

Федеральное агентство по образованию
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Кафедра геодезии

УЧЕБНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Методические указания
для студентов всех специальностей

Санкт-Петербург
2007

УДК. 528.07

Учебная геодезическая практика: методические указания для студентов всех специальностей / СПбГАСУ; Сост. В. Ю. Бакулин, Ю. П. Дьяконов, Г. П. Жуков, В. М. Масленников, В. Д. Сысоев, С. В. Трохманенко; под ред. Ю. И. Беспалова. – СПб., 2007. – 39 с.

Содержатся сведения о целях и задачах учебной геодезической практики, правилах обращения с геодезическими приборами и выполнения их проверок, оформления полевых документов и производства графических и вычислительных работ.

Приводятся основные положения и методические рекомендации по выполнению теодолитной и тахеометрической съемок, нивелированию трассы и поверхности, по геодезическим изысканиям в ходе строительства зданий и сооружений. Даны необходимые сведения о правилах техники безопасности и мерах по охране окружающей среды при производстве геодезических работ.

Табл. 7. Ил. 12.

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов СПбГАСУ при прохождении учебной геодезической практики.

Они составлены в соответствии с утвержденными программами и учетом времени, предусмотренного учебными планами для всех специальностей.

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

При описании отдельных видов геодезических измерений и съемок, предусмотренных программами практики для студентов различных специальностей, изложены практические приемы и способы их выполнения в полевых условиях. Обращено внимание на соблюдение требований, предъявляемых к ведению полевых документов, обработке и оформлению результатов измерений, а также на их соответствие методике полевых и камеральных работ. В приложении даны инструкция по технике безопасности на практике и памятка по охране природы и архитектурных памятников.

При составлении методических указаний были использованы материалы по организации и проведению учебной геодезической практики, разработанные коллективом кафедры в предыдущие годы.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель и задачи практики

Учебная геодезическая практика является завершающим этапом изучения курса геодезии и ставит целью расширение и закрепление знаний, полученных студентами на лекциях, лабораторных занятиях и в ходе самостоятельной работы.

В процессе практики студенты должны приобрести навыки работы с геодезическими инструментами, овладеть основными методами измерений, вычислений и графических построений, используемых при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений.

К прохождению практики допускаются студенты, сдавшие зачеты и экзамены по курсу геодезии. Практика проводится в соответствии с утвержденными программами.

1.2. Организация и содержание практики

Для прохождения практики каждая учебная группа делится на бригады по 5–7 человек во главе с бригадиром. Бригадир является ответственным за организацию работы в бригаде, дисциплину, сохранность инструментов и имущества. По указанию преподавателя бригадир получает в геокамере необходимые инструменты, распределяет обязанности среди членов бригады и следит за тем, чтобы каждый из них принимал участие во всех видах работ.

Учебно-методическое руководство осуществляется преподавателем, который выдает задание бригаде, контролирует ход его выполнения и принимает законченные работы. Общий контроль над выполнением программы практики

и правил внутреннего распорядка возлагается на заведующего кафедрой геодезии.

Выделяемое на практику количество часов предусматривает время, необходимое на ознакомление с заданием, полевые поверки инструментов, производство всех видов работ и сдачу зачета по практике.

Продолжительность рабочего дня – 6 часов (по условиям погоды рабочий день может быть увеличен).

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

Зачет по практике принимается преподавателем по окончании всех полевых и камеральных работ, предусмотренных программой.

Документация по практике брошюруется в папке, на лицевой стороне которой указывают номер и состав бригады, номер учебной группы,

фамилию руководителя, место и дату исполнения. На обратной стороне составляют пронумерованный перечень документов по каждому виду работ.

Содержание практики:

теодолитная съёмка;

тахеометрическая съёмка;

разбивка пикетажа и нивелирование трассы;

нивелирование поверхности по квадратам;

геодезические работы при строительстве и эксплуатации сооружений;

оформление материалов и приём зачетов.

Студенты должны строго соблюдать нормы поведения и правила внутреннего распорядка, установленные на учебной практике. Студенты, пропустившие по неуважительным причинам более двух учебных дней, отчисляются с практики распоряжением заведующего кафедрой.

1.3. Правила обращения с приборами и инструментами

Каждая бригада получает на время практики необходимые приборы, инструменты, принадлежности и пособия, за которые она несет материальную ответственность.

Полученные в геокамере приборы и инструменты должны быть внимательно осмотрены в целях определения их комплектности и пригодности к работе. При осмотре обращают внимание на плавность движения подъемных, зажимных и наводящих винтов. Тугое вращение подъёмных винтов, например, свидетельствует о чрезмерно затянутом станом винте, который следует несколько ослабить. Если наводящие винты имеют «мертвый ход», их следует установить в среднее положение, предварительно открепив зажимные винты.

При нарушении плавности хода подвижных частей геодезических приборов и инструментов не следует прилагать физических усилий, а выявив причину неисправности, устранить её под руководством преподавателя.

Запрещается разбирать приборы и вращать юстировочные винты в отсутствие преподавателя. При обнаружении неисправностей бригадир ставит в известность преподавателя, и вместе с дефектной ведомостью инструмент передается в геокамеру для его замены или ремонта.

При пользовании геодезическими приборами и инструментами необходимо строго соблюдать следующие правила:

1. Приборы и инструменты должны содержаться в чистоте, храниться в футляре и быть надежно закреплены упаковочной арматурой и крепежными винтами.

2. Геодезические приборы необходимо оберегать от механических ударов и сотрясений.

3. Вынимая прибор из футляра или укладывая его обратно, запрещается

брать инструмент за зрительную трубу и касаться пальцами оптических деталей.

4. Установку на станции штатива следует производить при незакрепленных барашках, плавно вдавливая ножки штатива в грунт. После установки прибора на головке штатива следует немедленно закрепить становой винт.

5. Необходимо предохранять геодезические приборы от пыли, грязи и влаги. В дождливую погоду приборы защищают зонтом или полиэтиленовым пакетом. При необходимости прибор следует просушить при комнатной температуре перед установкой его в футляр.

6. Переносят прибор со станции на станцию в вертикальном положении, на штативе со сложенными ножками. Труба при этом должна быть повернута объективом вниз, а все зажимные винты – закреплены.

7. Запрещается оставлять инструмент без присмотра, прислонять его к стенкам домов, заборам, стволам деревьев.

8. При работе с мерной лентой и рулеткой необходимо следить за тем, чтобы они не скручивались и не образовывали «петель». Нельзя ленту и рулетку волочить по земле, оставлять на проезжей части дорог. После работы ленту и стальную рулетку протирают сухой тряпкой или бумагой, по окончании работ смазывают. Ленты и рулетки сдаются в геокамеру только в развернутом виде.

9. Необходимо оберегать рейки от сырости, ударов, стирания делений; пятки реек должны быть всегда чистыми.

11. К сдаче зачета бригада допускается только при наличии справки из геокамеры о сданных в исправности инструментах, приборах и пособиях.

1.4. Ведение полевых документов

Результаты геодезических измерений и съемок оформляют в полевых журналах, абрисах и т. д. простым карандашом марки ТМ. Все записи и зарисовки

в полевых документах должны быть четкими и аккуратными.

