станции и повторить на ней все измерения.

В такой же последовательности производятся наблюдения и вычисления на других станциях.

После окончания записей на данной странице производится «постраничный» контроль, пример которого дан в конце табл. 10: $\frac{1}{2} (\sum \text{З} - \sum \text{П})$ должна быть равна $\sum h_{\text{ср}}$.

В камеральных условиях вычисляются и увязываются высоты точек. Первоначально вычисляется высотная невязка fh как разность между суммой средних превышений и превышения между конечным и начальным реперами, между которыми прокладывался ход, т.е. $fh = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}})$.

Невязка не должна быть более $fh_{\text{доп}} = \pm 5\sqrt{n}$, где « n » количество станций.

$$fh \leq fh_{\text{доп}}$$

В противном случае ход переделывается. Эта невязка распределяется пропорционально количеству станций и как поправка вводится с обратным знаком в среднее превышение $h_{\text{ср}}$. Затем вычисляются высоты точек.

После окончания полевых и камеральных работ бригада предъявляет документацию руководителю практики, с разрешения которого она приступает к нивелированию трассы.

6.3. Нивелирование трассы

Полевые работы по нивелированию трассы разбиваются на следующие этапы:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка трассы и поперечников со съемкой местных предметов;
- нивелирование трассы и поперечников.

6.3.1. Рекогносцировка трассы

При рекогносцировке намечаются направление трассы и вершины углов ее поворота, которые на местности закрепляются деревянными кольями высотой около 0,5 м. Одновременно с забивкой кольев на углах поворота устанавливаются вехи в створе с линией участка трассы.

Направление трассы намечается так, чтобы она имела возможно меньшее число углов поворота, а местность была удобной

для производства нивелирования и линейных измерений при разбивке пикетажа. Если выбранное направление того или иного участка трассы совпадает с направлением дороги, то необходимо его направить по одной из обочин дороги, чтобы в дальнейшем транспорт и пешеходы не могли сбить угловые и пикетажные кольца.

При необходимости в кустарниках производится прорубка «визирок» (узких просек шириной до 1 м) и отдельных кустов для обеспечения видимости по соответствующим линиям трассы.

После рекогносцировки производится разбивка трассы и поперечников.

6.3.2. Разбивка трассы

Разбивка трассы включает следующие виды работ:

- измерение углов поворота трассы;
- разбивка пикетажа и поперечников;
- съемка местных предметов.

А) Измерение углов

С помощью гониометра или буссоли БШ определяется азимут или румб начального направления трассы, а в точках ее поворота измеряется угол между смежными сторонами трассы. Результат измерений записывается на соответствующей странице пикетажного журнала. Углы измеряются двумя приемами.

Б) Разбивка пикетажа и поперечников

Разбивка пикетажа включает вешение и измерение длин линий, расстановку пикетов и плюсовых точек, съемку местных предметов и ведение пикетажного журнала.

Вешение ведут с помощью нивелира или бинокля. Установку вех (высоких колея) ведут от последующей точки к предыдущей. Этой операцией руководит «техник»-студент, работающий у нивелира.

Вехи расставляются через 80–100 м.

После вешения линий приступают к измерению первой линии и расстановке пикетов по оси трассы (разбивка пикетажа).

Измерение линии выполняется стальной мерной лентой. При этом, поскольку лента имеет оцифрованные пластинки с двух сторон (например, если с одной стороны пластинка с отметкой 11 м,

то на другой стороне ей соответствует пластинка с отметкой 9 м у 20-метровой ленты), следует обращать особое внимание, где находится на ленте начало счета.

Начальная точка трассы и точки через каждые 100 м закрепляются двумя деревянными кольшками, забиваемыми в землю. Один из этих кольшков называется точкой, а другой – сторожкой. Точка обозначается кольшком с ориентировочными размерами 3–4х10–12 см, который забивается в уровень с землей или на 0,5 см выше ее, а сторожок имеет ориентировочные размеры 2х4х25–30 см и забивается за точкой по ходу линии на расстоянии 10–15 см (чтобы не мешать качанию рейки). На сторожке делается надпись: вверху – номер пикета, а ниже – номер бригады (рис. 22). Надпись делается со стороны точки.

