

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 11.09.2023 17:42:45

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f584004c0a1e9a

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине

Инженерное обеспечение строительства (геодезия)

для студентов очной формы обучения

Направление подготовки

Профиль

08.03.01 Строительство

Строительство зданий и сооружений

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)» рассмотрены и утверждены на заседании кафедры строительства протокол № ____ «____» _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой строительства
к.т.н, доцент

подпись

Щитов Д.В.

Содержание

Введение.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.....	8
Тема: Устройство технических теодолитов.....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.....	16
Тема: Измерение горизонтальных углов (теодолитами ТЗ0, 2ТЗ0).....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.....	22
Тема: Устройство технических нивелиров.....	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.....	29
Тема: Измерение превышения на станции при техническом нивелировании. Постраничный контроль.....	29

Введение

Геодезия – одна из древнейших наук. Слово «геодезия» образовано из двух слов – «земля» и «разделяю», а сама наука возникла как результат практической деятельности человека по установлению границ земельных участков, строительству оросительных каналов, осушению земель. Современная геодезия – многогранная наука, решающая сложные научные и практические задачи. Это наука об определении формы и размеров Земли, об измерениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах, а также для создания различных инженерных сооружений. Задачи геодезии решаются на основе измерений, выполняемых геодезическими инструментами и приборами. В геодезии используют положения математики, физики, астрономии, картографии, географии и других научных дисциплин. Геодезия подразделяется на высшую геодезию, геодезию, космическую и спутниковую геодезию, радиогеодезию, картографию и топографию, фотограмметрию и инженерную (прикладную) геодезию. Каждый из этих разделов имеет свой предмет изучения, свои задачи и методы их решения, т.е. является самостоятельной научно-технической дисциплиной.

Несмотря на многообразие инженерных сооружений, при их проектировании и возведении решаются следующие общие задачи: получение геодезических данных при разработке проектов строительства сооружений (инженерно-геодезические изыскания); определение на местности основных осей и границ сооружений в соответствии с проектом строительства (разбивочные работы); обеспечение в процессе строительства геометрических форм и размеров элементов сооружения в соответствии с его проектом, геометрических условий установки и наладки технологического оборудования; определение отклонений геометрической формы и размеров возведенного сооружения от проектных (исполнительные съемки); изучение деформаций (смещений) земной поверхности под сооружением, самого сооружения или его частей под воздействием природных факторов и в результате действия человека.

Методические указания разработаны для студентов очной и заочной формы обучения.

Основные требования техники безопасности, охраны природы и окружающей среды.

В процессе прохождения учебной геодезической практики студенты обязаны строго соблюдать правила безопасности, санитарии и личной гигиены, требования к охране природы и окружающей среды. К основным из них относятся следующие:

а) Все приборы и инструменты до начала работы должны быть тщательно осмотрены. Ручки или ремни ящиков и футляров приборов и штативов должны быть прочно прикреплены. Топоры и молотки должны быть плотно насажены на рукоятки с расклиниванием их металлическими клиньями. Деревянные рукоятки не должны иметь трещин и заусениц.

б) Вехи и штативы следует переносить, держа их острыми концами вниз; при этом раздвижные ножки штативов должны быть надежно закреплены. Во избежание повреждения ног нельзя носить за спиной геодезические приборы на штативах. Топоры разрешено переносить только в чехлах; при работе с топором в радиусе взмаха топора не должны находиться люди.

в) Запрещается перебрасывать друг другу вешки и шпильки. Во избежание пореза рук краями полотна стальной рулетки или мерной ленты разматывать и сматывать их надо двум студентам одновременно. Складные и раздвижные рейки должны иметь исправные винты в местах скрепления; для исключения случайного складывания рейки при работе стопор должен быть надёжно закреплён.

г) При выполнении измерений вдоль дорог работающим с приборами нельзя размещаться на проезжей части дорог. Предупреждение о приближении транспорта подаётся условным сигналом. Во время перерывов в работе запрещается оставлять приборы вблизи дороги. При переходах с приборами следует передвигаться по левой стороне дороги навстречу движению транспорта.

д) Во время работы с лазерными приборами запрещается осуществлять визуальный контроль попадания луча в отражатель в момент генерализации излучения, направлять луч лазера на глаза человека или другие части тела, наводить лазерный луч на сильно отражающие предметы. При работе со светодальномером во избежание облучающего воздействия высокой

частоты и других травмирующих факторов запрещается касаться руками неизолированных проводов, определять величину генерируемой мощности по тепловому эффекту на руку, проводить какой-либо ремонт (менять лампы, отдельные узлы и детали), работать на неисправной аппаратуре.

ж) В солнечные дни работа в поле без головного убора не допускается.

В наиболее жаркие часы дня (при температуре выше 25°C) работа должна быть прервана и перенесена на более прохладное утреннее и вечернее время.

Запрещается работать босиком; в сухую погоду следует использовать лёгкую удобную обувь с прочной подошвой. Одежда должна быть свободной, удобной для работы и соответствовать погоде. Во избежание простудных заболеваний нельзя садиться или ложиться на сырую землю и траву. Запрещается пить воду из случайных источников; нельзя пить холодную воду или прохладительные напитки, будучи потным или разгоряченным. При приближении грозы полевые работы должны быть прекращены. Во время грозы не разрешается укрываться под высокими деревьями и находиться вблизи столбов, мачт, громоотводов, труб и т.д. При несчастных случаях пострадавшему должна быть оказана первая медицинская помощь, после чего его следует направить в ближайший медпункт или вызвать скорую медицинскую помощь.

з) Студенты, страдающие тяжёлыми хроническими заболеваниями или находящиеся в болезненном состоянии, к полевым работам не допускаются.

и) При производстве полевых работ следует исключать случаи нанесения ущерба природе и окружающей среде. Прокладку съёмочных ходов надо выполнять вдоль дорог и троп, располагая опорные точки в местах отсутствия лесонасаждений и посевов сельскохозяйственных культур. Запрещается топтать и портить посевы и зелёные насаждения, оставлять забитые выше поверхности земли колья на пашне, лугах и проезжей части дорог. После завершения полевых работ все колышки должны быть извлечены из земли и сданы в геокамеру.

к) Категорически запрещается разведение костров в лесопосадках и вблизи спелых посевов, курить в сухом лесу или на участках с засохшей травой. При обнаружении очага пожара вблизи места работы студенты обязаны немедленно сообщить о пожаре в органы пожарной охраны и принять меры по быстрой его ликвидации.

л) Запрещается засорять водоемы и территорию полигона: бумага, целлофановые пакеты, бутылки, остатки пищи и т.п. должны собираться и складываться в специально отведенных местах.

Правила обращения с геодезическими приборами.

Геодезические приборы являются точными и сложными приборами.

Они требуют бережного обращения и тщательного ухода. Последнее обеспечивает хорошее качество измерений и увеличивает срок эксплуатации приборов. В особой степени это относится к электромагнитным приборам (светодальномерам и электронным тахеометрам).

Перед началом работы с новым прибором необходимо внимательно изучить его конструкцию, особенности эксплуатации и основные правила ухода и хранения.

Полученные бригадой геодезические приборы и принадлежности должны быть тщательно осмотрены, в результате чего устанавливается пригодность их к работе.

В первую очередь следует обратить внимание на комплектность прибора, состояние его упаковки и произвести общий осмотр прибора.

Прибор должен свободно, без усилий выниматься и укладываться в упаковочный ящик или футляр; при правильной укладке прибор в ящике должен быть неподвижным. В руках прибор удерживают за его подставку или колонку.