Категорически запрещается переписывать полевые журналы, подчищать или стирать резинкой записи, выполненные в поле. Ошибочные результаты аккуратно зачеркивают и сверху записывают новые данные.

Все страницы полевого журнала должны быть пронумерованы с указанием в конце общего числа страниц за подписью бригадира. На обложке

журнала указывают номер и состав бригады, тип и номер инструмента, даты начала и конца измерений. На страницах журнала должны быть указаны дата наблюдений, состояние погоды, фамилия исполнителя.

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

же числом десятичных знаков.

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

1.5. Правила вычислительных работ

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

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

Все полевые вычисления проверяют «во вторую руку», о чем делается запись в полевых журналах. Вычисления в камеральных условиях ведут «в две руки», то есть независимо двумя исполнителями.

2. ПОЛЕВЫЕ ПОВЕРКИ ПРИБОРОВ

2.1. Полевые поверки теодолита 2Т-30

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

Устанавливают поверяемый уровень по направлению двух подъемных винтов и, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырёк уровня на середину (в нуль-пункт). Затем поворачивают алидаду с уровнем на 180°. Если пузырёк уровня отойдет от нуль-пункта не более чем на одно деление, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку уровня. Для этого приводят пузырёк к нуль-пункту на половину дуги отклонения подъемными винтами, а на вторую половину – юстировочными винтами уровня.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы (определение коллимационной ошибки).

С помощью подъемных винтов горизонтируют прибор и визируют на удаленную точку, находящуюся примерно на высоте прибора. При двух положениях вертикального круга (КЛ и КП) производят отчеты КП1, КЛ1 по горизонтальному кругу. После этого при зажатом закрепительном винте

алидады отпускают закрепительный винт лимба и поворачивают алидаду приблизительно на 180° . Затем закрепляют лимб, открепив алидаду, вновь визируют на ту же самую точку и при двух положениях вертикального круга производят отчеты КЛ2, КП2 по горизонтальному кругу. Величину коллимационной ошибки находят по формуле

Если $c < 2t$, где t – точность отсчётного приспособления, то проверяемое условие соблюдается (для теодолита типа Т30 принимают $t = 0,5''$). В противном случае выполняют исправление коллимационной ошибки. Для юстировки наводящим винтом алидады устанавливают по горизонтальному кругу отсчёт, свободный от влияния коллимационной ошибки:

$$a_0 = \text{КП2} - c \text{ или } a_0 = \text{КЛ2} + c.$$

Горизонтальными (боковыми) исправительными винтами сетки нитей, слегка ослабив вертикальные исправительные винты, перекрестие сетки нитей совмещают с точкой наводки.

Закрепляют вертикальные исправительные винты сетки нитей и повторяют поверку.

3. Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит в 20–30 м от стены здания и наводят зрительную трубу на высоко расположенную точку. Закрепив алидаду, приводят трубу в горизонтальное положение и отмечают карандашом на стене здания проекцию перекрестия сетки нитей; повторяют эти действия при КП. Если проекции перекрестия сетки нитей при двух положениях круга не совпадают, то прибор должен быть исправлен в мастерской.

4. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна вертикальной оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит и наводят зрительную трубу на четкую, хорошо видимую точку. Вращением наводящего винта медленно наклоняют трубу и следят за положением наблюдаемой точки относительно вертикальной нити. Если при таком перемещении наблюдаемая точка сойдет с вертикальной нити, то, ослабив исправительные винты сетки нитей, поворачивают диафрагму с сеткой до соблюдения поставленного условия. После юстировки необходимо повторить поверку по п. 2 (определение c).

5. Место нуля (МО) вертикального круга должно быть равным нулю или не превышать двойной точности отчетного микроскопа теодолита $2t$. Для определения МО вертикального круга наводят перекрестие сетки нитей на удаленную, хорошо видимую точку. Производят отсчёт по

вертикальному кругу при КЛ. Переводят трубу через зенит и при КП выполняют те же действия.

Вычисляют место нуля и угол наклона по формулам

Если МО превышает двойную точность отсчётного приспособления, то производят его исправление, для чего наводят трубу на точку наблюдения при КП. Наводящим винтом вертикального круга устанавливают вычисленное значение угла наклона.

Сместившееся перекрестие сетки нитей наводят на точку визирования исправительными винтами сетки нитей.

6. Исследование нитяного дальномера.

Для исследования нитяного дальномера на одном конце линии предварительно измеренной рулеткой устанавливают теодолит, а на другом – рейку с сантиметровыми делениями. Расстояние, измеренное дальномером, находят по формуле

$$d = K \cdot n + c,$$

где K – коэффициент дальномера; c – его постоянная слагаемая; n – число делений.

При съёмке в масштабе 1:1000 и мельче постоянной слагаемой дальномера с пренебрегают из-за малости. Поэтому, принимая коэффициент дальномера

$K = 100$, число сантиметровых делений по рейке между верхней и нижней нитями должно выражать расстояние в метрах.

2.2. Полевые проверки нивелира

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Вращением подъёмных винтов приводят пузырёк уровня в нуль-пункт и поворачивают зрительную трубу нивелира на 180° . Если пузырёк уровня остаётся в нуль-пункте, то условие выполнено. В противном случае, действуя исправительными винтами уровня, его перемещают в направлении нуль-пункта на половину дуги отклонения, а затем подъёмными винтами выводят пузырёк в нуль-пункт. Проверку для контроля повторяют.

2. Средняя горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси нивелира. Проверка производится взятием трёх отсчётов по рейке: перекрестием сетки нитей, левым и правым краем горизонтальной нити. Отсчёты должны отличаться не более чем на 1 мм. Если условие не выполнено, вращают сетку нитей.

3. Визирная ось зрительной трубы и ось цилиндрического уровня должны быть параллельны

Первый способ. Выбирают на местности две точки А и В на расстоянии 60–80 м и закрепляют их кольями. Устанавливают нивелир посередине между ними и, взяв отсчёты a_1 по рейке А и b_1 – по рейке В, определяют превышение h_1 . В этом случае даже при негоризонтальном положении визирной оси превышение будет определено правильно, так как нивелирование производилось при равных плечах. Затем переносят инструмент к точке А и определяют превышение h_2 нивелированием вперед. Для этого как можно точнее измеряют рулеткой высоту инструмента i от вершины кола до визирной оси инструмента и берут отсчёт b_2 по рейке В.