Все изломы профиля местности по измеряемой линии (точки перегиба, лощины, канавы и т. п.) дополнительно плюсятся, т. е. на каждом перегибе забивается точка и сторожок, на котором надписывают номер предыдущего пикета и расстояние до точки перегиба. Например, если от пикета № 1 точка перегиба находится на расстоянии 36 м, то в этом случае на сторожке будет надпись ПК1+36. Такие точки называются «плюсовыми» и являются промежуточными. При переходе через канаву плюсуют бровку и дно канавы.

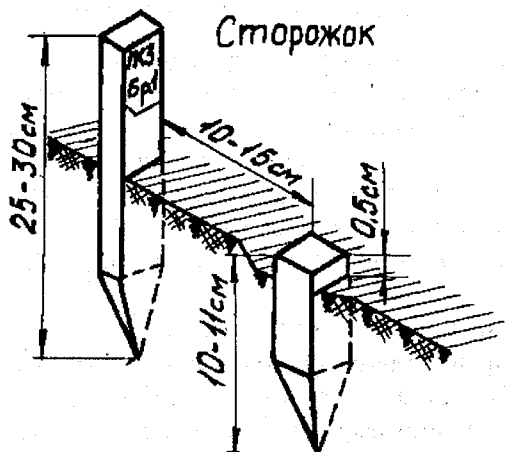


Рис. 22. Пикетажные колья

Измеряя линии, необходимо следить, чтобы, во-первых, лента располагалась по провешенной линии и, во-вторых, не провисала и не ложилась по изгибам профиля, т. е. была бы достаточно натянута.

Если уклон линии превышает 2° , следует измерять угол наклона и перемещать переднюю шпильку ленты вперед на величину поправки или же можно приподнимать один из концов ленты по шпильке, так чтобы лента располагалась горизонтально.

При измерении 20-метровой лентой рекомендуется иметь шесть шпилек, из которых одна используется для закрепления ленты задним мерщиком, а остальные пять — для учета числа отложенных лент. От начальной точки (ПКО) счет лент ведется непрерывно до конца трассы. Поэтому после окончания измерения первой линии лента не снимается со шпилек, а протягивается, огибая точку поворота в направлении следующей линии. На колу, отмечающем угол поворота, делается надпись: номер угла поворота, расстояние от ПКО и номер бригады (на производстве вместо номера бригады сверху пишут сокращенное наименование организации, выполняющей работу).

При разбивке пикетажа производится и разбивка поперечников в местах, где местность имеет изломы.

Поперечники разбиваются в полосе шириной 50 м. Каждый студент должен разбить и отнивелировать не менее одного пикета.

Разбивка поперечников производится с помощью экера или гониометра и рулетки или мерной ленты.

Колья на поперечниках забиваются в точках перегиба местности. На кольях делается надпись, указывающая их положение относительно оси трассы (вправо или влево по ходу) и удаление от нее. Например, если кол расположен слева в 25 м от трассы, то запись будет Л+ 25.

В) Съёмка местных предметов и ведение пикетажного журнала.

Одновременно с разбивкой пикетажа производится съёмка местных предметов на полосе шириной 50 м, т. е. по 25 м в обе стороны от оси трассы.

Измерение линий, разбивку пикетажа и съёмку местных предметов ведет «пикетажист», имеющий двух «мерщиков» для измерения линий лентой и одного «рабочего» для забивки кольев.

Пересечения контуров местных предметов с осью трассы отмечаются по ленте.

Местные предметы вблизи от оси трассы (до 15 м) снимаются методом перпендикуляров. Перпендикуляры опускают с помощью экера, а промер производят рулеткой. Дальние местные предметы снимаются глазомерно.

Результаты измерений при разбивке пикетажа и съемке местных предметов заносятся в пикетажный журнал (рис. 23).

