

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра инженерной геодезии

ГЕОДЕЗИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 528.3 (073)

ГЕОДЕЗИЯ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *М.Е. Скачкова, А.И. Казанцев, А.А. Кузин*. СПб, 2020. 26 с.

Приведены рекомендации по работе с основными геодезическими приборами, выполнению линейно-угловых измерений, тахеометрической съемке местности и геометрическому нивелированию. Порядок выполнения лабораторных работ сопровождается пояснениями сопутствующих теоретических вопросов.

Предназначены для студентов специальности 21.05.01 «Горное дело», а также могут быть рекомендованы для иных специальностей и направлений подготовки.

Научный редактор проф. *М.Г. Мустафин*

Рецензент канд. техн. наук *А.М. Рыбкина* (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

ГЕОДЕЗИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.01*

Сост.: *М.Е. Скачкова, А.И. Казанцев, А.А. Кузин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
инженерной геодезии

Ответственный за выпуск *М.Е. Скачкова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.05.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,5. Усл.кр.-отт. 1,5. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 75 экз. Заказ 300. С 34.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Представленные методические разработки для выполнения лабораторных работ являются неотъемлемой частью учебно-методического комплекса по дисциплине «Геодезия», составлены на основе рабочей программы учебной дисциплины, реализуемой в соответствии с ФГОС ВО по специальности 21.05.04 «Горное дело».

Целью выполнения лабораторных работ является приобретение студентами практических навыков по производству линейно-угловых измерений, тахеометрической съемки местности и нивелированию.

Курс лабораторных заданий состоит из четырех блоков:

1. изучение устройства геодезических приборов и выполнение поверок;
2. освоение методов измерения горизонтальных углов способом приемов и способом круговых приемов;
3. выполнение тахеометрической съемки;
4. выполнение геометрического нивелирования.

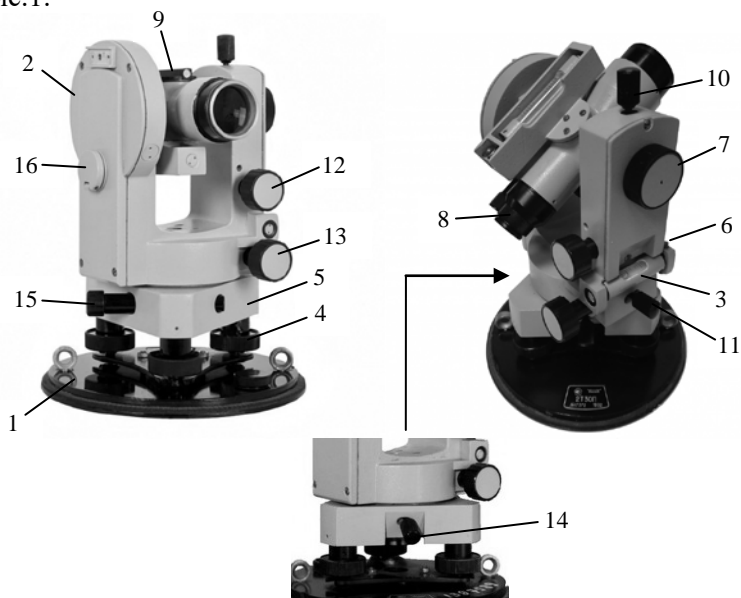
Предложенные лабораторные работы расширяют и углубляют теоретические знания, прививают навыки самостоятельного выполнения необходимых топографо-геодезических измерений. Предшествующие каждой лабораторной работе теоретические положения дополняют практический материал и способствуют более глубокому усвоению программы обучения.

1. УСТРОЙСТВО ОСНОВНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

1.1. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА ТИПА 2Т30

Теодолит – это прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний с помощью нитяного дальномера и дальномерной рейки.

Конструктивные особенности теодолита 2Т30 представлены на рис.1.



1 – дно футляра (является одновременно основанием подставки теодолита, что позволяет упаковывать его, не снимая со штатива); 2 – вертикальный круг; 3 – уровень при алидаде горизонтального круга; 4 – подъемный винт подставки; 5 – подставка; 6 – исправительные (юстировочные) винты цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга; 7 – кремальера; 8 – диоптрийное кольцо окуляра; 9 – коллиматорный визир; 10 – закрепительный винт алидады вертикального круга; 11 – закрепительный винт алидады горизонтального круга; 12 – наводящий винт зрительной трубы в вертикальной плоскости; 13 – наводящий винт зрительной трубы в горизонтальной плоскости; 14 – закрепительный винт горизонтального круга (лимба); 15 – наводящий винт лимба; 16 – зеркало.