Для осмотра прибор устанавливают на штатив и прикрепляют к головке станковым винтом. Вначале следует убедиться в отсутствии механических повреждений металлических и стеклянных деталей прибора, произвести проверку и регулировку его металлических деталей, обратив внимание на состояние и работу всех винтов прибора, на плавность вращения его отдельных частей, проверить чистоту поля зрения трубы и отсчетного микроскопа, четкость изображения сетки нитей и шкал отсчетного устройства.

Ножки штатива должны быть надёжно скреплены с головкой штатива, а металлические наконечники должны плотно прилегать к заостренным концам ножек штатива.

При осмотре ленты ее полностью разматывают; при этом один член бригады вращает кольцо, на которое намотана лента, а второй медленно тянет ленту вперед, постепенно отходя от первого до полного разматывания ленты. При осмотре ленты проверяют, не имеет ли она трещин или надломов, производят её компарирование.

После осмотра прибора необходимо выполнить его поверку, соблюдая при этом определенную последовательность, которая обеспечивала бы неизменность проделанных ранее исправлений. При юстировках необходимо осторожно обращаться с исправительными винтами, чтобы не нарушить их нарезку. Если исправительные винты имеют встречные винты, то перед завинчиванием исправительного винта следует ослабить соответствующий встречный винт. Обнаруженные неисправности приборов могут быть устранены студентами в присутствии преподавателя только в том случае, если для этого не требуется разборка прибора либо его отдельного узла. Ремонт приборов должен производиться опытным мастером в специальной мастерской.

При установке прибора в рабочее положение необходимо следить, чтобы головка штатива была примерно горизонтальна, а подъемные и наводящие винты находились в среднем положении, т.е. имели достаточный запас хода в любую сторону.

Повороты прибора вокруг его осей при наведении на цели грубо выполняют от руки, а точную наводку после завинчивания зажимных винтов осуществляют наводящими винтами, работая ими на ввинчивание.

Следует избегать чрезмерного завинчивания станowego и зажимных винтов.

Не допускается оставлять прибор на штативе незакрепленным станowym винтом даже на короткое время.

При небольших расстояниях между станциями прибор можно переносить на штативе, предварительно закрепив все его подвижные части. Во время небольших перерывов в работе разрешается оставлять прибор на штативе, накрыв его чехлом из мягкого материала.

Необходимо предохранять приборы от ударов, сотрясений и попадания влаги. Во время наблюдений прибор должен быть защищён от солнечных лучей и атмосферных осадков с помощью полевого зонта.

По окончании работы перед укладкой прибора в ящик следует очистить мягкой кистью все его части от пыли.

Наружную поверхность стеклянных деталей протирают рисовой папиросной бумагой или салфеткой из льняной либо тонкой хлопчатобумажной ткани. Жирные пятна с линз удаляются чистой ватой, смоченной спиртом.

При необходимости внутренние трущиеся части смазываются костяным маслом.

Следует соблюдать особую осторожность при работе со светодальномерами и электронными тахеометрами в сырую погоду и надёжно предохранять от попадания влаги в электрические узлы и блоки приборов.

Если прибор отсырел. Категорически запрещается протирать узлы и детали тряпкой; его надо просушить.

Рейки надо оберегать от сырости и не допускать порчи окраски. Во время перерывов в работе рейки укладывают на ровной поверхности, чтобы избежать прогиба. При переноске рейку следует держать ребром на плече. Стальная пятка рейки должна быть всегда чистой и сухой. Хранить рейки следует в вертикальном положении в специальных стойках.

Вешки и рейки нельзя бросать на землю, а также использовать для перенесения тяжестей и в качестве подставки для сидения. Рейки необходимо раздвигать непосредственно перед началом работы, а складывать после её окончания.

Мерные ленты надо разворачивать осторожно, чтобы избежать их закручивания и образования петель, ведущих к полному полотну. Мерную ленту при разматывании не следует спускать с кольца. Нельзя оставлять ленту на проезжей части дороги. При измерении длин ленту следует переносить вдвоём на весу, держа её за оба конца, не допускать резких рывков при натяжении и изгибов полотна. По окончании работы ленту (рулетку) и шпильки необходимо протереть сухой, а затем промасленной тряпкой.

После окончания практики все приборы, инструменты и принадлежности должны быть тщательно вычищены, упакованы в соответствующие футляры или ящики; в футляр (ящик) вкладывается записка, в которой указывают обнаруженные дефекты прибора, недостающие части и принадлежности.

В случае повреждения прибора бригадир совместно с руководителем практики составляют акт установленной формы с указанием перечня поломок, причин повреждений и фамилий виновных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

Тема: Устройство технических теодолитов

Цель работы: изучить устройство технических теодолитов типа 4Т-30П и научиться выполнять их поверки и юстировки, приобрести практические навыки при работе с теодолитом, уметь выполнять измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний с помощью нитяного дальномера и определять превышения методом тригонометрического нивелирования.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции ОПК-4; ОПК-5 или их части:

Код	Формулировка:
ОПК-4	способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства
ОПК-5	способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства

- основные понятия и терминологию, связанную с методикой выполнения геодезических работ при выполнении инженерных изысканий и сопровождения строительства, обустройства и охраны водных объектов;

- основные принципы ведения геодезических работ;
- навыками работы с геодезическими приборами;
- пользования нормативно-технической документацией, применяемой в строительстве;
- методами и средствами инженерной геодезии.

Теоретическая часть

1. Назначение теодолита

При составлении карт, планов и профилей на местности приходится измерять горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения между точками. При выносе запроектированных сооружений на местность и при строительстве их нужно уметь построить на местности заданные горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения.

Горизонтальные и вертикальные углы можно построить и измерить при помощи теодолита. Теодолитом можно также измерять расстояния, используя нитяной дальномер, и превышения, если на трубе теодолита имеется высокоточный цилиндрический уровень.

Но все-таки главное назначение теодолита – измерение и построение на местности горизонтальных и вертикальных углов.

Устройство теодолита и работу с ним необходимо знать инженеру-строителю, кадастровому инженеру.

Поэтому ниже в указаниях приводятся сведения об устройстве теодолита (например, **4Т-30П**), его поверках и юстировках, и методике измерения горизонтальных и вертикальных углов.

2. Устройство теодолита.

Теодолиты бывают:

- высокоточные – Т1;
- точные – Т2 и Т5;
- технической точности – Т15, Т30, 2Т-30, 4Т-30П и др.

Т обозначает теодолит, а цифра – точность измерения углов, выраженную в секундах.

Мы будем изучать теодолит технической точности **4Т-30П**.

Здесь: **4** – модификация теодолита, **П** – обозначает, что труба теодолита дает прямое изображение.

Изучив теодолит 4Т-30П, Вы сможете работать и с теодолитом 2Т-30, а в принципе и с теодолитами других марок технической точности.

Теодолит 4-30П – это сложный и дорогой прибор. Он состоит из следующих частей (см. рис. 1):

- горизонтального (21) и вертикального (5) стеклянных кругов с градусными делениями (под кожухом), по которым и измеряются углы;
- зрительной трубы (8), вращающейся вокруг горизонтальной оси, укрепленной на колонках (10) алидады горизонтального круга;
- подставки (2) с тремя подъемными винтами (1, 17), при помощи которых ось вращения теодолита приводится в отвесное положение. Для этого же используется цилиндрический уровень (14) на алидаде горизонтального круга. Для предварительного наведения зрительной трубы на цель на трубе закреплен визир (17);
- с другой стороны зрительной трубы находится высокоточный цилиндрический уровень (20), позволяющий использовать теодолит 4Т30П в качестве нивелира.

Рядом со зрительной трубой находится отсчетный микроскоп (4), в который передаются изображения отсчетов по вертикальному (В) и горизонтальному (Г) кругам.

Для получения этих отсчетов нужно при помощи зеркала подсветки, находящегося на одной из колонок, запустить свет в оптическую систему теодолита.