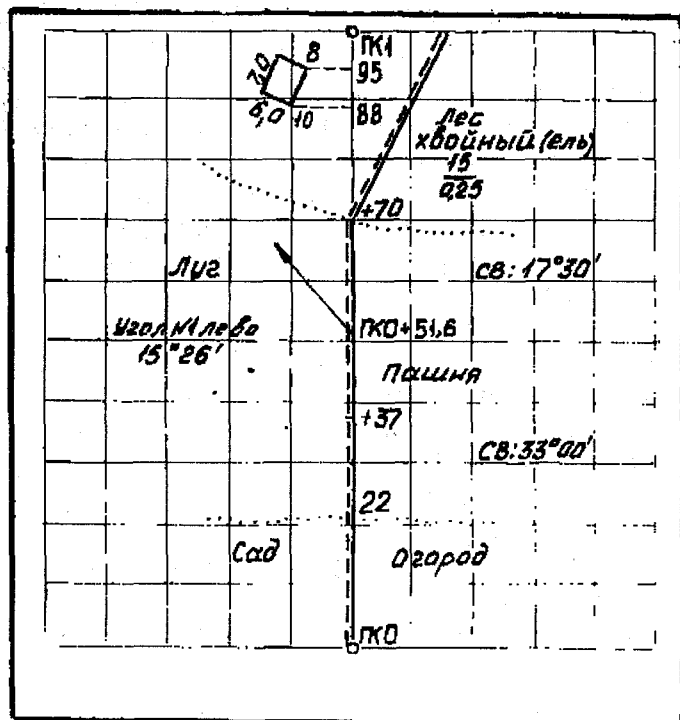


Рис. 23. Пикетажный журнал.

Зарисовка съемки в пикетажном журнале ведется в масштабе 1 : 1000, т. е. 1 см журнала соответствует 10 м на местности. При этом приняты следующие правила. Ось трассы вычерчивается по середине листа в виде прямой линии; поворот оси трассы показывается условно прочерчиванием стрелки под углом 45° к этой ли-

нии влево или вправо, соответственно повороту в натуре; сбоку приписывается номер и величина угла, расстояние от ближайшего пикета до угла поворота; вдоль стрелки или сбоку подписывается азимут или румб линии.

По линии трассы откладываются в масштабе и подписываются все пикеты и плюсовые точки. Вся ситуация зарисовывается также в масштабе; расстояние до важных объектов и ориентиров, например до мостов, пересечения дорог, реки, подписываются по данным измерений лентой или рулеткой.

Контуры местных предметов обозначаются пунктиром, а названия местных предметов подписываются.

Разбивку трассы заканчивают привязкой ее конца к конечному реперу.

После этого производится повторное измерение длин линий трассы. Это измерение производится от каждого угла поворота до следующего, т. е. каждая линия измеряется отдельно. Запись длины линии делается в пикетажном журнале у середины соответствующих линий, справа по ходу.

Расхождение результатов первого и второго измерений не должно превышать $1 : 1000$. Если этот допуск не соблюден, то производятся дополнительные линейные измерения.

6.3.3. Нивелирование трассы и поперечников

Нивелирование трассы осуществляется параллельно двумя нивелирами из середины, при этом требования к условиям наблюдений те же, что и для тренировочного нивелирного хода.

Если ПКО не совмещен с исходным репером, то первая станция располагается между этим репером и ПКО.

При производстве нивелирования рейки устанавливаются на «точках». Следует предостеречь реечников от установки реек на «сторожках».

Прежде чем брать отсчеты по рейкам, необходимо, пользуясь пикетажным журналом, записать в графу 2 (табл. 10) все точки, которые будут нивелироваться на данной станции, при этом сначала надо записывать задний пикет, затем плюсовые точки, точки поперечников и, наконец, передний пикет.

Нивелирование начинается с пикетов и производится по двум сторонам рек в следующей последовательности:

- отсчет Зч (записать в графу 3 табл. 10);
- отсчет Пч (записать в графу 4 табл. 10);
- отсчет Пк (записать в графу 4 табл. 10);
- отсчет Зк (записать в графу 3 табл. 10).

Затем нивелируются «плюсовые» точки и точки поперечников по одной (черной) стороне рек (отсчеты записываются в графу 5 табл. 10). На «плюсовых» точках рейка устанавливается задним реечником, который, пройдя по всем плюсовым точкам, переходит на второй пикет и становится на следующей станции передним реечником. При этом плюсовые точки и точки поперечников считаются как промежуточные.

Схема нивелирования трассы и поперечников приведена на рис. 24 и 25.