Высоту инструмента можно измерить по рейке, установленной у окуляра нивелира, отсчитывая деления рейки через объектив зрительной трубы, закрытой крышкой с отверстием в центре. Превышение точки В над точкой А будет

$$h_2 = i - b_2 .$$

Если $h_1 = h_2$ или отличается не более чем на 4 мм, это свидетельствует о параллельности визирной оси трубы оси цилиндрического уровня. В противном случае, зная правильное значение превышения h_1 , определяют отсчёт по дальней рейке, соответствующий горизонтальному положению визирной оси:

$$b_02 = i + h_1.$$

Визируя на рейку в точке В, вращают элевационный винт и устанавливают среднюю горизонтальную нить на вычисленный отсчёт b_02 . Затем, действуя вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображения концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Второй способ. Поверка главного условия нивелира может быть выполнена также способом, не требующим измерения высоты инструмента. Мерной лентой разбивают линию АВ на три равных отрезка по 20–30 м, концы которых закрепляют кольями. Устанавливают нивелир на одном из концов линии, в точке А, и приведя пузырёк на середину, берут отсчёты a_1 и b_1 по отвесно стоящим рейкам в точках 1 и 2. При непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня превышение между точками 1 и 2 следующее:

$$h = (a_1 - x) - (b_1 - 2x).$$

Переносят инструмент на вторую станцию, в точку В, и подобным образом производят отсчёты a_2 и b_2 по рейкам 1 и 2. Превышение h на второй станции определится из равенства

$$h = (a_2 - 2x) - (b_2 - x).$$

Для определения отсчёта $a_0 = a_2 - 2x$, соответствующего горизонтальному положению визирной оси трубы, приравнивают правые части уравнений

$$a_1 - x - b_1 + 2x = a_2 - 2x - b_2 + x.$$

Вычисленный отсчёт a_0 устанавливают по рейке 1 элевационным винтом с последующим совмещением концов пузырька уровня его вертикальными исправительными винтами.

Результаты проверок приборов заносят в соответствующие полевые журналы.

Проверку нивелиров с компенсатором проводят аналогично. Юстировка по п. 3 осуществляется перемещением сетки нитей исправительными винтами окуляра, закрытых защитным колпачком. Предварительно проверяют компенсатор, снимая отсчёты по рейке при смещении пузырька круглого уровня на одно деление; измерение отсчёта по рейке не должно превышать 1 мм.

3. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЁМКА

3.1. Содержание работ, инструменты

Теодолитную съёмку необходимо выполнять в масштабе 1:1000 на участке, указанном преподавателем. В результате теодолитной съёмки получают контурный план местности с изображением ситуации без рельефа.

Обоснованием теодолитной съёмки служит замкнутый теодолитный ход из нескольких вершин в виде многоугольника. Теодолитный ход прокладывают по периметру участка местности и привязывают к пунктам опорной сети. Если опорная сеть отсутствует, то определяют магнитный азимут первой стороны хода, а координаты начальной точки принимают равными нулю.

Для производства съёмки необходимо иметь следующие инструменты и принадлежности:

теодолит;

мерную ленту со шпильками или стальную рулетку;

экер;

тесмянную 10-метровую рулетку;

вешки (2 шт.);

журнал измерения углов, тетрадь для абрисов, колья.

Теодолитная съёмка состоит из полевых и камеральных работ. В состав полевых работ входят:
рекогносцировка участка, выбор и закрепление вершин теодолитного хода;
измерение горизонтальных углов и сторон хода;
привязка хода;
съёмка местных предметов (съёмка ситуации).
Камеральные работы состоят из обработки результатов полевых измерений и составления плана.

3.2. Полевые работы

В ходе рекогносцировки определяют границы участка, положение вершин полигона, направление сторон теодолитного хода, условия привязки к пунктам опорной сети. Теодолитные ходы прокладываются по периметру участка в виде замкнутого многоугольника в местах, удобных для производства линейных измерений (вдоль обочин дорог, улиц, аллей, проездов, просек и т. п.). Вершины углов теодолитных ходов выбирают в местах, удобных для установки теодолита, так, чтобы с них обеспечивалась взаимная видимость, создавались благоприятные условия для съёмки местных предметов. Закрепление вершин теодолитных ходов производят кольями, которые забивают вровень с землей.

Измерение горизонтальных углов. Угловые измерения производят 30-секундными теодолитами типа Т-30 способом приемов. Подготовка прибора к измерению углов на станции состоит из следующих действий:
а) установки теодолита над вершиной измеряемого угла (центрирование);
б) приведение плоскости лимба в горизонтальное положение (горизонтирование);
в) установки зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование теодолита производится с помощью нитяного отвеса или зрительной трубой через отверстие горизонтального круга в теодолитах Т-30. Центрирование инструмента выполняют с точностью 0,5 см.

Закрепив инструмент на головке штатива, приводят плоскость лимба в горизонтальное положение с помощью уровня при алидаде горизонтального круга, действуя подъемными винтами теодолита в двух взаимноперпендикулярных плоскостях. При вращении прибора вокруг оси пузырёк уровня не должен отклоняться более чем на одно деление. Подготовка зрительной трубы для наблюдений состоит в установке трубы по глазу и по предмету. С этой целью вращением окулярного кольца добиваются четкой видимости сетки нитей, а действуя кремальерой фокусируют трубу, добиваясь резкости изображения предмета наблюдения. Измерение горизонтальных углов в теодолитных ходах производят способом приемов, последовательно перемещаясь с точки на точку по ходу часовой стрелки. Измеряют правые по ходу внутренние углы полигона.

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

Открыв алидаду при КЛ, визируют на основание задней вехи (по ходу движения), производят отсчёт по горизонтальному кругу. Затем при том же положении круга (КЛ) визируют на переднюю веху и производят второй отсчёт по горизонтальному кругу. Результаты наблюдений записывают в журнал наблюдений (табл.1). Разность отсчётов на задние и передние вехи определяет значение горизонтального угла в полуприеме. Аналогично измерение угла выполняют при другом положении круга (КП). Разность в значениях измеренного угла между полуприемами не должна превышать $2''$. Среднее значение угла из двух полуприемов записывают в журнал, округляя до десятых долей минуты.

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

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов

Измерение длины линий. Линейные измерения производятся мерной лентой (рулеткой) по шпилькам в прямом и обратном направлении; перед измерением линия должна быть провешена. Лента (рулетка) укладывается в створе с ошибкой не более 0,5 м. Результаты измерения расстояний записывают в журнал (табл. 2). Разность между измерениями длины линии в прямом и обратном направлениях не должна превышать $1:2000$ её длины (см. табл. 2).

За окончательную длину стороны хода принимают среднее арифметическое из результатов измерений «прямо» и «обратно». Для каждой стороны хода определяют угол её наклона к горизонту, если угол наклона (α) более двух градусов, то вводят поправку за наклон линии

.

Измерение углов наклона производится теодолитом при КЛ.

Устанавливают теодолит на одном из концов линии и визируют на веху, установленную на другом конце линии, на высоту, равную высоте прибора, после чего производят отсчёт по вертикальному кругу, который и принимают за угол наклона.