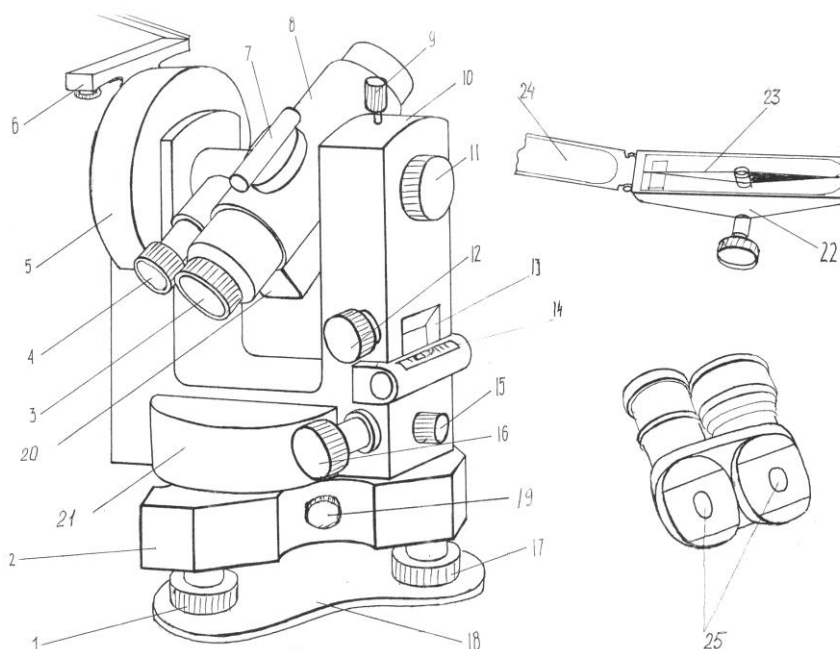


Рис.1 Теодолит 4Т-30П

В комплекте с теодолитом имеются:

- штатив,
- ориентир-буссоль (6, 22),
- Окулярные насадки (25).

Штатив нужен для установки теодолита над вершиной измеряемого угла.

Ориентир-буссоль позволяет на местности измерять магнитные азимуты линий.

Окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа, позволяют наблюдать предметы, расположенные под углом более 45° к горизонту, и выполнять измерения на эти предметы.

Зрительная труба теодолита может переводиться через зенит и окуляром, и объективом.

Ее фокусирование на цель осуществляется вращением кремальеры (11).

Вращением диоптрийного кольца (3) добиваются резкой видимости сетки нитей (рис. 2).

Два горизонтальных коротких штриха сетки нитей выше и ниже перекрестия горизонтальной и вертикальной нитей представляют собой нитяной дальномер.

Корпус зрительной трубы составляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонок (10).

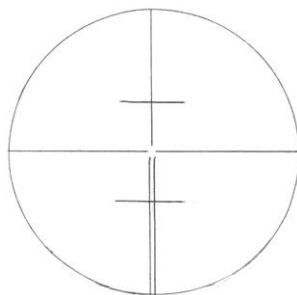


Рис.2

Коллиматорный визир (7) предназначен для грубой наводки трубы на цель. При пользовании визиром глаз должен быть на расстоянии 25-30 см от него.

Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом (16) после закрепления алидады винтом (15), а в вертикальной плоскости – наводящим винтом (12) после закрепления трубы винтом (9).

Для того чтобы теодолит плавно поворачивался вместе с горизонтальным кругом (лимбом), необходимо вращать наводящий винт лимба на подставке. При этом закрепительный винт лимба (19) должен быть зажат.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через 1° .

Горизонтальный круг (лимб) имеет круговую оцифровку от 0° до 359° по направлению часовой стрелки, а **вертикальный** – секторную, от 0° до $+75^\circ$ и от -0° до -75° .

Изображение штрихов и цифр обоих кругов передаются в поле зрения отсчетного микроскопа, окуляр (4) которого устанавливается по глазу до появления четкого изображения шкал вращением диоптрийного кольца микроскопа.

Отсчет по кругам производится по соответствующим шкалам микроскопа (**В** – **вертикальная**, **Г** – **горизонтальная**).

Пример отсчета по шкале горизонтального круга (лимба) приводится на рис.3.

Отсчет берется следующим образом:

Количество градусов соответствует надписи штриха лимба, который проектируется на шкалу. А количество минут определяется как дуга от нулевого деления шкалы до градусного штриха лимба. При этом нужно помнить, что цена деления шкалы равна 5 минутам.

На рис. 3 отсчет равен $124^\circ 37'$.

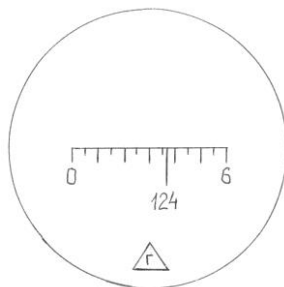


Рис.3

Установке теодолита в рабочее положение (нивелирование), когда ось вращения теодолита становится отвесной, производится вращением подъемных винтов подставки (1, 17) с использованием цилиндрического уровня на алидаде (14).

Все теодолиты созданы по одной геометрической схеме, основанной на принципе раздельного измерения горизонтальных и вертикальных углов.

3. Поверки теодолита.

Для верного измерения углов необходимо, чтобы у теодолита в рабочем положении выполнялись следующие условия:

- 1) вертикальная ось прибора должна быть отвесна;
- 2) плоскость лимба должна быть горизонтальна;
- 3) визирная (коллимационная) плоскость должна быть вертикальна.

А чтобы теодолит можно было установить в рабочее положение, у него должны выполняться определенные **геометрические условия**, касающиеся взаимного расположения осей теодолита. Перечислим, какие условия должны выполняться (см. рис. 4):

1. **Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита (трубы) ($UU \perp GG$).**

2. **Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения теодолита (трубы) ($VV \perp GG$).** (коллимационная ошибка).

3. **Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита ($JJ \parallel OO$).**

4. **Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к вертикальной оси ($GG \perp OO$).**

5. **Место нуля должно равняться нулю (у технических теодолитов), или быть близкой к нему величиной.**

6. **Ось оптического центра должна совпадать с вертикальной осью теодолита.**

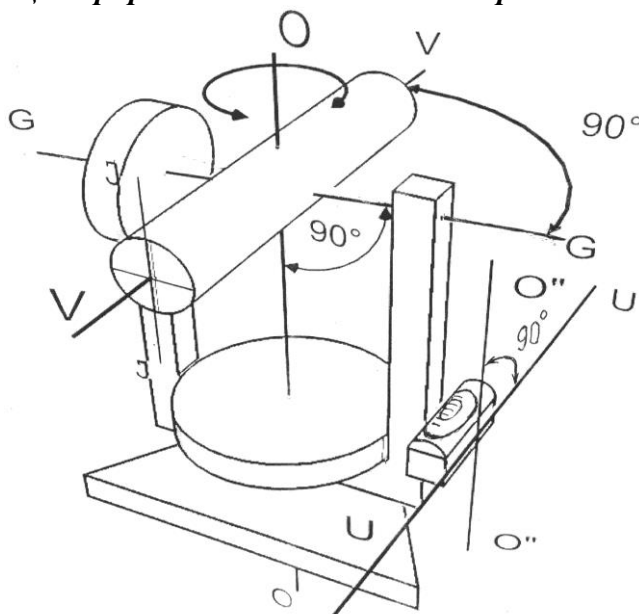


Рис. 4

Выполнение перечисленных геометрических условий необходимо для **правильного измерения горизонтальных и вертикальных углов**.

Однако правильное расположение осей теодолита может быть нарушено в процессе работы или во время транспортировки прибора. В связи с этим возникает необходимость в выполнении проверок и юстировок теодолита.