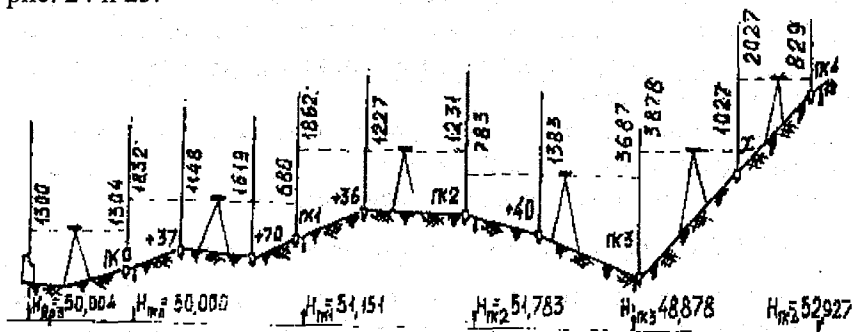


Рис. 24. Нивелирование по трассе.

Если по линии трассы имеются значительные уклоны, не позволяющие с одной станции нивелировать два соседних пикета (визирный луч «бьет в землю»), то пикет разбивается на несколько частей. Такой случай приведен в табл. 10 между ПК3 и ПК4. В местах дополнительной установки рейки забивается колышек, называемый икс-точкой. Так как установка икс-точки вызвана крутизной местности, а не изломом рельефа, то вычисленные отметки икс-точек на профиль не выносятся.

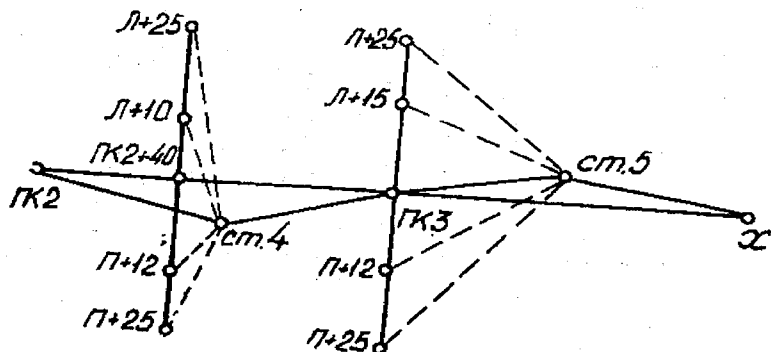


Рис. 25. Схема нивелирования поперечников.

Полевая обработка журнала, по существу, производится так же, как и в тренировочном нивелирном ходе.

6.3.4. Разомкнутый нивелирный ход

Разомкнутый нивелирный ход прокладывается по башмакам между реперами с известными высотными отметками. Длина хода 1,5–2 км.

Методика производства работ, ведение и оформление полевой документации аналогичны тем, что выполнялись во время тренировочного нивелирного хода.

Обработанные журналы предъявляются руководителю практики.

Ход технического нивелирования может быть как разомкнутым, так и замкнутым; он выполняется в одном направлении. Во время данной практики рассматривается вариант разомкнутого хода.

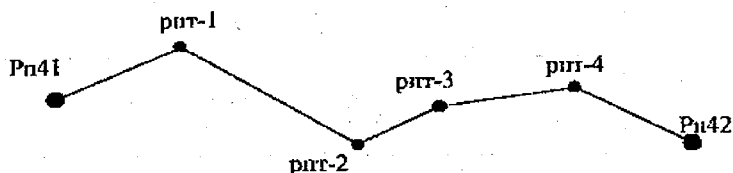


Рис. 26. Схема разомкнутого нивелирного хода

Пример обработки хода технического нивелирования приведен в табл. 11.

Журнал геометрического нивелирования

Дата _____ Погода _____

Нестанции	№ точки	Отсчёты по рейкам			Превыше- ния		Ср. превы- шения		Гориз. Инстр. ЛН	Условные отметки Н.м	Абсолютные отметки Н.абс.	Примечание
		Задний 3	Передний II	Промежуточный	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Рп 3	1300									50004	Наблюдатели:
		6101										К.К. Петров
	ПК0	1832	1304					4	51832		50000	И.А. Семёнов
2	+37	6635	6106	1148							50684	Наблюдатели:
	+70			1619							50213	А.Н. Морозов
	ПК 1	1862	0680		1152		-1		53013		51151	Наблюдатели:
3		6665	5482		1153		1152					Д.И. Ванюшин
	+36			1227							51786	Наблюдатели:
	ПК 2	0783	1231		0631		-1		52566		51782	Д.И. Ванюшин
4		5586	6033		0632							Наблюдатели:
	+40			1383							51183	Д.В. Комаров
	П+25			0563			0632				52352	
	П+12			0612							52302	
	Л+10			1071							51843	
	Л+25			1210							51704	
	ПК 3	3878	3687			2904		-1			48877	