Рис.1. Конструктивные особенности теодолита 2Т30

Отсчетное устройство теодолитов типа 2Т30 выполнено в виде шкалового микроскопа. На верхнюю часть поля зрения отсчетного микроскопа, отмеченную буквой «В» (рис. 2), проецируются изображения отсчетной шкалы и лимба вертикального круга, на нижнюю, отмеченную буквой «Г», - изображения шкалы и лимба горизонтального круга. Цена деления лимбов 1° , шкал $5'$. Отсчёты по шкалам производят с точностью до 0,1 цены их деления. Таким образом, точность взятия отсчётов составляет $0,5'$ (или $30''$). Индексами для отсчитывания служат штрихи лимбов, на которые проецируются шкалы. Они же указывают число градусов в отсчёте.

Шкала для вертикального круга имеет два ряда цифр 0 и 6 (со знаками плюс и минус). Верхний ряд используется, когда шкалу пересекает штрих лимба с положительным градусным значением, нижний – когда это значение отрицательно (отсчёт минут в этом случае выполняется справа налево). На рис. 2 отсчет по лимбу горизонтального круга равен $54^{\circ}22,0'$, а вертикального - минус $3^{\circ}24,5'$.

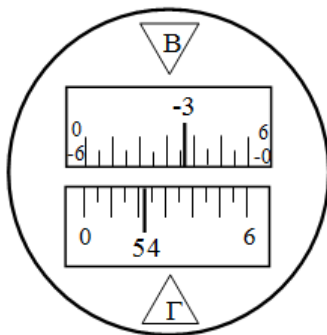
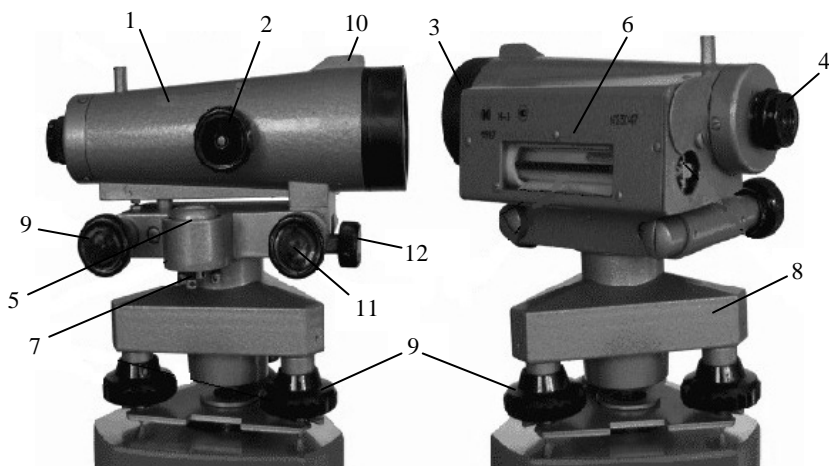


Рис.2. Поле зрения шкалового микроскопа теодолита типа 2Т30

1.2. УСТРОЙСТВО НИВЕЛИРА ТИПА Н-3

Нивелир – это геодезический прибор для нивелирования. Нивелирование является видом геодезических работ, выполняемых с целью определения превышений между точками местности.



1 – металлический корпус; 2 – кремальера; 3 – объектив; 4 – окуляр и окулярное кольцо; 5 – круглый уровень; 6 – коробка с контактным уровнем (оснащен призмочно-линзовой системой передачи концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы); 7 – исправительные винты круглого уровня; 8 – подставка; 9 – подъемные винты подставки; 9 – элевационный винт; 10 – визир; 11 – наводящий винт; 12 – закрепительный винт зрительной трубы.

Рис.3. Конструктивные особенности нивелира типа Н-3

В комплекте с нивелиром идет нивелирная рейка. На обеих сторонах рейки через определенные интервалы нанесены шашечные (сантиметровые) деления. Дециметры подписанные арабскими цифрами, начало каждого дециметра обозначено коротким штрихом. Отсчет по рейке берется в мм – целое четырехзначное число. Первые две цифры – это номер дециметра (считывается с рейки), третья цифра – это количество целых сантиметровых делений от начала дециметра до средней нити, четвертая цифра – миллиметры (оценивают на глаз). На рис.4 отсчет по средней нити сетки нитей равен 1448.

Важно отметить, что отчет берется только при условии, что визирная ось зрительной трубы нивелира горизонтальна. Это условие достигается совмещением концов цилиндрического уровня, видимых в поле зрения зрительной трубы, с помощью элевационного винта.

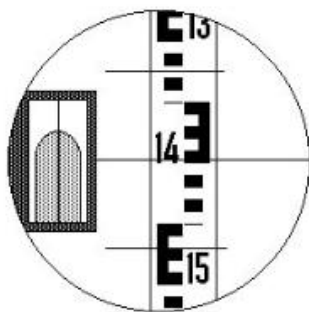


Рис.4. Поле зрения нивелира Н-3

2. ПОДГОТОВКА ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ К РАБОТЕ

Работа с любым геодезическим оборудованием начинается с оценки внешнего состояния прибора.