Проверки выполнения верных геометрических условий у теодолита называются проверками. Если же какое-то условие не выполняется, необходимо сделать соответствующее **исправление**, то есть **юстировку**.

На занятиях рекомендуется выполнить первые **три проверки и юстировки**. Выполнение проверок всегда начинается с проверки цилиндрического уровня.

1. Ось цилиндрического уровня на горизонтальном круге должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита.

Теодолит устанавливают на штатив. Алидаду поворачивают таким образом, чтобы ось поверяемого уровня была параллельна двум подъемным винтам. Вращая эти винты в разные стороны, выводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем алидаду поворачивают на 90° и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину. Затем нужно повернуть алидаду на 180° и оценить смещение пузырька уровня от нуль-пункта. Если отклонение больше одного деления, необходимо выполнить юстировку.

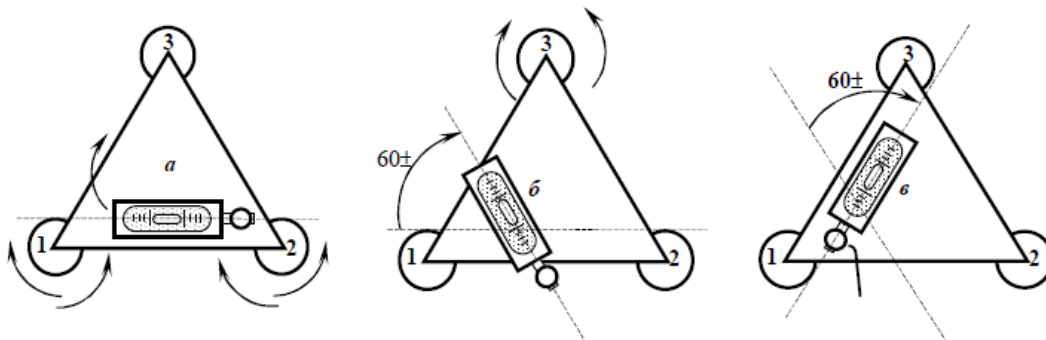


Рис. 5.

Юстировка цилиндрического уровня.

Исправительными винтами уровня переместить пузырек уровня к нуль-пункту **на половину отклонения**. Исправительные винты вращать при помощи шпильки поочередно в нужном направлении. Другую половину отклонения устранить **подъемными винтами**. Для проверки правильности юстировки поверку повторить.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения теодолита. (коллимационная ошибка).

Линия визирования зрительной трубы (VV) должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы (GG). Угол между линией визирования и перпендикуляром к оси вращения трубы называют **коллимационной ошибкой** (неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы оси ее вращения) и обозначают c (рис.6). Значение коллимационной ошибки должно быть в пределах **двойной точности измерения углов теодолитом** т.е. **$c \leq 2 t$** .

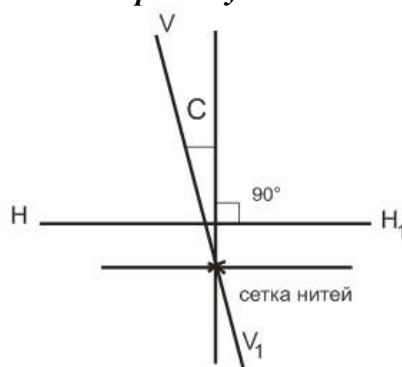


Рис. 6.

Поверку выполняют в следующем порядке:

- 1) прибор устанавливают на штатив, горизонтируют;
- 2) наводят трубу перекрестием сетки на удаленную, четко видимую точку, расположенную примерно на высоте инструмента (угол наклона $v=0$) и берут отсчеты по лимбу (L);
- 3) переводят трубу через зенит и, открепив закрепительный винт алидады, снова наводят на ту же точку, производят отсчеты по лимбу (P);
- 4) вычисляют коллимационную ошибку.

Коллимационная ошибка определяется по формуле:

$$C = (L - P - 180^\circ) / 2.$$

Расхождение c , вычисленной по результатам двух измерений, вызвано ошибками делений и эксцентриситетом лимба. Чем точнее изготовлен лимб и собран на заводе теодолит, тем меньше эта ошибка. Результаты поверки заносим в таблицу (журнал).

Пример определения коллимационной ошибки теодолита Т-30

Наблюдатель: Петров А.В.

Дата: 24.10.2012 г.

№ точки стояния	Точка визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу	Кол. ошибка C'	$C_{\text{ф}} = (C'_1 + C'_2)/2$
В	А	КЛ 81° 59'	+0,5'	+0,5'
		КП 261° 58'		
	С	КЛ 40 ° 13'	+0,5'	
		КП 220° 12'		

Для теодолита Т-30 величина c может находиться в пределах $1'$. В противном случае, выполняют исправление коллимационной погрешности.

Юстировку производят следующим образом.

После наведения на точку, при втором положении трубы, вычисляют средний отсчет и микрометрическим винтом алидады устанавливают его на лимбе. При этом алидада повернется на угол C , вследствие чего изображение точки в поле зрения трубы отклонится от креста сетки нитей.

Исправительными боковыми винтами сетки, предварительно ослабив вертикальные винты, необходимо совместить крест сетки с изображением точки.

После юстировки необходимо повторить поверку и убедиться, что коллимационная ошибка находится в допуске.

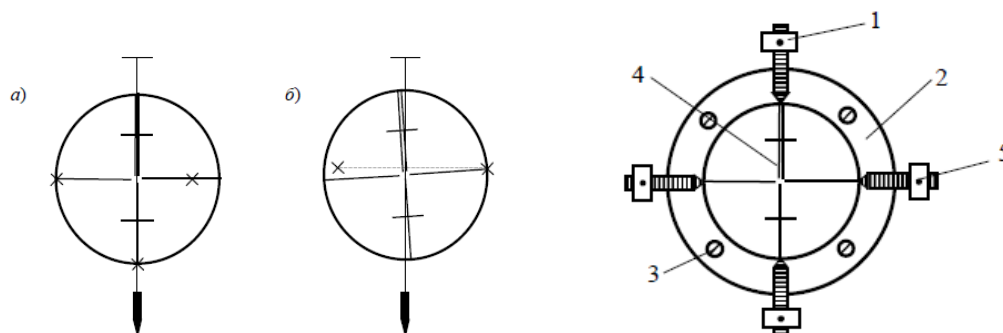
3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита т.е. вертикальная нить сетки нитей должна быть отвесна.

Для выполнения поверки горизонтируют инструмент, наводят на хорошо видимую точку на расстоянии 30-50 м. Наклоняют трубу теодолита наводящим винтом вертикального круга, изображение точки не должно сходить с нити сетки, или не выходить за пределы биссектора.

Поверку можно выполнять также визированием биссектора на нить отвеса.

Юстировка наклона сетки нитей.

Нужно открутить колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра ослабить отверткой четыре крепежных винта окуляра и повернуть его так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально. После юстировки сетки нитей закрепить окуляр и навинтить колпачок.



Отклонение вертикального штриха от отвесной линии допускается не более чем на $1/3$ величины биссектора сетки нитей.

4. Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к вертикальной оси т.е. плоскости визирования должны быть отвесны.

В случае выполнения условия, ось вращения зрительной трубы (НН1) займет положение, перпендикулярное оси вращения инструмента (ZZ1).

Для выполнения поверки необходимо выполнить следующее:

1) устанавливают теодолит 15-20 м от стены здания и тщательно выполняют поверку цилиндрического уровня;

2) выбирают высоко расположенную точку на стене здания (точка Р на рис.7) и опустить трубу на уровень горизонта, получают точку Р1 (КЛ);

3) переводят трубу теодолита через зенит, поворачивают алидаду на 180° визируют на точку Р и снова опускают трубу на уровень горизонта получают точку Р2 (КП).