окончание таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5		8680	8489			2903		2904				
6	X	2027 6824	1027 5026		2851 2854		-1 2852				51728	
	ПК 4		0829 5627		1198 1197		-1 1198				52952	
$\Sigma 3 = 52173 \quad \Sigma II = 46321$ $\Sigma 3 - \Sigma II = +5852$ $\frac{1}{2} (\Sigma 3 - \Sigma II) = +2926 \quad \Sigma \text{пер} = +2926$												

6.4. Камеральные работы

Камеральные работы делятся на этапы:

- *вычисление и увязка высот точек трассы;*
- *построение и вычерчивание продольного и поперечного профилей.*

6.4.1. Вычисление и увязка высот

Высоты пикетных точек вычисляются через средние превышения. Для их вычисления следует выполнить следующие операции:

- вычислить высотную невязку хода по формуле :

$$f_h = \sum h_i - \sum h_{\text{теор}} ,$$

где $\sum h_{\text{теор}}$ – теоретическая сумма превышений, определяемая по формуле

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{конечн}} - H_{\text{нач.}} ,$$

где $H_{\text{конечн}}$ и $H_{\text{нач.}}$ – отметки конечного и начального реперов, и $\sum h_i$ – сумма средних превышений;

- сравнить её с допустимым значением $f_{h(\text{доп.})}$ для технического нивелирования:

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 50 \sqrt{L}$$

- вычислить поправки в измеренные превышения по формуле:

$$v_{hi} = - \frac{f_h}{n} ,$$

где n – количество станций;

поправки округляются до миллиметров и вводятся в полученные значения отметок с противоположным знаком.

Контроль: сумма поправок равна высотной невязке с обратным знаком:

$$\sum v_{hi} = -f_h ;$$

если контроль не выполняется хотя бы на 1 миллиметр, то нужно исправить одну или несколько поправок на 1 миллиметр, начиная с самой длинной секции, до абсолютного выполнения контроля;

- вычислить исправленные превышения по формуле

$$h_{i(\text{испр.})} = h_i + v_{hi}$$

– вычислить отметки пикетных точек по формуле :

$$H_i = H_{i-1} + h_{i(\text{испр.})}$$

Вычисленное значение отметки пункта в конце хода должно в точности совпасть с его заданным значением.

Высоты промежуточных точек и точек поперечника вычисляются после вычисления абсолютных отметок пикетных точек через горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$\text{ГИ}_i = H_i + \text{Зч}; \text{ГИ}_{i+1} = \text{ГИ}_i - \text{ПП}_{i+1},$$

где H_i – отметка i -той (задней) точки;

Зч – отсчет на i -ю точку по черной стороне рейки;

H_{i+1} – отметка промежуточной точки;

ПП_{i+1} – отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке.

6.5. Построение продольного и поперечного профилей

Продольный профиль строится на миллиметровой бумаге в горизонтальном масштабе – 1:2000 и вертикальном – 1 : 200.

На чертеж кроме собственно профиля наносится также ряд данных, полученных в результате съемки. Профиль, образец которого приведен на рис. 27, строится определенным образом. В 15–20 см от нижней кромки миллиметровой бумаги проводится основная горизонтальная линия 1, от которой откладываются в масштабе высоты точек профиля. На 12,5 мм ниже этой линии проводится красным цветом линия 2, изображающая ось трассы на плане; на 12,5 мм ниже проводится линия 3, обозначающая правую (по ходу) границу 50 м полосы трассы. На 20 мм ниже линии 3 проводится линия 4, в 10 мм от которой прочерчивается линия 5; еще ниже на 20 мм изображается линия 6.

Заполнение профиля начинается с полосы 4–5, на которой в масштабе откладываются расстояния между пикетами и плюсовыми точками. Из концов отложенных отрезков проводятся вертикальные линии в этой полосе, продолжающиеся выше линии 1. Номера пикетов подписываются под линией 5, а расстояния между плюсовыми точками – в полосе между линиями 4 и 5. Сумма этих

расстояний между соседними пикетами должна быть равна 100 м. В полосе между линиями 3 и 4 подписываются с точностью до сотых долей метра все увязанные отметки профиля.