Таблица 2

Журнал измерения расстояний

Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

№ точки	Измеренные углы $\beta_{изм}$	$\Delta\beta$	Исправленные углы $\beta_{испр}$	Дирекционные углы	Румбы	Горизонтальное положение d , м	Приращения координат вычисленные		Поправки к приращениям			Исправленные приращения			Координаты								
							\pm Дх	\pm Ду	\pm Дх	\pm Ду	\pm Дх	\pm Ду	\pm Дх	\pm Ду	\pm Дх	\pm Ду							
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	105°24Г	+0,4Г	105°24,4Г																				
				215°30Г	III 35°30Г	135,62	-	110,41	-	78,75	-	0,05	+	0,02	-	110,46	-	78,73					
2	123°10Г	+0,4Г	123°10,4Г																				
				272°19,6Г	IV 87°40,4Г	159,82	+	6,49	-	159,69		0,00	+	0,04	+	6,49	-	159,65					
3	79°24Г	+0,4Г	79°24,4Г																				
				12°55,2Г	I 112°55,2Г	142,15	+	138,55	+	31,78	-	0,05	+	0,01	+	138,50	+	31,79					
4	140°39Г	+0,4Г	140°39,4Г																				
				52°15,8Г	I 52°15,8Г	138,61	+	84,83	+	109,62	-	0,02	+	0,02	+	84,80	+	109,64					
5	91°21Г	+0,4Г	91°21,4Г																				
				140°54,4Г	II 39°05,6Г	153,71	-	119,30	+	96,93	-	0,03	+	0,02	-	119,33	+	96,95					
1																							

$$\sum \beta_{изм} = 539^{\circ}58'; \quad \sum \beta_{испр} = 215^{\circ}30' \quad P = 729,9 \quad \sum \Delta x(+) = 229,7 \quad \sum \Delta y(+) = 238,3$$

$$\sum \beta_{теор} = 180^{\circ}(n-1) = 540^{\circ} \quad \delta_x = \frac{f_x}{P} \cdot d \quad \sum \Delta x(-) = 229,7 \quad \sum \Delta y(-) = 229,4$$

$$\text{Угловая невязка} \quad f_{\beta} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор} = -0^{\circ}02' \quad \delta_y = \frac{f_y}{P} \cdot d \quad f_x = +0,6$$

$$\text{Допустимая невязка} \quad f_{\beta} = \sum \beta_{доп} = 1' \sqrt{n} = 2' \quad f_y = -0,1$$

$$\text{Невязка хода} \quad f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,0^2 + 0,0^2} = 0,0 \quad \text{Относительная невязка} \quad \frac{1}{P} = \frac{f_d}{P} = \frac{0,0}{729,9} = \frac{1}{3476} < \frac{1}{2000}$$

Привязка теодолитного хода к опорным пунктам выполняется в целях вычисления координат вершин хода в принятой системе координат. На рис. 1 показан один из способов привязки, когда инструмент можно установить на опорном пункте 1 с известными координатами; в этом случае измеряют примычный угол β_0 . По известному дирекционному углу α_{A-1} и горизонтальному углу β_0 вычисляют дирекционный угол стороны α_{1-2} , а затем – координаты вершин замкнутого теодолитного хода 1, 2, 3, 4, 5.

Рис. 1

3.3. Съёмка местных предметов (съёмка ситуации)

Выполнить съёмку местных предметов – значит определить их положение в плане относительно вершин и сторон теодолитного хода. При съёмке местных предметов пользуются следующими основными способами:

- а) прямоугольных координат (перпендикуляров) или ординат;
- б) полярных координат;
- в) угловых засечек;
- г) линейных засечек (биполярных координат).

Способ прямоугольных координат (рис. 2). При этом способе съёмки от вершины угла теодолитного хода, принимаемой за начало координат, протягивают ленту вдоль стороны хода (ось абсцисс), измеряют расстояние до основания перпендикуляра, опущенного из контурной точки (х). Затем тесьмой рулеткой измеряют длину перпендикуляра от его основания до точки контура (у). Измерение абсцисс и ординат выполняют до 0,01 м. Съёмку контуров, имеющих криволинейное очертание, выполняют по характерным точкам изгиба контура. Прямые углы для построения перпендикуляров разбивают экером или «на глаз»; в последнем случае длина перпендикуляра не должна превышать 8 м.

Способ полярных координат (рис. 3). Он состоит в том, что положение контурной точки определяют горизонтальным углом от стороны хода и измеренным расстоянием от вершины угла. Установив теодолит на точке хода, совмещают нули лимба и алидады при КЛ, а затем направляют трубу на веху, установленную в конце стороны хода, принимая это направление за начальное. Открепив зажимной винт алидады, измеряют горизонтальный угол от этого направления до контурной точки и расстояние (мерной лентой, рулеткой или нитяным дальномером).

Способ угловых засечек (рис. 4). Этот способ применяют на открытой

2. Вычисляют угловую невязку хода f_{β} и сравнивают её с допустимой $f_{\beta\text{доп}}$ по формулам:

а) в замкнутом ходе

, где n – число углов;

б) в разомкнутом (диагональном) ходе

.

Допустимая невязка

.

Если Δ , поправки вводят в измеренные углы со знаком, обратным знаку невязки, т. е. . В графе 3 записывают значения исправленных углов .

3. По исправленным углам вычисляют дирекционные углы сторон хода (графа 4) по формуле

.

Контролем вычислений служит получение дирекционного угла исходной стороны в замкнутом ходе или конечной стороны в разомкнутом ходе.

4. Переводят дирекционные углы в румбы (графа 5). Зависимость между дирекционными углами и румбами, а также знаки приращений координат приведены в табл. 4.

Таблица 4

Знаки приращения координат

5. По дирекционным углам и горизонтальным проложениям сторон вычисляют приращения координат x и y (графа 7 и 8) по формулам

;

Вычисление выполняют с помощью калькулятора. Определяют невязки в приращениях координат Δx и Δy :

а) для замкнутого хода

;

б) для разомкнутого хода

где x_1 и y_1 – координаты начальной, а x_n и y_n – конечной точек полигона. Абсолютную величину линейной невязки хода подсчитывают по формуле

в) если относительная ошибка хода ϵ , то производят исправление вычисленных значений приращений координат.

Поправки приращений Δx_i и Δy_i вычисляют по формулам

;

Исправленные значения приращений координат записывают в графы 9 и 10 ведомости.

6. По исправленным приращениям x и y последовательно вычисляют

местности, когда положение местных предметов определяют измерением горизонтальных углов теодолитом с двух опорных точек между стороной хода и контурной точкой. Углы засечек должны быть не менее 30 градусов и не более 150 градусов. Для контроля выполняют засечку с третьей опорной точки хода.

Способ линейных засечек (рис. 5). Его используют, в частности, при съемке застроенных территорий. Положение контурной точки определяют измерением до нее расстояний от двух или трех известных точек на линии теодолитного хода. Длины засечек не должны превышать 10–30 м. При любом способе съемки производится обмер по периметру рулеткой всех снимаемых зданий.

В ходе съёмки ведут абрис, представляющий собой глазомерный чертеж участка местности в произвольном масштабе. В абрисе указывают вершины углов и стороны теодолитных ходов, с которых производится съёмка, а также результаты выполненных измерений с необходимой характеристикой местных предметов (характер построек, этажность зданий, тип покрытия дорог, их ширина, порода леса, средняя высота, диаметр ствола деревьев и т. п.) (рис. 6).

Рис. 6

Абрисы ведут в специальной тетради простым карандашом, все записи и числовые данные выполняют четко и аккуратно. Абрис составляют для каждой стороны теодолитного хода с указанием местных предметов.

3.4. Камеральная обработка полевых материалов

По окончании полевых работ производят камеральную обработку полевых материалов. Для этого предварительно проверяют все записи в полевых журналах и абрисах. Одновременно вычисляют горизонтальные проложения сторон хода (при углах наклона более 2 градусов). При обнаружении ошибок в полевых материалах необходимо выполнить контрольные измерения в поле и новые результаты записать в тех же полевых документах.