При внешнем осмотре оптических приборов (теодолита и нивелира) следует обратить внимание на комплектность, отсутствие механических повреждений, нормальное взаимодействие всех подвижных узлов, работу закрепительных и наводящих винтов, подъемных винтов подставки.

Прибор устанавливается на консоль или геодезический столб и закрепляется станковым винтом.

Затем выполняют полную установку прибора в рабочее положение.

Для теодолита таковыми операциями являются центрирование и горизонтирование.

Центрирование теодолита – это совмещение центра лимба горизонтального круга с отвесной линией, проходящей через вершину угла. Оно может быть выполнено с помощью нитяного отвеса.

Центрирование теодолита 2Т30 при использовании отвеса выполняется в следующей последовательности. Выдвигают ножки штатива на расстояние 15-20 см до их упора. Устанавливают штатив над пунктом (точкой стояния) так чтобы его головка штатива была примерно горизонтальна. К подставке прикрепляют отвес. Острие отвеса должно уклоняться от точки стояния не более чем на 2-3 см.

Затем ослабляют становой винт и перемещением теодолита относительно головки штатива точно совмещают острие с точкой стояния, после чего становой винт закрепляют.

Горизонтирование теодолита – это приведение лимба горизонтального круга в горизонтальное положение. Оно осуществляется с помощью цилиндрического уровня и подъемных винтов.

Для осуществления горизонтирования ось уровня при алидаде горизонтального круга устанавливают параллельно двум подъемным винтам, которыми выводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем теодолит поворачивают вокруг вертикальной оси на 90^0 и выводят пузырек в нуль-пункт третьим подъемным винтом. После этого при любом положении горизонтального круга пузырек не должен отклоняться от нуль-пункта более чем на одно деление ампулы.

Приведение нивелира в рабочее положение сводится к грубому горизонтированию с помощью круглого уровня. Кроме того, перед каждым взятием отсчета пузырек цилиндрического уровня обязательно приводят в нуль-пункт.

При выполнении измерений, оси и плоскости прибора должны занимать положение, соответствующее принятой геометрической схеме. Должны быть выдержаны необходимые геометрические соотношения между основными осями прибора. Для того чтобы их оценить и при необходимости исправить выполняют проверки прибора.

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА

Проверка уровня при алидаде горизонтального круга

Ось цилиндрического уровня UU при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси ZZ вращения прибора (рис.5).

Для выполнения проверки ось цилиндрического уровня устанавливают параллельно двум подъемным винтам подставки, которыми выводят пузырек уровня в нуль-пункт (вращение винтов осуществляется в противоположенных направлениях). Затем поворачивают алидаду на 180^0 вокруг вертикальной оси и оценивают смещение пузырька от нуль-пункта.

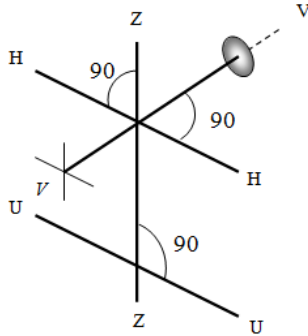


Рис. 5. Основные оси теодолита

Если пузырек отклонился от середины более чем на одно деление ампулы, условие не выполнено. В этом случае половину отклонения устраняя подъёмными винтами, а другую половину - исправительными винтами уровня при помощи шпильки. Операцию выполняют последовательными приближениями.

Проверка установки сетки нитей

Вертикальная нить сетки нитей должна находиться в коллимационной плоскости.

Проверить данное условие можно двумя способами:

1. Наводят вертикальную нить сетки на шнур подвешенного отвеса. Если они совпадают или отклонение составляет не более трех толщин штриха сетки нитей, то условие выполнено. В противном случае сетку разворачивают.

2. Совмещают один из концов горизонтальной нити сетки с хорошо видимой точкой и, вращая теодолит наводящим винтов алидады, перемещают изображение точки до противоположенного его конца. Если точка сходит с нити более, чем на три ширины ее штриха, сетку разворачивают.

Определение коллимационной погрешности

Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси HH ее вращения (рис.6). Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную ошибку C .

Для ее определения необходимо навестись на удаленную точку дважды: раз при круге лево и взять отсчет KL , а затем при

круге право – отсчет *КП*. Лимб в процессе измерений должен оставаться неподвижным. Полученные отсчеты должны отличаться на 180°. Отклонение их разности от 180° равно двойной коллимационной ошибке, т.е. $2C = КЛ - КП \pm 180^\circ$. Так как у теодолитов 2Т30 одностороннее отсчётное приспособление, и возможна ошибка эксцентриситета, необходимо повторить измерения при другом положении лимба, изменив его на 180°. Тогда двойная коллимационная ошибка *2C* вычисляется по формуле:

$$2C = 0,5 \cdot ((КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)) \quad (1)$$

Если коллимационная ошибка превышает двойную точность прибора, наводящим винтом изменяют последний отсчет на величину *C*, в результате визирная цель сместится с биссектора. Перемещением сетки нитей боковыми юстировочными винтами цель возвращают в исходное положение.