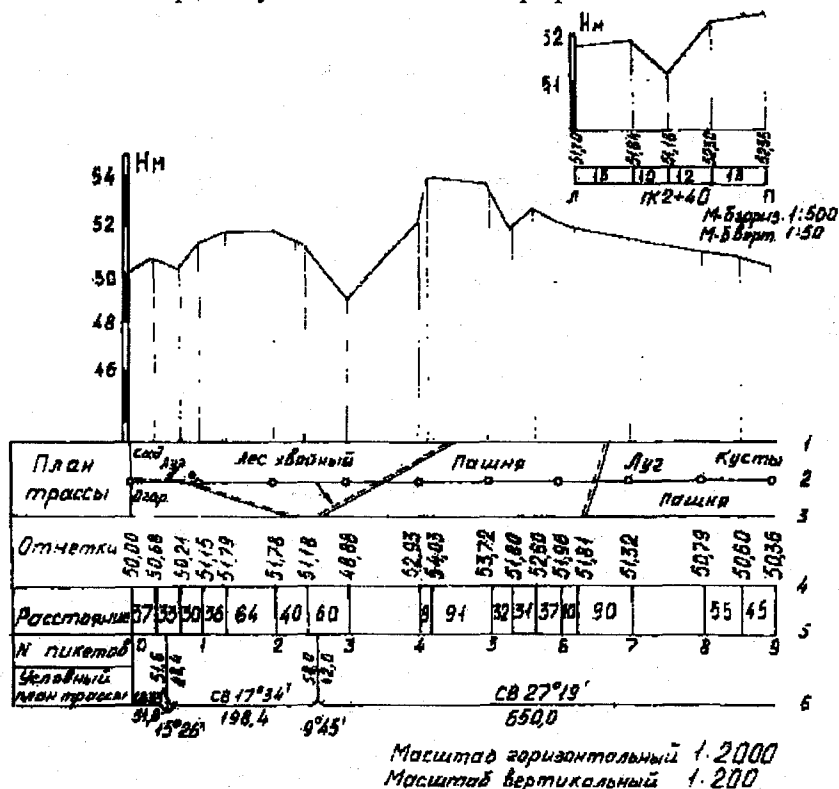


Рис. 27. Профиль продольного нивелирования с поперечником.

Между линиями 1 и 3 наносится ситуация по ходу трассы на основании данных пикетажного журнала. Затем от линии 1 в масштабе откладываются отметки пикетов и плюсовых точек. При этом отметка линии 1 принимается не за нуль, а за некоторое число метров с расчетом, чтобы самая низкая точка профиля располагалась немного выше линии 1. После этого сплошными линиями прочерчиваются координаты от линии 1 до нанесенных точек и соединяются точки профиля ломаной линией.

На этом заканчивается построение профиля.

Линия 6 представляет условный план оси трассы, на котором показываются углы поворота, румбы и длина трассы. Против каждого угла поворота прочерчивается до линии 5 вертикальная линия, вдоль которой подписываются расстояния между предыдущим (до угла поворота) и последующим пикетами. Угол поворота трассы влево условно показывается вершиной уголка вверх, а угол поворота трассы вправо – вершиной уголка вниз.

На свободных местах чертежа с продольным профилем вычерчивается поперечный профиль в горизонтальном масштабе 1 : 500 и вертикальном – 1 : 50.

Чертеж профиля вычерчивается тушью. Выполнивший его студент освобождается от вычерчивания индивидуальной работы по составлению профиля.

Остальные члены бригады выписывают из нивелирного журнала исправленные превышения и, получив от руководителя практики отметки исходных реперов, вычисляют отметки точек продольного и поперечного профилей. По полученным данным каждый студент строит и вычерчивает в карандаше профиль в тех же масштабах, что и бригадный.

В результате выполнения работ представляются руководителю практики следующие отчетные документы:

- журнал нивелирования;
- пикетажный журнал;
- чертеж профиля (в туши для бригады и в карандаше для каждого студента).

7. НАПИСАНИЕ ОТЧЁТА О ПРАКТИКЕ

Отчёт об учебной практике по геодезии входит в перечень обязательных документов, предъявляемых бригадой студентов при сдаче зачёта.