Вычисление координат вершин теодолитного хода выполняют в специальной ведомости в следующем порядке (табл. 3):

1. Из полевого журнала выписывают номера вершин и значения измеренных углов (графы 1 и 2), горизонтальные проложения сторон (графа 6). В графе 4 указывают дирекционный угол (магнитный азимут) исходной стороны и условные координаты первой вершины (графы 11 и 12).

образцами, рекомендуемыми кафедрой.

В результате выполненной работы бригада предъявляет к сдаче следующие отчетные документы:

журналы измерения углов и сторон хода;

абрисы;

ведомость вычисления координат;

план участка местности в масштабе 1:1000 или 1:2000.

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЁМКА

4.1. Содержание работ

При выполнении работы студенты должны получить навыки в проложении тахеометрического хода и съёмки подробностей на станции методом полярных координат с использованием нитяного дальномера. Поскольку в условиях летней геодезической практики в качестве плановой основы тахеометрической съёмки используют точки теодолитного хода, проложенного бригадой, в состав полевых работ входят:

поверка теодолита, определение и исправление места нуля вертикального круга;

проложение высотного хода;

съёмка контуров и рельефа.

Для производства работ необходимо иметь:

теодолит со штативом;

отвес для центрирования теодолита над точкой;

нивелирную рейку;

вехи (2 шт.);

полевые журналы и кроки.

4.2. Полевые работы при проложении высотного хода

Высотный ход прокладывают по точкам теодолитного хода, при этом для каждой стороны превышение определяют прямо и обратно методом тригонометрического нивелирования. Начинать высотный ход следует с первой точки замкнутого теодолитного хода, на эту же точку осуществляют и замыкание хода.

На каждой из точек хода устанавливают теодолит, горизонтируют и центрируют с ошибкой не более 5 мм, измеряют высоту прибора i .

Визируют при круге лево (КЛ) на веху, установленную на заднюю точку, и снимают отсчёт Л по вертикальному кругу. Измеряют и записывают высоту визирования v . Визируют на веху, установленную на переднюю точку, повторяют действия по измерению вертикального угла при круге КЛ и высоты визирования v . Переводят трубу через зенит, визируют на

координаты всех вершин теодолитного хода, т. е.

и т. д.

Все записи в ведомости вычисления координат выполняют чернилами с указанием на её лицевой стороне номера и состава бригады, даты и фамилии вычислителей (первой и второй руки).

3.5. Составление плана. Отчетные документы

Составление плана начинают с разбивки прямоугольной координатной сетки на квадраты со сторонами 5 или 10 см.

Построение координатной сетки выполняют на листе плотной чертёжной бумаги. При оформлении плана небольших участков местности сетку квадратов можно разбить следующим простым способом. С угла на угол листа бумаги тонко очиненным карандашом проводят две диагонали.

Из точки пересечения диагоналей откладывают циркулем-измерителем четыре равных отрезка. Соединив концы отрезков прямыми линиями, получают прямоугольник, который служит основой для последующей разбивки координатной сетки. На сторонах прямоугольника при помощи циркуля-измерителя откладывают отрезки (5 или 10 см).

Соединив линиями соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов. Правильность построения сетки проверяют сравнением диагоналей квадратов и длин их сторон.

При построении координатной сетки на листах формата А3 используют линейку ЛБЛ. Расхождения не должны превышать $\pm 0,2$ мм. Линии координатной сетки, кратные 100 м, оцифровывают в километрах и подписывают в соответствии со значениями координат вершин.

Накладка теодолитного хода производится по вычисленным значениям координат. Правильность нанесения контролируют по измеренным длинам сторон между соответствующими точками хода, которые выбирают из графы 6 ведомости.

Нанесение ситуации осуществляется по данным абриса от линии и вершин теодолитного хода в соответствии с условными знаками, принятыми для планов масштаба 1:1000. Способы построения контуров на плане соответствуют способам съёмки в поле. Указанные в абрисе расстояния откладывают с помощью циркуля-измерителя, угольника и масштабной линейки, а горизонтальные углы – транспортиром.

Составленный в карандаше план корректируется в поле и после проверки его преподавателем вычерчивается тушью: линии координатной сетки, местные предметы и зарамочное оформление – черным цветом, вода – зеленым, линии теодолитного хода – красным, толщина линий – 0,1–0,2 мм. Зарамочное оформление плана выполняют в соответствии с

Журнал тахеометрической съёмки

Станция I Высота прибора $i = 1,46$ м КЛ; $MO = +0^{\circ}03'$ $H_{ст} = 40,56$ м

№ точки	Расстояние дальности D , м	Отсчёты		МО	Угол наклона, v	Горизонтальное расстояние d , м	Высота визирования v , м	Превышение h' , м	$i-v$, м	Превышение h , м	Отметка H , м	Примечание
		горизонтальный круг	вертикальный круг									
т. I	—	0°00'										
1	38,1	46°10'	-1°33'				1,46					Рельеф
2	67,3	48°20'	-2°29'				1,46					Рельеф
3	69,2	78°10'	-3°05'				2,46					Рельеф
4	37,1	116°30'	-4°22'				1,46					Рельеф
5	67,5	00°30'	-4°03'				2,46					Рельеф, кусты
6	67,4	164°10'	-1°55'				1,46					Рельеф
7	70,4	116°20'	-4°02'				2,46					Рельеф
8	65,8	211°30'	-1°06'				1,46					Рельеф
9	65,3	258°40'	-2°39'				1,46					Рельеф, кусты
10	35,0	329°00'	-4°14'				1,46					Рельеф, кусты
11	67,9	328°50'	-4°21'				2,46					Рельеф
т. II	—	0°00'										

$$v = \text{Л} - \text{МО}; \quad d = D \cdot \cos^2 v; \quad h' = d \cdot \text{tg } v; \quad h = h' + i - v; \quad H_n = H_{ст} + h_n$$

заднюю точку при круге право (КП), снимают отсчёт П по вертикальному кругу, затем при КП визируют на переднюю точку и т. д. Отсчёты по вертикальному кругу записывают в журнал вертикальных углов. Непосредственно на станции вычисляют место нуля МО и значения вертикального угла α :

;

$$\alpha = Л - МО;$$

$$\alpha = МО - П.$$

Значения вертикального угла на каждую точку вычисляют дважды по обеим формулам; они должны совпадать. Величина МО может колебаться в пределах 2α для всего хода.

Для повышения удобства измерений и камеральной обработки при проложении высотного хода рекомендуется визировать на высоту прибора i на станции так, чтобы обеспечить условие

$$i = v.$$

Тогда вертикальные углы, измеренные по каждой стороне хода прямо и обратно, должны отличаться не более чем на 2α .

4.3. Съёмка местности

После проложения и увязки высотного хода приступают к съёмке местности. Устанавливают теодолит на станции и ориентируют 0° лимба горизонтального круга на соседнюю станцию хода. Реечными (пикетными) точками служат четко выраженные изломы контуров и характерные точки рельефа. Число реечных точек должно быть достаточным для правильного изображения рельефа и ситуации.