Среднее из отчетов по лимбу, взятых после наведения на точку при двух кругах, влияние оси вращения трубы исключается.

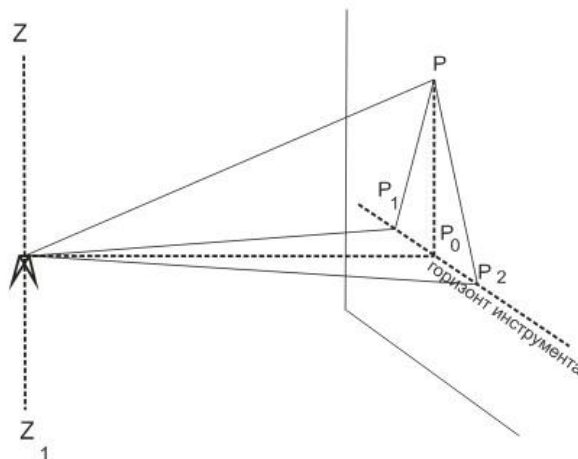


Рис. 7.

Проверка считается выполненной, если полученные точки **P1** и **P2** совпадают, или не выходят за пределы биссектора. В противном случае юстировка выполняется в *мастерской*.

5. Место нуля должно равняться нулю (у технических теодолитов), или быть близкой к нему величиной.

Место нуля (МО) вертикального круга - это отсчет по вертикальному кругу, когда пузырек уровня при алидадной части вертикального круга находится в нуль-пункте, а линия визирования занимает горизонтальное положение.

Для выполнения проверки выбирают точку, расположенную близко к горизонту инструмента, берут отсчеты при двух положениях вертикального круга. **МО** для теодолита Т-30 вычисляется по формуле

$$МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2},$$

Для контроля измерений отсчеты по лимбу берут при наведении на другую цель.

Проверка считается выполненной, если значения **МО**, полученные из двух приемов, не различаются более чем *на двойную точность отсчитывания по лимбу*. В противном случае измерения повторяют.

Исправление **МО** выполняют в следующем порядке:

1) вычисляют угол наклона ν по формуле

$$\nu = КЛ - МО,$$

2) вращением микрометрического винта уровня устанавливают отсчет, соответствующий вычисленному углу наклона; при этом пузырек уровня вертикального круга сместится от нуль-пункта;

3) исправительными юстировочными винтами уровня возвращают его в нуль-пункт. Измерения повторяют для контроля правильности.

Если уровень при вертикальном круге отсутствует, например, у теодолита Т-30, то исправление производят *юстировочными винтами сетки нитей*.

6. Ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью теодолита.

Устанавливаем теодолит в рабочее положение и центрируем по оптическому отвесу. Поворачиваем теодолит (алидаду) вокруг основной оси вращения теодолита. Если оптический отвес установлен правильно, точка, над которой центрировали теодолит, не должна смещаться с центра концентрических окружностей трубки отвеса. Если же условие не выполнено, исправление производят смещением объектива центрира.

Оборудование, материалы

Теодолит 4Т-30П, штатив, визирные цели, журнал наблюдений.

Задания, порядок и последовательность выполнения работы

Задача выполнения лабораторной работы — изучить устройство технических теодолитов типа ТЗ0, усвоить производство отсчетов по угломерным кругам.

Задание студентам:

1. В аудиторных условиях выполнить поверки предоставленного преподавателем технического теодолита.

Последовательность выполнения задания:

1. Общий осмотр приборов и изучение правил обращения с ними.
2. Принципиальная схема теодолита.
3. Устройство теодолита 4Т-30П.
4. Основные части теодолита: горизонтальный круг, вертикальный круг, зрительная труба, уровень.
5. Установка теодолита в рабочее положение.
6. Выполнение поверок теодолита для определения пригодности его для измерений.

Требование к отчету

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Используемое оборудование.
3. Устройство теодолитов.
4. Порядок установки, поверки теодолитов.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные части теодолита.
2. Назначение вертикального круга теодолита.
3. Для чего служит уровень теодолита?
4. Что называется осью цилиндрического уровня?
5. Место нуля (МО) теодолита..
6. Что называется визирной осью зрительной трубы?
7. Установка зрительной трубы для наблюдений.
8. Назначение закрепительных и наводящих винтов теодолита.
9. Поверки теодолита, последовательность их выполнения.
10. Как выполняется проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня к основной оси теодолита?
11. Поверка правильности установки сетки нитей.
12. Как выполняется проверка перпендикулярности визирной оси трубы к оси вращения трубы?
13. Как выполняется проверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения теодолита?
14. В чем заключается установка теодолита в рабочее положение?
15. Изменение горизонтального угла полным приемом, точность.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

Тема: Измерение горизонтальных углов (теодолитами Т30, 2Т30)

Цель работы: освоить методику и получить практические навыки измерения горизонтальных углов способом приемов с помощью технических теодолитов типа ТЗО.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции ОПК-4; ОПК-5 или их части:

Код	Формулировка:
ОПК-4	способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства
ОПК-5	способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства

- основные понятия и терминологию, связанную с методикой выполнения геодезических работ при выполнении инженерных изысканий и сопровождения строительства, обустройства и охраны водных объектов;

- основные принципы ведения геодезических работ;
- навыками работы с геодезическими приборами;
- пользования нормативно-технической документацией, применяемой в строительстве;
- методами и средствами инженерной геодезии.

Теоретическая часть

1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов.

1.1. Измерение горизонтальных углов.

Существует несколько способов измерения горизонтальных углов:

1. **Способ приемов** (или способ отдельного угла) – для измерения отдельного угла при проложении теодолитных ходов, выносе проекта в натуру и т.п.;

2. **Способ круговых приемов** – для измерения углов из одной точки между тремя и более направлениями в сетях триангуляции и полигонометрии второго и более низкого классов (разрядов);

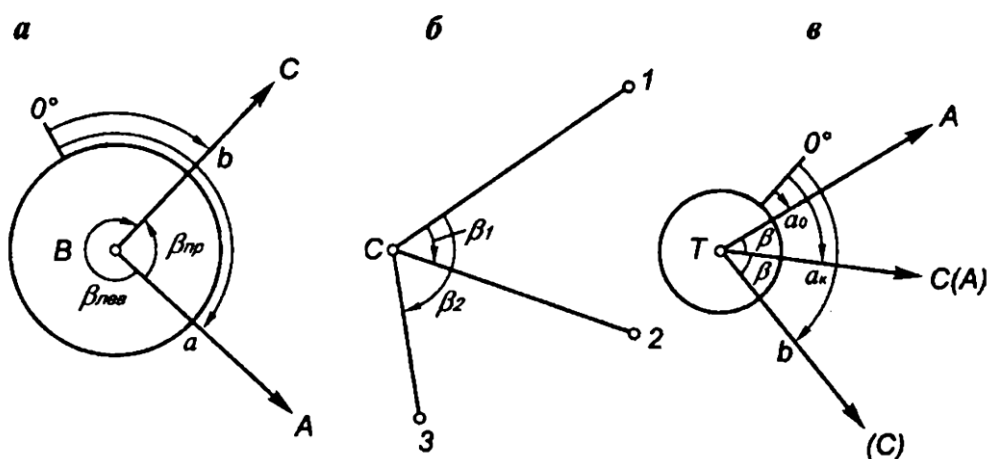


Рис. 8. Способы измерения горизонтальных углов.

3. **Способ повторений.** Сущность способа заключается в последовательном откладывании на лимбе несколько раз величины измеряемого угла β (рис. 8-в).