В папку с титульным листом установленного образца вкладываются полевые и камеральные материалы по всем видам работ. Все документы должны быть подписаны исполнителями и проверены руководителем практики.

Для получения зачёта вся бригада со всеми материалами практики является в назначенное время к руководителю практики. В оценку зачёта входят следующие промежуточные оценки:

оценка за умение измерять горизонтальные углы (ставится каждому студенту руководителем практики);

оценка за умение измерять превышения (ставится каждому студенту руководителем практики);

оценка за объём и качество съёмочного обоснования (ставится всей бригаде руководителем практики);

оценка за качество и полноту вычерченного топографического плана (ставится руководителем практики всей бригаде или каждому студенту в отдельности);

оценка за отношение к практике (ставится руководителем практики каждому студенту в отдельности);

оценка за участие в работе бригады (из отчёта по практике, ставится бригадиром каждому студенту в отдельности).

Эти шесть оценок могут иметь значение от 0,0 до 5,0 до десятых долей балла.

Общий балл подсчитывается для каждого студента в отдельности как сумма всех шести оценок.

Итоговая оценка за практику выставляется:

отлично..... общий балл 27,0 и больше;

хорошо.....общий балл от 22,2 до 26,9 включительно;

удовлетворительно..... общий балл от 16,8 до 22,1 включительно;

неудовлетворительно.....общий балл меньше 16,8.

Если студент пропустил по разным причинам не более 4 дней (при продолжительности практики 4 недели), 3 дней (при продолжи-

тельности практики 3 недели) и 2 дней (при продолжительности практики 2 недели), то подсчитанная итоговая оценка не изменяется.

Если студент пропустил по разным причинам 5 – 6 дней (при продолжительности практики 4 недели), 4 – 5 дней (при продолжительности практики 3 недели) и 3 – 4 дня (при продолжительности практики 2 недели), то подсчитанная итоговая оценка не может быть выше "хорошо".

Если студент пропустил по разным причинам от 7 до 12 дней (при продолжительности практики 4 недели), от 6 до 9 дней (при продолжительности практики 3 недели) и 5 – 6 дней (при продолжительности практики 2 недели), то подсчитанная итоговая оценка не может быть выше "удовлетворительно".

Если студент пропустил больше 50% от продолжительности практики, то независимо от причин пропусков занятий учебная практика по геодезии ему не засчитывается.

За нарушение правил техники безопасности и культурного поведения, за умышленную порчу приборов и оборудования, за хищение материальных ценностей, за саботаж и дезорганизацию работы бригады студент может быть отстранён от практики распоряжением начальника полигона или руководителя практики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров Ю.А. Геодезия с основами инженерной графики. – Л.: Гидрометеиздат, 1995. – 448 с.
2. Дьяков Б.Н. Геодезия. Общий курс: Учебное пособие для вузов, изд. 2-е, перераб. и доп. – Новосибирск: СГГА, 1997, – 173 с.
3. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии: Учебное пособие. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при СМ СССР. – М.: Недра, 1982. – 160 с.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при СМ СССР. – М.: Недра, 1989. – 286 с.
6. Сборник инструкций по производству проверок геодезических приборов / Главное управление геодезии и картографии при СМ СССР. – М.: Недра, 1988. – 77 с.
7. Топографо-геодезические термины. Справочник / Б.С. Кузьмин, Ф.Я. Герасимов, В.М. Молоканов и др. – М.: Недра, 1989. – 261 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общие положения	5
1.1 Обязанности студентов и бригадиров	6
1.2 Правила обращения с геодезическими приборами	6
2. Поверки геодезических приборов	9
3. Создание планово-высотного обоснования (ПВО)	20
4. Теодолитная съёмка	41
5. Тахеометрическая съёмка	52
6. Геометрическое нивелирование	61
7. Написание отчёта о практике	80
Литература	82

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по учебной геодезической практике

Составители Кузьмин Юрий Александрович
Голосовская Вера Алексеевна
Тенилов Александр Павлович
Турьева Светлана Михайловна

Редактор И.Г. Максимова

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 11.03.11. Формат 60×90 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 5,25. Тираж 200 экз. Заказ № 03/11.
РГТУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.