Расстояния от теодолита до реечных точек не должны превышать 100 м. При выборе реечных точек необходимо следить за тем, чтобы они равномерно располагались вокруг станции и обеспечивали сплошную съёмку участка. Результаты всех измерений на станции заносят в журнал тахеометрической съёмки (табл. 5). Одновременно со съёмкой на каждой станции ведут абрис (кроки) с зарисовкой ситуации и рельефа (см. рис.4). Составлять кроки начинают с проведения начального направления (направления на одну из соседних станций), от которого ведут съёмку реечных точек. Нумерация реечных точек принимается сквозная по всей съёмке и должна соответствовать нумерации в журнале тахеометрической съёмки. Рельеф изображают стрелками, указывающими направление скатов, ситуацию – точками контуров с пояснительным текстом. Кроки и журнал тахеометрической съёмки являются основными документами при составлении топографического плана.

специальной ведомости (табл. 6).

Таблица 6

Ведомость высотного хода

Допустимая высотная невязка хода определяется по формуле
 $= 0,12 \text{ м}$,

где P – периметр хода в сотнях метров; n – число сторон хода.

Табл. 6 содержит номера станций (графа 1) и расстояния между ними (графа 2), взятые из ведомости вычисления теодолитного хода. В графы 3 и 4 записывают вычисленные прямые и обратные превышения точек хода, а в графу 5 – средние из них. При этом среднему превышению присваивается знак прямого превышения.

Определяют высотную невязку f_h в замкнутом или в разомкнутом ходах по формулам:

а) в замкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{сп} ;$$

б) в разомкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{сп} - (H_n - H_1).$$

Допустимую невязку высотного хода вычисляют по формуле, расположенной под табл. 6. Если фактическая невязка высотного хода меньше или равна допустимой, то в средние превышения пропорционально длине сторон со знаком, обратным знаку невязки, вводят поправки (графа 6) и получают увязанные превышения (графа 7), которые используются затем для вычисления высотных отметок станций (графа 8). После этого приступают к обработке журнала тахеометрической съёмки по станциям. Формулы для вычислений представлены под табл. 5.

Составление плана начинают с построения координатной сетки и нанесения вершин опорного хода по их координатам. После проверки правильности накладки точки рабочего обоснования соединяют сплошными линиями и у каждой вершины подписывают её номер (в числителе) и отметку, округленную до 0,01 м (в знаменателе).

По данным полевого журнала и кроков наносят реечные точки вокруг станции в следующей последовательности. Совмещают центр транспортира с направлением, например I–II. От начального направления по транспортиру отмечают горизонтальный угол на реечную точку, указанную в журнале. Вдоль этого направления с помощью линейки и циркуля-измерителя откладывают расстояние в масштабе плана и накалывают точку. Рядом с ней наносят номер и отметку, округленную до 0,1 м. Подобным образом наносят все реечные точки и по ним вычерчивают ситуацию и рельеф согласно крокам.

При рисовке рельефа горизонталями с характерных точек местности

Съёмку реечных точек начинают с ориентирования лимба на соседнюю станцию, например на II (см. рис. 4). Для этого, установив при КЛ отсчёт по горизонтальному кругу, равный 0° , закрепляют алидаду и наводят трубу на веху станции II, после чего закрепляют лимб. Затем, открепив алидаду, наводят трубу на рейку, производят отсчёты по горизонтальному кругу и по дальномеру. При этом рекомендуется устанавливать меньший отсчёт по дальномерной нити, равный целому числу метров (например, 1000 мм). Затем, действуя микрометрическим винтом зрительной трубы, наводят среднюю нить сетки нитей на высоту теодолита, берут отсчёт по вертикальному кругу. Результаты измерений на реечную точку записывают в соответствующие графы журнала (см. табл. 5). Если средняя нить сетки нитей при измерении вертикального угла наводилась на произвольную высоту, то её записывают в соответствующей графе этой же строки.

Кроки на станции I

0□ лимба ориентирован на т. II

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

4.4. Камеральная обработка материалов полевых измерений

Камеральную обработку высотного хода начинают с тщательной проверки результатов измерений в полевых журналах. Используя длину стороны теодолитного хода и измеренные вертикальные углы, а также высоты инструмента i и визирования v вычисляют превышение на заднюю и переднюю точки по формуле

.

Если $i = v$, то $h = d \square \operatorname{tg} \square$.

Допустимое расхождение при определении прямого и обратного превышений с разными знаками должно быть не более 4 см на каждые 100 м расстояния между точками.

Затем выполняют увязку превышений и вычисление отметок станций в

В состав полевых работ по нивелированию трассы входят:

поверка инструментов;

рекогносцировка участка трассы;

разбивка пикетажа и съёмка местных предметов;

измерение углов поворота;

разбивка круговых кривых на повороте трассы;

продольное и поперечное нивелирование трассы.

Все этапы полевых работ бригада выполняет в соответствии с заданием руководителя практики. Для производства работ требуются следующие инструменты и оборудование:

теодолит со штативом;

нивелир;

рейки нивелирные (2 шт.);

мерная лента или рулетка;

вехи и колья;

полевые журналы.

5.2. Рекогносцировка участка трассы

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

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

5.3. Разбивка пикетажа и ведение пикетажного журнала

Разбивка пикетажа включает:

вешение и измерение линий;

расстановку пикетов и плюсовых точек;

съёмку местных предметов и ведение пикетажного журнала.

Вешение линий производят теодолитом, начиная от исходной

точки. Прямолинейные участки провешивают через каждые 100 м.

Горизонтальные углы (правые), необходимые для вычисления углов поворота трассы, измеряют одним приемом. С помощью буссоли определяют азимут первого прямолинейного участка.

Нумерацию 100-метровых участков (пикетов) начинают с нулевого

(ПК0, ПК1, ПК2 и т. д.). В точках излома местности (характерных точках рельефа) выбирают плюсовые точки, которые нумеруют по предыдущему

(высот, дна котловин, седловин) на плане проводят водораздельные линии, тальвеги

и между точками с известными отметками выполняют интерполирование.

Полученные точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями – горизонталями. На замкнутых горизонталях, обозначающих холмы или котловины,

а также в местах, где чтение рельефа затруднено, указывают бергштрихи.

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

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

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

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

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

В результате тахеометрической съёмки бригада предоставляет следующие отчетные документы:

журнал измерения вертикальных углов высотного хода;

ведомость высотного хода;

журнал тахеометрической съёмки;

кроки на каждой станции;

калька высот;

план в масштабе 1:1000.

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

5.1. Содержание работ

При выполнении работы студенты должны получить навыки в нивелировании сооружений линейного типа – дорог, водопроводов, канализации и др.

Если $h_c - h_k \leq 5$ мм, то выполняют п. 5 и т. д. Следует учитывать, что пятки красных сторон реек могут иметь разность 100 мм.

Все записи ведут в журнале технического нивелирования (табл. 7).

При нивелировании на крутых скатах, когда невозможно пронивелировать задний и передний пикеты одновременно с одной станции, назначают дополнительные (иксовые) точки.

Нивелирование заканчивают на репере в конце трассы. Отметку этого репера сравнивают с вычисленной. Допустимую невязку определяют по формуле

,

где L – длина хода в км.

Таблица 7

Журнал технического нивелирования

5.5. Камеральные работы

Камеральные работы состоят из следующих этапов:

вычисление отметок нивелирного хода;

составление и вычерчивание профиля трассы и поперечников.

Вычисление отметок нивелирного хода начинают с вычисления отметок связующих точек и постраничного контроля журнала. Отметки плюсовых точек

и пикетов вычисляют после уравнивания хода.