4. **Способ всевозможных комбинаций.** Данный способ применяется при измерении углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов, а также в специальных геодезических сетях повышенной точности.

4.1. Измерение горизонтальных углов способом приемов.

На занятии нужно измерить угол способом отдельного угла полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами.

Допустим необходимо измерить горизонтальный угол β между пунктами А и С (рис.9).

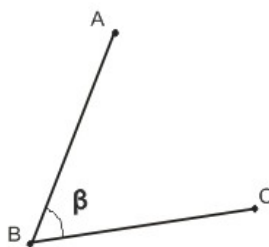


Рис. 9.

Сущность данного способа заключается в двукратном измерении одного и того же угла при двух положениях вертикального круга («круг лево» и «круг право») и вычислении среднего значения измеряемого угла.

Порядок измерения угла заключается в следующем:

1) устанавливают теодолит над точкой **В**, производят центрирование и горизонтирование инструмента;

2) выбирают марки (в специальных учебных аудиториях);

3) визируют при КЛ с помощью оптического визира, на марку **А** (левую), закрепляют закрепительный винт алидады, затем наводящими винтами точно совмещают сетку нитей теодолита с целью **А**;

4) берут отсчет при КЛ, который сразу записывают в полевой журнал (*пример в образце 30°01'*). Таблица 1.;

5) затем поворачивают трубу по ходу движения часовой стрелки и точно визируют на цель **С**, берем отсчет по лимбу при том же круге (*пример в образце 210°01'*);

6) перечисленные выше действия составляют **первый полуприем** измерений; во **втором полуприеме** измерения выполняют при круге право, для чего поворачивают алидаду на 180°; переводят трубу через зенит, визируют на точку **С** и берут отсчет (КП). Перед началом второго полуприема выполняют перестановку лимба на 1-2°;

7) поворачивают трубу по ходу движения часовой стрелки, визируют на точку **А**, берут отсчет по лимбу (*пример в образце 318°32' по точке С и 198°33' по точке А*).

Два полуприема **составляют полный прием**. Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т.е.

$$\beta_{\text{кл}} - \beta_{\text{кп}} \leq 2t.$$

Поскольку точность взятия отсчета у теодолита 4Т30 равна 0,5', допустимое расхождение угла в полуприемах не должна превышать 1'.

Если расхождение допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла.

$$\beta = \frac{\beta_{\text{кл}} + \beta_{\text{кп}}}{2}.$$

В журнале вычисляют значение углов сначала в полуприемах $\beta_{\text{л}}$ и $\beta_{\text{п}}$.

Результаты измерений заносятся в журнал

Таблица 1.

Измерение горизонтальных углов способом отдельного угла теодолитом Т-30.
(образец заполнения журнала)

Наз. пункта	Наз. наблюдаемых пунктов	Круг	Отсчеты по ГК	Значение измеренного угла, β	
				из полуприемов	среднее
В	А	КЛ	30° 01′	108° 32′	108°31,5′
	С	КЛ	210° 01′		
	А	КП	198° 33′′	108° 31′	
	С	КП	318° 32′		

РЕКОМЕНДАЦИИ:

При работе в полевых условиях выбирают на местности 3-4 точки на расстоянии 100-150 м и закрепляют их кольями. Измеряют горизонтальные углы на каждой точке (вершине) и результаты записывают в журнал. Затем суммируют все измеренные углы и проверяют выполнение условия:

$$\sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}} \leq 1' \sqrt{n},$$

Здесь $\sum \beta_{\text{изм.}}$ - сумма всех измеренных углов, $\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n-2)$,

где n – число измеренных углов.

Аналогично ведут работу в помещении, обозначая точки на полу мелом.

В стесненных условиях небольшого помещения можно установить теодолит в центре его и измерить несколько смежных углов, в сумме составляющих 360° , используя в качестве визирных целей заранее вывешенные на стены марки. Для того чтобы измерения смежных углов были независимыми, желательно каждый из углов измерять при разных положениях лимба.

2. Измерение вертикальных углов.

Вертикальным называется угол между направлением на предмет и горизонтальным направлением визирной оси трубы теодолита. Вертикальные углы могут быть заключены в пределах от 90° до -90° . Вертикальные углы измеряются для определения превышений между точками тригонометрическим нивелированием и для определения горизонтальных проложений наклонных линий местности. Измеряя вертикальные углы, можно также определить высоты объектов (зданий, водокачек, дымовых труб и т.д.).

Горизонтальное направление визирной оси определяется при помощи места нуля (МО) вертикального круга. **Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и горизонтальном положении оси уровня при вертикальном или горизонтальном (у теодолита 4Т30) круге.**

У разных теодолитов вертикальный круг имеет различное устройство и различную оцифровку. Поэтому формулы для определения вертикальных углов и места нуля вертикального круга у разных теодолитов различаются. Например, у теодолита 4Т30 оцифровка вертикального круга секторная, по 75° в одну и в другую сторону от нуля, причем в одну сторону деления подписываются со знаком +, в другую – со знаком - . На рис.10 показаны отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 для положительного вертикального угла при круг право (КП) и круге лево (КЛ).

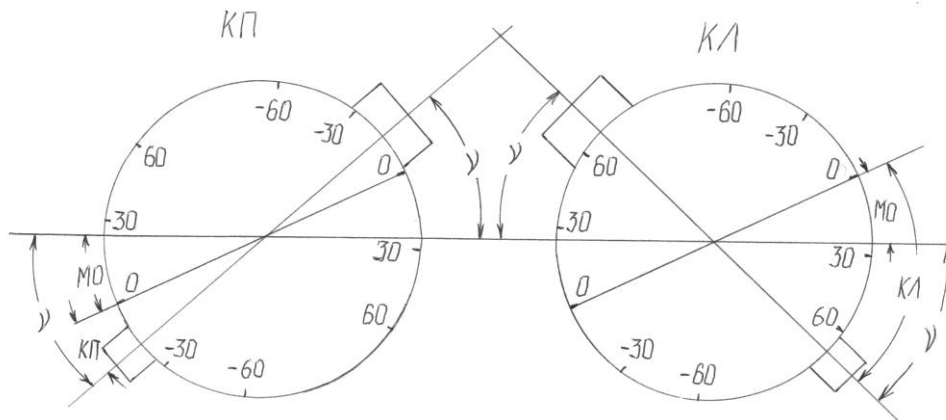


Рис.10.

Из рисунка очевидны формулы:

$$\nu = MO + КП; \quad \nu = КЛ - MO; \quad (3)$$

из этих формул можно вывести, что

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2}; \quad \nu = \frac{КЛ - КП}{2}; \quad (4)$$

Необходимо отметить, что отсчеты по вертикальному кругу у теодолита 4Т30 берутся по шкале, подписанной буквой В, равной 1° вертикального круга и поделенной на 12 частей. Следовательно, цена деления шкалы равна 5'. Деля ее на глаз на 10 частей, мы можем брать отсчет с точностью 0,5' (30"). Слева направо шкала возрастает от 0' до 60' (подписано цифрой 6), справа налево шкала уменьшается от -0' до -60' (подписано -6).

Отсчет по шкале берется следующим образом:

- количество градусов считывается с подписанного градусного штриха вертикального круга, который проектируется на шкалу;
- количество минут определяется по шкале от ее нуля до градусного штриха вертикального круга.

Причем, если градусный штрих положителен, то количество минут считается слева направо от 0 шкалы до этого штриха, и прибавляется к градусам. Отсчет будет положительным. Например, на рис. 11 отсчет равен +2°19'. Если градусный штрих вертикального круга отрицателен, то количество минут считается справа налево от -0 до градусного штриха и прибавляется к градусам; отсчет будет отрицательным. Например, на рис. 12 отсчет равен - 0°52'.