Пример определения коллимационной погрешности приведен в табл.1.

Таблица 1

Определение коллимационной погрешности теодолита 2Т30

№п/п	Отсчёт по горизонтальному кругу (° ')		2С	Примечание
	КЛ	КП		
1	175 49.5	355 51.5	-2.2	2С _{ср} = -1.7' С = - 0,8' 0,8 < 1; в юстировке необходимости нет
	355 45.0	175 47.5		
2	65 27.0	245 28.0	-1,2	
	245 26.5	65 28.0		

Определение места нуля вертикального круга

Местом нуля (*МО*) вертикального круга называется отсчет по вертикальному кругу, при условии, что визирная ось расположена горизонтально, а пузырёк уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте.

Для определения места нуля необходимо навестись на удаленную точку при двух положениях вертикального круга КЛ и КП и после каждого наведения взять отсчеты. Формула для

вычисления МО теодолита приводится в паспорте прибора. Для теодолита 2Т30 МО вычисляется по формуле (2).

$$MO = 0,5 \cdot (KL + KP) \quad (2)$$

Результаты измерений записывают в табл.2.

Таблица 2

Определение места нуля вертикального круга

Номер точки визирования	Отсчёты по вертикальному кругу (° ')		Значение МО
	КЛ	КП	
1	-2 47,0	+2 48,0	+ 0 00,5

2.2. ОСНОВНЫЕ ПОВЕРКИ НИВЕЛИРА

Проверка круглого уровня нивелира

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Проверка выполняется в следующей последовательности. Круглый уровень устанавливается между двумя подъемными винтами подставки, которыми выводят пузырек в центр (верхнее или нижнее положение относительно наблюдателя). Третьим подъемным винтом выводят пузырек в нуль-пункт. Затем поворачивают нивелир на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек остается в нуль-пункте, условие выполнено. Если пузырек сместился, с помощью юстировочных винтов уровня перемещают пузырек к центру на первую половину дуги отклонения, на вторую половину – подъемными винтами, и проверку повторяют.

Проверка установки сетки нитей

Проверку выполняют по аналогии с теодолитом.

Проверка главного геометрического условия

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Данную проверку выполняют двойным измерением одного и того же превышения с разных точек стояния прибора. В геодезической аудитории первоначально нивелир устанавливается на геодезический столб (консоль) строго посередине между двумя

рейками (расположение нивелира в створе обязательно). Производят визирование на черную сторону задней рейки, берут отсчет в миллиметрах (прибор должен быть приведен в рабочее положение, а его ось визирования должна располагаться в горизонтальной плоскости) и записывают его в журнал измерений (табл.3).

Далее берут отсчет по черной стороне передней рейки и вычисляют превышение по формуле (3).

$$h = 3 - П \quad (3)$$

С целью контроля высоту нивелира изменяют и описанные выше действия повторяют.

Из двух полученных превышений вычисляют среднее арифметическое.

Второй этап поверки выполняют при положении нивелира вблизи одной из реек. Для этого нивелир переносят и, вновь выполняют перечисленные выше действия.

Разность между средними превышениями, которые получены из середины и с краю, не должна превышать 4 мм.

Таблица 3

Поверка главного геометрического условия

Положение нивелира	Рейка	Отсчеты, мм		h_{cp} , мм
		1 полуприем	2 полуприем	
На середине	З	1400	1148	
	П	1715	1465	
	h	-315	-317	-316
С краю	З	1470	1747	
	П	1154	1429	
	h	-316	-318	-317

Результаты выполненных поверок должны быть приведены в отчете о лабораторной работе. При оформлении отчета обязательно указывать тип прибора и его заводской номер.

3. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Данный вид работ выполняется бригадой, состоящей из двух человек. Бригаде необходимо произвести измерения горизонтального угла одним полным приемом, а также определить направления на визирные цели способом круговых приемов.

3.1. СПОСОБ ПРИЕМОМ

Данный способ применяют для измерения отдельного угла (рис.5).

Работа начинается с установки теодолита над вершиной измеряемого угла (пунктом C). На других точках (A и B) устанавливают визирные цели.

Перед производством измерений горизонтального угла, теодолит необходимо привести в рабочее положение (произвести центрирование и горизонтирование прибора).

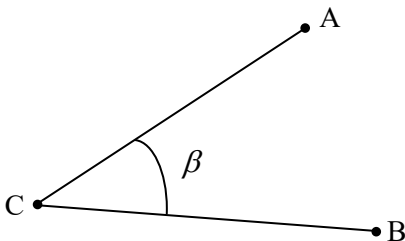


Рис. 5. Схема измерения угла способом приемов

Работа с теодолитом проводится в лаборатории кафедры инженерной геодезии Горного университета, которая оборудована консолями для установки приборов. Поэтому в процессе выполнения измерений центрирование не выполняется. В качестве визирных целей используются стенные марки.