Если невязка хода меньше допустимой, её распределяют равномерно на каждую станцию с обратным знаком.

Отметки промежуточных точек вычисляют через горизонт прибора.

Продольный профиль трассы строится на миллиметровой бумаге по нивелирному и пикетажному журналам. Масштаб горизонтальных расстояний выбирают 1:2000, а вертикальных – 1:200.

Составление профиля начинают с построения сетки, содержание которой представлено на рис. 7. Последовательно заполняют строки «расстояния» и «пикеты», «фактические отметки», а также «план трассы» и «ситуация».

На основании фактических отметок строят профиль трассы, откладывая значения в вертикальном масштабе и соединяя полученные точки прямыми отрезками.

Далее приступают к проектированию, для чего намечают будущую трассу и рассчитывают проектные уклоны и отметки полотна дороги. Уклоны рассчитывают по участкам (секциям)

,

где – отметка конца секции, определяется графическим построением;

пикету плюс расстояние от него до данной точки (ПК1 + 30).

Разбитые пикеты должны иметь стометровую длину в горизонтальной плоскости. Поэтому при наличии уклона местности более 2° измеряют угол наклона и вводят поправку в измеренную линию. Величину поправки определяют по формуле . В характерных местах трассы разбивают поперечники на 20 м влево и вправо от трассы. Одновременно с разбивкой пикетажа производят съёмку местных предметов вдоль трассы на ширину до 50 м. Съёмку предметов выполняют способом перпендикуляров, 20 м – инструментальным, далее – глазомерно.

В пикетажном журнале ось трассы изображают в выпрямленном виде, повороты обозначают стрелками с указанием значения угла. Элементы кривых рассчитывают на основании угла поворота и радиуса по формулам:

- тангенс кривой;
- биссектриса кривой;
- длина кривой.

Пикетное значение начала и конца кривой рассчитывают по зависимостям: ; и контролируют .

Зарисовка плана местности в масштабе 1:2000 ведется на миллиметровой бумаге.

5.4. Нивелирование трассы

Нивелирование трассы производят в целях определения отметок всех закрепленных на местности точек (пикетов, плюсовых точек, главных точек кривых). Нивелирование выполняют способом «из середины» и начинают его

с точек, высота которых известна, – реперов. В процессе нивелирования различают связующие (общие для двух станций наблюдения) и промежуточные точки. Отсчёты на связующие точки снимают по чёрной и красной сторонам рейки, на промежуточные точки – только по чёрной стороне.

Порядок взятия отсчётов на станции:

- отсчёт по черной стороне задней рейки ач;
- отсчёт по черной стороне передней рейки бч;
- отсчёт по красной стороне передней рейки вк;
- отсчёт по красной стороне задней рейки ак;
- отсчёт по черной стороне реек, устанавливаемых на промежуточные точки с.

По выполнении пп. 1–4 вычисляют превышения на станции по черной и красной сторонам реек:

; .

сторон сетки квадратов, а также места установки приборов.

На местности строят сетку квадратов с длиной стороны 10 м. Площадь разбивки указывает руководитель практики. Прямолинейность сторон и перпендикулярность вершин обеспечивают с помощью теодолита и экера.

Вычерчивают абрис и присваивают вершинам квадратов номера.

Нивелирование начинают с точки, которую принимают за условный репер с отметкой, указанной руководителем практики. Наблюдения производят нивелиром способом из середины по возможности с одной станции.

Отсчёты по рейкам снимают только по черной стороне. Результаты измерений заносят в журнал технического нивелирования (см. табл. 7).

Если нивелирование участка выполняется с нескольких станций, то прокладывают замкнутый ход с отсчитыванием по двум сторонам реек.

6.3. Камеральные работы

Обрабатывают результаты наблюдений, для чего рассчитывают высотные отметки вершин квадратов через горизонт прибора по зависимости

,

где $H_{гор}$ – горизонт прибора; $H_{реп}$ – отметка условного репера и $h_{отс}$ – отсчёт по рейке, установленной на репере; $h_{вер}$ – отсчёты по рейкам на вершинах квадратов.

Если проложен нивелирный ход, то вычисляют $f_h \text{ доп} = (мм)$.

Вычерчивают топографический план в виде сетки квадратов в масштабе 1:2000, где надписывают отметки вершин. По имеющимся данным вычерчивают рельеф горизонталями с высотой сечения 0,2 м по известной методике.

Далее приступают к расчётам объема земляных работ. Вначале рассчитывают отметку линии нулевых работ по зависимости

,

где $H_{вер}$ – отметки вершин, принадлежащих одному, двум, трем и четырем квадратам соответственно.

Составляют картограмму земляных работ (рис. 8), для чего вычерчивают новую сетку квадратов, на которой надписывают рабочие отметки (высоту насыпи или глубину выемки) каждой вершины, рассчитанные по зависимости. На рисунке проводят линию нулевых работ, положение которой определяют по известной методике.

Рис. 8

Рассчитывают объемы насыпей и выемок для каждого квадрата и их

– отметка начала секции; d – длина секции.

Вычисленное значение уклона округляют до 1‰. Проектные отметки пикетных точек рассчитывают по формуле

.

Рабочие отметки должны указывать глубину выемки или высоту насыпи в данной точке. Значение рабочей отметки рассчитывается как разность между фактической и проектной отметками. При необходимости устройства насыпи рабочую отметку надписывают выше графика, при устройстве выемки – ниже линии профиля.

Отыскание положения точек нулевых работ производят по изменению знака рабочих отметок с выемки на насыпь и наоборот. Для точки нулевых работ рассчитывают её положение относительно ближайших пикетов.

Поперечники составляют в масштабе 1:100.

При сдаче и защите задания по нивелированию трассы представляют:

журнал нивелирования;

пикетажный журнал;

продольный профиль трассы;

профили по поперечникам;

расчёты основных элементов кривой.

Рис. 7

6. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

6.1. Содержание работы. Инструменты

Для определения объемов земляных работ применяют геометрическое нивелирование поверхности по квадратам.

Для выполнения задания требуются следующие инструменты:

теодолит;

нивелир;

нивелирные рейки (2 шт.);

мерная лента или рулетка;

колышки.

6.2. Полевые работы

При рекогносцировке участка местности оценивается возможность без помех разбить сетку квадратов и произвести геометрическое нивелирование. При этом выбирают начальное направление одной из

горизонтальные углы α_1 и α_2 между основанием 0 и верхней точкой сооружения В. Также измеряют рулеткой расстояния: D1 – между точкой T1 и основанием сооружения 0, а также D2 – между точкой T2 и основанием 0. При измерении расстояний необходимо учитывать величину диаметра сооружения.

Точки T1 и T2 выбирают таким образом, чтобы угол между линиями T1-0 и T2-0 был равен примерно 90° , а расстояния D1 и D2 в 1,5–2 раза превышали высоту наблюдаемого объекта.

Измерения горизонтальных углов теодолитом выполняют методом приемов, т. е. одним приемом. В тех случаях, когда невозможно выполнить визирование непосредственно на ось сооружения, измеряют на каждой точке по два горизонтальных угла: вдоль левого и правого края (границ) сооружения. Визирование осуществляют путем касания грани сооружения вертикальной нитью сетки нитей; за величину b принимают среднее из двух измерений.