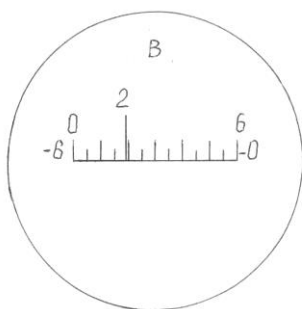


Рис. 11.

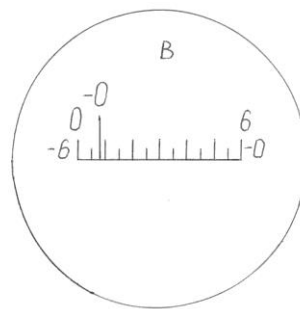


Рис. 12.

Если мы определили место нуля (МО), то другие вертикальные углы можем измерять однократным наведением зрительной трубы на цель при круге право (КП) или круге лево (КЛ) с одновременным снятием отсчетов по вертикальному кругу и подсчитывать углы по формулам (3).

Порядок измерения вертикального угла на примере.

Теодолит устанавливают над точкой А (рис. 13).

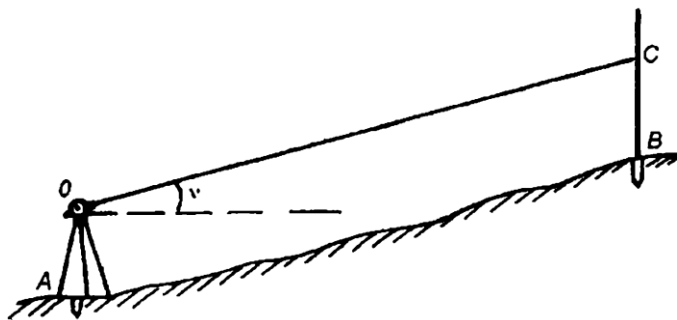


Рис. 13. Схема измерения вертикального угла.

При измерении вертикальных углов теодолитом 4Т30 тщательно приводят ось теодолита в отвесное положение, затем зрительную трубу наводят на точку *С* при круге лево (КЛ). Перед взятием отсчета при необходимости нужно поправить уровень (пузырек вывести на середину) подъемными винтами. С помощью отсчетного микроскопа берут отсчет по вертикальному кругу, который заносят в журнал измерений (табл. 2). (на примере $353^{\circ}43'$).

Далее труба переводится через зенит и наводится на ту же точку при круге право (КП). Подправив при необходимости уровень подъемными винтами, берут и записывают отсчет по вертикальному кругу КП (на примере $186^{\circ}19'$). По формулам (4) определяют вертикальный угол V и место нуля МО.

Место нуля следует определить повторно при наведении на другую точку (в примере таблицы 2 точка *А*), и из двух значений вычислить его среднее арифметическое. Если среднее значение МО больше $1'$, его следует исправить. Для этого вычислить исправленные отсчеты для вертикального круга по формулам

$$КЛ_{исправ.} = КЛ - МО \quad \text{или} \quad КП_{исправ.} = КП - МО \quad (7)$$

и установить исправленный отсчет на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы. При этом крест сетки нитей сместится с изображения наблюдаемой точки. Отвинтить колпачок в окулярной части трубы, шпилькой ослабить на пол оборота боковые исправительные винты сетки нитей. Вращением верхнего и нижнего исправительных винтов сетки в одну сторону, навести крест сетки нитей на точку. Закрепив боковые винты сетки, еще раз определяем МО.

Место нуля вычисляем по формуле:

$$МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^{\circ}}{2},$$

Таблица 2.

Журнал измерения вертикальных углов

Дата 29.07.02 г. Теодолит Т30

Наблюдал Коротких Р.Ю.

Видимость хорошая № 56272

Вычисляла Коротких Ю.С.

Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	Угол наклона ν
1	визирования				
	2	3	4	5	6
В	А	КЛ	$4^{\circ} 32' (1)$	$0^{\circ} 00,5' (3)$	$+ 4^{\circ} 31,5'$
		КП	$175^{\circ} 29' (2)$		
	С	КЛ	$353^{\circ} 43'$	$0^{\circ} 01,0'$	$- 6^{\circ} 18,0'$
		КП	$186^{\circ} 19'$		

Правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством МО, колебания которого в процессе измерений не должна превышать двойной точности отсчетного устройства.

Оборудование, материалы

Теодолит 4Т-30П, штатив, визирные цели (вешки), журнал наблюдений.

Задания, порядок и последовательность выполнения работы

Задача выполнения лабораторной работы — освоить методику и получить практические навыки измерения горизонтальных углов способом отдельного угла и способом круговых приемов с помощью технических теодолитов типа 4Т-30П.

Задание студентам:

1. В аудиторных условиях произвести измерение отдельного горизонтального угла способом приемов (способом отдельного угла) по двум направлениям, заданным преподавателем. Результаты измерений и вычислений выполнить в журнале, форму которого предоставляет преподаватель.

2. В аудиторных условиях произвести измерения горизонтальных углов способом круговых приемов по трем направлениям, заданным преподавателем. Результаты измерений и вычислений выполнить в журнале, форму которого предоставляет преподаватель.

3. В аудиторных условиях произвести измерение вертикального угла по двум направлениям, заданным преподавателем. Результаты измерений и вычислений место нуля (МО) и угла наклона выполнить в журнале, форму которого предоставляет преподаватель.

Требование к отчету

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Используемое оборудование.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок работы на станции.
5. Выводы (с приложением журналов наблюдений и результатов вычислений).

Контрольные вопросы:

1. Для чего служит уровень теодолита?
2. Что называется осью цилиндрического уровня?
3. Что называется визирной осью зрительной трубы?
4. Процедура установки зрительной трубы для наблюдений.
5. Назначение закрепительных и наводящих винтов теодолита.
6. Поверки теодолита, последовательность их выполнения.
7. Как выполняется проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня к основной оси теодолита?
8. В чем заключается установка теодолита в рабочее положение?
9. Изменение горизонтального угла полным приемом, точность.
10. Допустимое расхождение между значениями угла в полуприемах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

Тема: Устройство технических нивелиров

Цель работы: изучить устройство технических теодолитов типа 3Н-5Л и научиться выполнять их поверки и юстировки, приобрести практические навыки при работе с нивелиром, уметь выполнять измерения превышений, а также расстояний с помощью нитяного дальномера.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции ОПК-4; ОПК-5 или их части:

Код	Формулировка:
ОПК-4	способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства
ОПК-5	способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства

- основные понятия и терминологию, связанную с методикой выполнения геодезических работ при выполнении инженерных изысканий и сопровождения строительства, обустройства и охраны водных объектов;

- основные принципы ведения геодезических работ;
- навыками работы с геодезическими приборами;
- пользования нормативно-технической документацией, применяемой в строительстве;
- методами и средствами инженерной геодезии.

Теоретическая часть

1. Осмотр нивелира и правила обращения с ним.

Полученный прибор закрепляют на штативе или кронштейне станovým винтом. Следует обратить внимание на состояние металлического футляра и выполнить общий осмотр прибора. Нивелир должен свободно, без усилий выниматься и укладываться в футляр; при правильной укладке прибор в футляре должен быть неподвижным. При переносе без футляра прибор удерживают за подставку.

После закрепления нивелира на штативе следует убедиться в отсутствии механических повреждений металлических и оптических деталей прибора, произвести проверку металлических узлов, обратив внимание на состояние и работу всех винтов прибора, на плавность вращения его отдельных частей.