Наблюдения на станции выполняют в следующей последовательности:

1. Поворачивая алидаду относительно лимба при «круге лево» устанавливают отсчет близкий к 0° и закрепительный винт алидады закрепляют;

2. Наводят зрительную трубу на одну из визирных целей (левую), закрепительные винты лимба и зрительной трубы закрепляют и, действуя попеременно окулярным кольцом и фокусирующим винтом, добиваются резкого изображения сетки нитей и визирной цели (наводят трубу по глазу и по предмету). Проверяют наведение зрительной трубы на визирную цель (при необходимости вращением наводящих винтов точно наводят перекрестье сетки нитей на цель) и берут отсчет (1) по горизонтальному кругу. Отсчет записывают в журнал измерений (табл.4);

3. Открепляют закрепительные винты алидады и зрительной трубы, вращают теодолит по ходу часовой стрелки и наводят трубу на вторую визирную цель (правую) и берут отсчет (2). Отсчет записывают в журнал измерений. Указанные действия составляют первый полуприем;

4. Переводят теодолит в положение при «круге право», и вращая его против хода часовой стрелки, последовательно визируют зрительную трубу в обратном порядке, т.е. сначала на правую, а затем на левую визирные цели. После каждого наведения берут отсчеты (3) и (4) по горизонтальному кругу. Указанные действия составляют второй полуприем. После чего приступают к вычислению угла.

Таблица 4

Журнал измерения горизонтального угла способом приемов

Точки визирования	Круг	Отсчеты о' "	Горизонтальный угол	Среднее значение
А	КЛ	0 03.5 (1)	32 11.5	32 11.8
В		32 15.0 (2)		
А	КП	180 04.0 (3)	32 12.0	
В		212 16.0 (4)		

При обработке наблюдений значение измеренного горизонтального угла вычисляют как разность отсчетов на правую и левую визирные цели, получая левый угол β . Если от отсчета на

левую визирную цель вычитать отсчет на правую, получают правый угол β' . В любом случае получаем два значения угла, которые при измерении теодолитом 2Т30 не должны отличаться более чем на $1'$ (полевого контроль, выполняемый на точке стояния сразу после измерений). Среднее значение вычисляют с точностью до $0.1'$, округление выполняется в сторону четной цифры.

3.2. СПОСОБ КРУГОВЫХ ПРИЕМОМ С ЗАМЫКАНИЕМ ГОРИЗОНТА

В данном способе измеряют не углы, а направления. Угол получают как разность двух направлений. Суть способа заключается в последовательном наведении зрительной трубы теодолита на визирные цели, фиксирующие измеряемые направления 1, 2, 3 (рис. 6). Измерения выполняют при двух положениях вертикального круга. В каждом полуприеме наблюдения начинают и заканчивают на выбранном начальном направлении (замыкают горизонт), причем в первом полуприеме алидаду вращают по ходу часовой стрелки, а во втором - в обратном направлении.

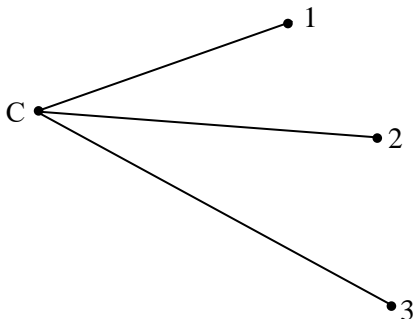


Рис. 6. Схема измерения угла способом круговых приемов

Наблюдения выполняют в следующей последовательности:

1. При круге лево на лимбе устанавливают отсчет близкий к 0° , закрепляют алидаду и, вращая лимб, наводят зрительную трубу теодолита на визирную цель выбранного начального направления (пункт 1). Берут отсчет по горизонтальному кругу и записывают в журнал измерений (табл.5).

2. Поворачивая алидаду по ходу часовой стрелке, последовательно наводят зрительную трубу на наблюдаемые пункты и берут отсчеты по горизонтально кругу. Отсчеты записывают в журнал (табл.5). Значения, полученные при визировании на начальное направление, должны быть равны (полевым контролем). Разность между ними (незамыкание горизонта) не должна быть больше 1' при измерении техническим теодолитом. Указанные действия составляют первый полуприем.

3. Переводят зрительную трубу через зенит и выполняют наблюдения при круге право, аналогично первому полуприему, но вращением алидады в противоположном направлении, т.е. против хода часовой стрелки.