Составляющие линейной величины крена по измерениям с каждой точки вычисляются по формулам

;

где $\rho'' = 3438''$, значения углов α выражаются в минутах.

Общая линейная величина крена вычисляется по формуле

.

Высота сооружения определяется из измерений вертикальных углов α_1 и α_2 (рис. 11) теодолитом на точках T1 и T2 при визировании на верх и низ сооружения.

Вертикальные углы измеряют при КЛ и КП, допустимое колебание величины МО не более $2'$. Высота сооружения вычисляется по формуле

.

Высота сооружения вычисляется дважды, по измерениям с двух точек; за окончательный результат принимают среднее арифметическое из двух измерений.

Угловая величина крена вычисляется по формуле

.

Результаты угловых и линейных измерений заносят в полевые журналы.

7.3. Определение расстояния до недоступной точки

Определение длин линий, недоступных для измерения мерными приборами, осуществляется прямой засечкой. На удобном участке строят

частей в отдельности по зависимости

,

где – площадь фигуры (квадрата или его части); – средняя рабочая отметка для фигуры.

Расчёты проверяют суммированием, при этом суммарные объём насыпей и объём выемок не должны отличаться более чем на 5 %.

В качестве отчетных документов представляют:

журнал технического нивелирования и абрис разбивки квадратов;

топографический план участка местности;

картограмму земляных работ;

расчёт объемов земляных работ.

7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

7.1. Вынос точек в натуру

Вынос точек в натуру производится на основе существующих на местности осей сооружения. В качестве осей здания студенты принимают сетку квадратов, разбитую на местности для нивелирования поверхности.

Положение точек в строительных осях задается руководителем практики.

Вынос в натуру осуществляется способом полярных координат (рис.

9). Для этого необходимо рассчитать угол и расстояние на точку с места

установки прибора. Теодолит устанавливают на пересечении осей и

ориентируют нулевой отсчёт лимба вдоль любой оси сооружения. Это

пересечение осей принимают за начало отсчёта координат и положение

точки определяют прямоугольными координатами (x, y), принимая

за направление оси x линию ориентирования прибора. Рассчитывают

направление на точку и расстояние до точки по зависимостям ; .

Направляют прибор в рассчитанном направлении и откладывают в створе линии визирования рассчитанное расстояние.

Рис. 9

Положение точки контролируют измерением расстояния от провешенной ближайшей оси, при этом ось провешивают теодолитом установкой на шкале прибора отсчёта, кратного 90°.

7.2. Определение крена сооружения

Креном сооружения называется наклон оси сооружения относительно вертикали, выражающийся углом i и линейной величиной k .

Для определения крена сооружения башенного типа (столб, дымовая труба, опора ЛЭП и т. д.) наиболее часто используется способ углов. При этом теодолитом, установленным в точках Т1 и Т2 (рис. 10), измеряют

приборов;

- **не пить воду из неизвестных источников, прудов;**
- **во время грозы не находиться на открытых и возвышенных участках местности, у высоких деревьев, столбов и др.;**
- **запрещено купание в рабочее время;**
- **при несчастных случаях пострадавшему необходимо оказать первую помощь и сообщить руководителю практики.**

3. При перевозке оборудования и инструментов в общественном транспорте соблюдать установленные правила проезда.

Памятка по охране природы и архитектурных памятников

Районы проведения геодезической практики находятся в парковой зоне Санкт-Петербурга. Студенты должны служить примером бережного отношения

к природе и памятникам архитектуры.

Запрещается:

- **ставить палатки, разводить костры, бросать непотушенные окурки, засорять территорию;**
- **ломать деревья, кустарники, засорять пруды и другие водоемы;**
- **делать затесы на стволах деревьев и надписи на стенах зданий и сооружений;**
- **забивать колья на проезжей части дорог и тропках.**

два базиса b_1 и b_2 (рис. 12), теодолитом измеряют внутренние углы образовавшихся треугольников и . Рассчитывают углы .

По теореме синусов дважды находят длину недоступного участка:

;

Если относительная погрешность допустима , то за длину линии принимают среднее значение

.

Рис. 12

Для определения высоты точки А измеряют вертикальный угол на точке 2 при КЛ и КП.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Для предотвращения несчастных случаев и травматизма на практике следует строго соблюдать трудовую дисциплину и правила техники безопасности:

- **тщательно проверять крепление ручек и ремней на футлярах инструментов при их переноске;**
- **складные и раздвижные рейки должны быть прочно закреплены в местах соединения;**
- **топоры, молотки, кувалды должны быть плотно насажены на ручках и надежно заклинены;**
- **осторожно обращаться с треногами и вехами, имеющими металлические наконечники;**
- **запрещается использовать рейки, вехи для переноски инструментов, а также перебрасывать друг другу шпильки и вехи;**
- **проявлять осторожность при сматывании и разматывании мерной ленты;**
- **по возможности сводить к минимуму работу на проезжей части улиц и дорог.**

2. Соблюдение требований санитарии и личной гигиены:

- **на ногах иметь легкую, прочную обувь, а в дождливую погоду – резиновую обувь;**
- **в солнечную погоду работать с покрытой головой;**
- **не ложиться на землю и не садиться на ящики и футляры от**

4.4. Камеральная обработка материалов полевых измерений.....	23
5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ ЛИНЕЙНОГО ТИПА.....	26
5.1. Содержание работ.....	26
5.2. Рекогносцировка участка трассы.....	26
5.3. Разбивка пикетажа и ведение пикетажного журнала.....	26
5.4. Нивелирование трассы.....	27
5.5. Камеральные работы.....	28
6. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ.....	31
6.1. Содержание работы. Инструменты.....	31
6.2. Полевые работы.....	31
6.3. Камеральные работы.....	31
7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	34
7.1. Вынос точек в натуру.....	34
7.2. Определение крена сооружений.....	35
7.3. Определение расстояния до недоступной точки.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ. Инструкция по технике безопасности.....	38

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	2
1.1. Цель и задачи практики	2
1.2. Организация и содержание практики	2
1.3. Правила обращения с приборами и инструментами	3
1.4. Ведение полевых документов	4
1.5. Правила вычислительных работ	4
2. ПОЛЕВЫЕ ПОВЕРКИ ПРИБОРОВ	6
2.1. Полевые поверки теодолита 2Т-30	6
2.2. Полевые поверки нивелира	8
3. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЁМКА	10
3.1. Содержание работ, инструменты	10
3.2. Полевые работы	10
3.3. Съёмка местных предметов (съёмка ситуации)	13
3.4. Камеральная обработка полевых материалов	15
3.5. Составление плана. Отчетные документы	18
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЁМКА	20
4.1. Содержание работ	20
4.2. Полевые работы при проложении высотного хода	20
4.3. Съёмка местности	21

УЧЕБНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Составители: Владислав Юрьевич Бакулин
Юрий Петрович Дьяконов
Григорий Петрович Жуков
Вячеслав Михайлович Масленников
Владимир Дмитриевич Сысоев
Сергей Владимирович Трохманенко

Редактор О. Д. Камнева
Корректор К. И. Бойкова
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 29.03.07. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,67. Тираж экз. Заказ . «С» .
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 4.
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская,
5.