Таблица 5

Журнал измерения углов круговыми приемами

Название	Круг	Отсчеты (° ')	Средние направления	Исправленные направления	Приведенные направления
1	КЛ	0 02.0	0 02.5	0 02.5	0 00.0
	КП	180 03.0			
2	КЛ	278 12.5	+0.2	278 13.0	278 10.5
	КП	98 13.0	278 12.8		
3	КЛ	322 13.5	+0.3	322 14.1	322 11.6
	КП	142 14.0	322 13.8		
1	КЛ	0 01.5	0 02.0	$\omega = -0.5'$	
	КП	180 02.5			

Далее приступают к обработке наблюдений. Вычисляют замыкание горизонта. Если замыкание горизонта в допуске, вычисляют средние из отсчетов (при этом усредняют только минуты, а градусы берут из первого полуприема) и по средним на начальное направление вычисляют замыкание горизонта ω . Затем в средние направления вводят поправки Δ , которые вычисляют по формуле:

$$\Delta_i = (i - 1)\omega / n \quad (4)$$

где i – порядковый номер направления, а n – их число.

В заключение направления приводят к общему нулю, вычитая из каждого начальное.

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тахеометрическую съемку выполняют с целью составления топографического плана небольшого участка местности. Съемку выполняют с точек опорной геодезической сети, расположенных на участке, и точек съемочного обоснования.

Для того чтобы создать план, нужно знать положение характерных точек контуров и объектов местности (съемочных пикетов) относительно точек съемочного обоснования и опорной геодезической сети. Устанавливают это положение в результате линейных и угловых измерений, выполняемых на местности. Для определения планового положения съемочных пикетов измеряют горизонтальные углы и длины сторон. Высоты пикетов определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях вертикального круга.

4.2. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ ПРИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Полевые работы включают рекогносцировку участка местности, проложение тахеометрического хода, съемку ситуации и рельефа.

Рекогносцировку проводят с целью изучения участка местности, отыскания пунктов опорной геодезической сети и выбора мест расположения точек съемочного обоснования. Закрепляют эти точки временными центрами в местах, наиболее благоприятных для съемки.

В процессе проложения тахеометрического хода на каждой его вершине следует измерять горизонтальный и вертикальный углы, расстояния, высоту прибора и визирования. После приступают к съемке участка местности.

В рамках данной лабораторной работы бригаде, состоящей из двух человек, необходимо выполнить съемку характерных точек. В качестве инструментов и оборудования применяются: теодолит

2Т30, четыре нивелирные рейки, установленные в геодезической аудитории. Формой отчетности является журнал с результатами измерений, выполненный на листе бумаги формата А4.

Наблюдения на станции при тахеометрической съемке выполняют в следующей последовательности:

1. Устанавливают теодолит в рабочее положение над точкой съемочного обоснования (центрируют и горизонтируют прибор), измеряют высоту прибора i (с точностью до см) с помощью рулетки и записывают в журнал измерений (табл.6).

2. При круге лево наводят зрительную трубу на заднюю точку тахеометрического хода, на которой установлена рейка, и берут отсчет по вертикальному кругу. Переводят трубу через зенит, направляют зрительную трубу на рейку и берут отсчет по вертикальному кругу при КП. Далее вычисляют место нуля (МО) вертикального круга. Отсчеты и значения записывают в журнал измерений.

3. Выполняют ориентирование прибора. Его цель выставить нулевой отсчет на лимбе на начальное направление. Для этого поворачивают алидаду относительно лимба и при «круге лево» устанавливают отсчет близкий к 0° , закрепительный винт алидады закрепляют. Открепляют закрепительный винт лимба, вращают прибор вокруг вертикальной оси вращения и наводят зрительную трубу на начальное направление. Закрепительный винт лимба и зрительную трубу закрепляют, добиваются резкого изображения сетки нитей и визирной цели, берут отсчет по горизонтальному кругу при КЛ. Отсчет записывают в журнал измерений.

4. Приступают к съемке характерных точек ситуации и рельефа. На съемочные (реечные) пикеты устанавливают рейку. При КЛ, вращая алидаду, последовательно наводят зрительную трубу на реечные пикеты. Наводятся на первую цель и берут отсчеты по горизонтальному (3) и вертикальному кругам (4). Отсчеты записывают в журнал.

5. Вращая наводящий винт зрительной трубы, наводят среднюю горизонтальную нить сетки нитей на определенное место на рейке (например: 2, 2,5 м или 3 м), высоту визирования (8) записывают в журнал измерений.

Далее вычисляют превышение. Вид формулы зависит от того, какое расстояние измерено. При наклонном расстоянии:

$$h' = 0,5 \cdot D' \cdot \sin 2v \quad (7)$$

При горизонтальном расстоянии:

$$h = h' + i - v \quad (8)$$

Высоту пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_{cm} + h \quad (9)$$

На каждой станции одновременно с заполнением журнала составляется абрис – схематический чертеж, на котором зарисованы положения реечных пикетов с указанием их номеров. Контур ситуации и снимаемые объекты обозначают условными знаками или надписями. По результатам тахеометрической съемки строят план местности.

5. НИВЕЛИРОВАНИЕ

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Нивелирование – процесс определения превышений между точками местности. Зная превышение между двумя точками и высоту одной из них, можно определить высоту другой. По способам выполнения и применяемым приборам различают следующие виды нивелирования: геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и барометрическое.

При геометрическом нивелировании превышения определяют горизонтальным лучом, при тригонометрическом – наклонным лучом. Барометрическое нивелирование основано на зависимости между высотой точки над уровнем моря и атмосферным давлением. В основу гидростатического нивелирования положен закон поведения жидкости в сообщающихся сосудах.

5.2. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ И ЕГО ВИДЫ

При данном виде нивелирования измерения превышения между двумя точками выполняют с помощью горизонтального визирного луча, создаваемого геодезическим прибором – нивелиром, и отвесно установленных на этих точках реек.

Существует два вида геометрического нивелирования: из середины и вперед (рис.7).

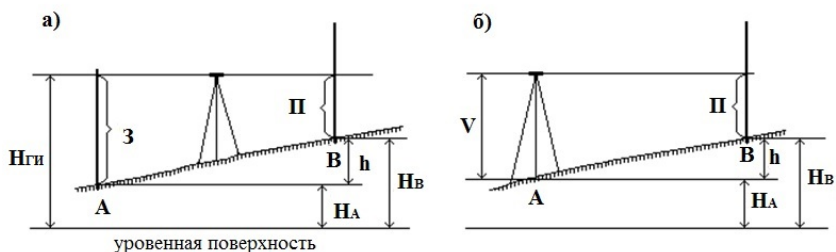


Рис.7. Схемы геометрического нивелирования: а - из середины, б - вперед

При нивелировании из середины для определения превышения между двумя точками A и B (рис.7а), нивелир располагается между ними, но не обязательно в створе. Место установки нивелира называют станцией, а расстояние от станции до точки – плечом. В данном виде нивелирования плечи должны быть равны, их длину ограничивают инструкцией [5]. Рейку установленную над точкой A , условно называют задней, над точкой B – передней. В точках пересечения визирного луча с рейками берут отсчеты $З$ и $П$ в мм. Превышение h получается как разность между отсчетами по задней $З$ и передней $П$ рейкам:

$$h = 3 - П \quad (10)$$

Если высота задней точки N_A известна, то

$$N_B = N_A + h. \quad (11)$$

При нивелировании вперед нивелир размещают таким образом, чтобы окуляр зрительной трубы находился над задней точкой (рис.7б), а на передней устанавливается рейка и берется

отсчет Π . Рулеткой измеряют высоту визирного луча V над точкой A – высота нивелира. Превышение h вычисляют по формуле:

$$h = V - \Pi \quad (12)$$

Для того чтобы определить высоту точки, например D , расположенной на удалении (в нескольких километрах) от точки A с известной высотой, необходимо выполнить последовательное нивелирование на разных станциях. Для этого последовательно передают высоту до тех пор, пока рейка не окажется на определяемой точке.

$$H_D = H_A + \Sigma h \quad (13)$$

Последовательное нивелирование называют нивелирным ходом.

5.3. ПРОЛОЖЕНИЕ ЗАМКНУТОГО НИВЕЛИРНОГО ХОДА

Лабораторная работа выполняется бригадой, состоящей из двух студентов, и заключается в проложении замкнутого нивелирного хода, состоящего из 3 станций. В качестве инструментов и оборудования используется нивелир Н-3 и четыре нивелирные рейки, установленные в геодезической аудитории. Формой отчетности является журнал с результатами измерений, выполненный на листе бумаги формата А4.

Наблюдения на станции технического нивелирования выполняют в следующей последовательности:

1. Нивелир устанавливается на консоль примерно посередине между двумя рейками. Вращением трех подъемных винтов нивелир приводят в рабочее положение. Прибор считается приведенным в рабочее положение, если пузырек круглого уровня расположен в нуль-пункте.

2. Зрительную трубу наводят на заднюю рейку. Для грубого визирования используют мушку, расположенную на корпусе зрительной трубы. Окулярным кольцом и фокусирующим винтом (кремальерой) добиваются резкого изображения сетки нитей и рейки. Закрепительный винт зрительной трубы закрепляют и точно наводят на рейку, используя наводящий винт.

3. Вращают элевационный винт и совмещают концы пузырька цилиндрического уровня, видимые в поле зрения трубы нивелира (рис.4). Берут отсчет по средней нити по черной стороне рейке и записывают его в журнал измерений (табл.7);

4. Открепляют закрепительный винт зрительной трубы, вращают нивелир и наводят трубу на другую рейку (переднюю). Повторяют действия, описанные в пункте 3. Отсчет по черной стороне рейки записывают в журнал.

5. Переходят на следующую станцию и повторяют действия, описанные в пунктах 1-4. Ход заканчивают на исходной точке, с которой начинали измерения.

Таблица 7

Журнал технического нивелирования

№ станции	№ реек	Отсчеты, мм		Превышение, мм		Н, м
		З	П	h	$h_{исп}$	
1	I	1143		⁻¹		4,444
	III		1250	-107	-108	4,336
2	III	1254		⁻¹		4,336
	IV		1267	-13	-14	4,322
3	IV	1260		⁻²		4,322
	I		1136	+124	+122	4,444
				$\sum h = +4$	$\sum h_{исп} = 0$	

После приступают к обработке журнала технического нивелирования. Начинают ее с вычисления превышений по формуле (10).

Далее вычисляют сумму превышений с учетом знаков. После вычисляют фактическую невязку хода по формуле:

$$f_h = \sum h - (H_K - H_H) \quad (14)$$

где H_K и H_H – высота начальной и конечной точек хода. А т.к. нивелирный ход замкнутый:

$$f_h = \sum h. \quad (15)$$

Фактическую невязку сравнивают с допустимой, которую вычисляют по формуле:

$$f_{h_{\text{доп}}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}} \quad (16)$$

где $L_{\text{км}}$ – длина хода в км.

Если $f_h \leq f_{h_{\text{доп}}}$, то невязку распределяют, т.е. вводят поправки в превышения h и вычисляют исправленные превышения $h_{\text{исп}}$. Сумма исправленных превышений должна равняться нулю.

Вычисляют высоту точек по формуле:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{исп}} \quad (17)$$

где $H_{\text{посл}}$ – высота последующей точки, $H_{\text{пред}}$ – высота предыдущей точки.

6. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ НИТЯНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Дальномеры – это приборы для определения расстояния между двумя точками. По принципу действия их можно разделить на две группы: оптические дальномеры и дальномеры, основанные на использовании электромагнитных волн (светодальномеры и радиодальномеры). Типичным представителем первой группы является нитяной дальномер, который присутствует в конструкции теодолита 2ТЗ0 и нивелира Н-3.

Для измерения длины отрезка местности на одном его конце устанавливают теодолит (нивелир), на другом рейку. Рейка должна располагаться отвесно, а зрительная труба используемого прибора горизонтальна.

В аудиторных условиях прибор устанавливается на консоль или геодезический столб, рейки – на специальные подставки.

Прибор приводят в рабочее положение и визируют на рейку. Если для измерения расстояния используется теодолит, то для приведения визирной оси зрительной трубы в горизонтальное положение на вертикальном круге устанавливается отсчет, равный МО.

Для измерения расстояния от теодолита (нивелира) до рейки после наведения зрительной трубы на рейку берутся два отсчета с

точностью до 1 мм: по верхней L_1 и нижней L_2 дальномерным нитям. Расстояние вычисляется в метрах по формуле:

$$L = |(L_1 - L_2)| \cdot k / 1000 \quad (18)$$

где k – коэффициент нитяного дальномера равен 100.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Головин Г.А.* Геодезия. Топография. Съёмки местности: Лабораторный практикум / *Г.А. Головин, Ю.Н. Корнилов.* СПб.: Издательство Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2012. 45 с.
2. *Гиршберг М.А.* Геодезия: учебник / *М.А. Гиршберг.* М.: ИНФРА-М, 2017. 384 с.
3. *Кравченко Ю.А.* Геодезия: учебник / *Ю.А. Кравченко.* М.: ИНФРА-М, 2018. 344 с.
4. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс: учеб. / *М.Я. Брынь [и др.].* СПб: Издательство «Лань», 2015. 288 с.
5. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: Картогеоцентр-Геодезиздат, 2004. 226 с.
6. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1985. 152 с.
7. *Корнилов Ю.Н.* Геодезия. Топографические съёмки: Учебное пособие / *Ю.Н. Корнилов.* СПб.: Издательство Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2012. 145 с.
8. *Головин Г.А.* Топография. Нивелирование: Лабораторный практикум / *Г.А. Головин, Ю.Н. Корнилов.* СПб: Издательство Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2012. 41 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Устройство основных геодезических приборов.....	4
1.1. Устройство теодолита типа 2Т30.....	4
1.2. Устройство нивелира типа Н-3.....	5
2. Подготовка приборов и оборудования к работе.....	7
2.1. Основные поверки теодолита.....	8
2.2. Основные поверки нивелира.....	11
3. Способы измерения горизонтальных углов.....	13
3.1. Способ приемов.....	13
3.2. Способ круговых приемов с замыканием горизонта.....	15
4. Тахеометрическая съемка.....	17
4.1. Общие сведения.....	17
4.2. Полевые работы при тахеометрической съемке.....	17
5. Нивелирование.....	20
5.1. Общие сведения.....	20
5.2. Геометрическое нивелирование и его виды.....	21
5.3. Проложение замкнутого нивелирного хода.....	22
6. Измерение расстояний с помощью нитяного дальномера....	24
Библиографический список.....	25