При установке прибора на штативе нужно следить, чтобы поверхность головки штатива была приблизительно горизонтальна, а подъемные и наводящие винты находились в среднем положении, т. е. имели достаточный запас хода в любую сторону. Следует избегать чрезмерного завинчивания станového и зажимных (закрепительных) винтов. Запрещается поворачивать нивелир в горизонтальной плоскости, взявшись рукой за трубу. Нельзя касаться руками оптических деталей зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

2. Устройство и принцип работы прибора 3Н-5Л.

Малогобаритный нивелир 3Н-5Л относится к глухим нивелирам технической точности. Основные преимущества описываемого нивелира: малая масса и размеры, простое устройство, обеспечивающее высокую надежность в работе. Он удобен для работы в различных условиях: на строительных площадках, где вибрации механизмов не влияют на показания нивелира (в отличие от нивелиров других типов), в экспедиционных условиях при изысканиях в труднодоступных районах, в сельском хозяйстве. Удобство в работе обеспечивается оптимальной конструкцией наводящего устройства, расположением рукояток управления и уровней, подсветкой цилиндрического уровня и т. п.

Нивелир имеет высококачественную зрительную трубу прямого изображения с внутренней фокусировкой. Для снижения влияния одностороннего нагрева на величину угла i зрительная труба и цилиндрический уровень помещены внутри корпуса 12 (рисунок 1а) верхней части прибора.

Объектив 11 зрительной трубы выведен наружу, на его оправу можно надеть линзовую насадку для визирования на рейку, расположенную ближе 1,2 м.

Вращением диоптрийного кольца 1 (рисунок 1б) окуляр устанавливают по глазу до появления четкого изображения сетки нитей. Кремальерой 2 зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку.

На верхней плоскости корпуса 12 (см. рис. 1а) имеется продольный прилив А, выполняющий роль механического визира для предварительного наведения нивелира на рейку.

Цилиндрический уровень подсвечивается белым экраном 4. Зеркало 2 служит для удобства наблюдения за положением пузырька уровня.

Угол i (непараллельность оси цилиндрического уровня визирной оси зрительной трубы) приводят к нулю юстировкой уровня с помощью двух гаек 3, доступ к которым открыт через окно.

Верхняя часть нивелира связана с корпусом подставки 10 безлюфтовым пружинным шарниром и может наклоняться относительно подставки с помощью элевационного винта 3 (см. рис. 1б).

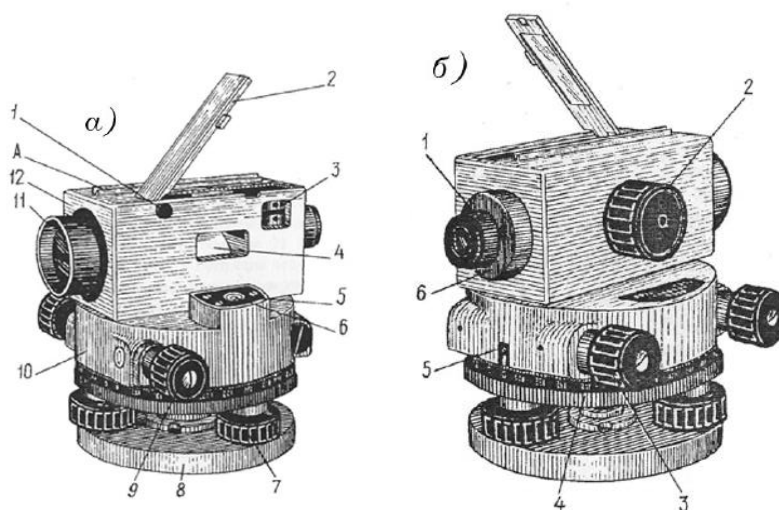


Рис. 1. Внешний вид нивелира 3Н-5Л.

<p align="center"><u>Наименование позиций</u> <u>Рис.1а следующее.</u></p>	<p align="center"><u>Наименование позиций</u> <u>Рис.1б следующее.</u></p>
<p>1. - заглушка; 2. - зеркало; 3. - юстировочная гайка; 4. - белый экран; 5. - юстировочные винты круглого уровня; 6. - круглый уровень; 7. - подъемный винт; 8. – пластина подставки; 9. - наводящий винт; 10.- корпус подставки; 11.- объектив; 12.- корпус; А - продольный прилив (механический визир)</p>	<p>1. диоптрийное кольцо; 2. - кремальера; 3. - элевационный винт; 4. - металлический лимб; 5. - индекс; 6. – гайка.</p>

Осевая система нивелира расположена внутри корпуса 10 (см. рис. 1а), снабжена червячной передачей и фрикционным устройством, позволяющим свободно вращать нивелир вокруг оси и

в то же время выполнять точное наведение на рейку без ограничения угла поворота. Рукоятки наводящего винта 9 расположены по обе стороны прибора, что делает одинаково удобной работу как правой, так и левой рукой.

На верхней плоскости корпуса низка находится круглый уровень 6 для установки оси нивелира в отвесное положение. Юстировку круглого уровня выполняют винтами 5.

Между корпусом подставки и пластиной 8 в нивелире 3Н-5Л расположен металлический лимб 4 (см. рис. 1б), который можно вращать, взявшись за накатанный поясик и установить в требуемое положение. Отсчет по лимбу берут с помощью индекса 5. При вращении нивелира лимб остается неподвижным. Внешний вид прибора с наименованием основных элементов приведен на чертеже.

Нивелирная рейка служит для отсчитывания вертикальных расстояний (высот) точек от горизонтального луча визирования. Корпус рейки деревянный, поперечное сечение его двутавровое. Боковые планки предохраняют шкалу рейки от повреждений. На нижнем конце рейки имеется пятка в виде металлической скобы. Плоскость пятки перпендикулярна продольной оси рейки и соответствует нулевому отсчету черной шкалы. Для удобства пользования на рейке имеются две ручки. Рейка складная, имеет полную длину 3 м, в сложенном виде – 1,5 м. Шкала рейки двухсторонняя с сантиметровыми шашечными делениями. Одна сторона рейки черная (основная шкала), другая красная (дополнительная). На красной стороне рейки пятке соответствует отсчет 4700 или 4780. Возможны и другие значения.

3. Поверки прибора.

Нивелир 3Н-5Л имеет следующие основные оси. Основную ось или ось вращения прибора. Визирную ось зрительной трубы, которая проходит через заднюю узловую точку объектива и перекрестье сетки нитей. Ось цилиндрического уровня, которая проходит по касательной к внутренней поверхности ампулы в точке «0»-пункта. Ось установочного уровня проходит по нормали к внутренней поверхности ампулы уровня в точке «0»-пункта.

Для эффективной работы с прибором до начала нивелирования следует выполнить необходимые *исследования* и *поверки*.

3.1. Поверка по круглому уровню

Требуемое условие. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Проверка условия. Контур пузырька установочного уровня располагается концентрично сетке уровня с помощью подъемных винтов и верхняя часть прибора со зрительной трубой поворачивается на 180 градусов. Если пузырек при этом выходит за пределы малого ограничительного кольца, то условие считается невыполненным.

Порядок исправления. На половину дуги смещения пузырек возвращается исправительными винтами уровня, а на другую половину возвращается подъемными винтами. После этого верхняя часть прибора вновь поворачивается на 180 градусов. Если наблюдается отклонение пузырька, то производят вторичное исправление.

3.2. Поверка по сетке нитей.

Требуемое условие. Средняя горизонтальная нить должна быть перпендикулярна оси вращения прибора.

Проверка условия. Прибор приводится в рабочее положение и производятся отсчеты по рейке для левого и правого концов средней горизонтальной нити.

Отсчеты должны совпадать.

I способ. На расстоянии 20-25 метров от нивелира подвешивают отвес (рис. 2, а). По круглому уровню тщательно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Зрительной трубой визируют на отвес и совмещают один из концов вертикального штриха сетки нитей с нитью отвеса. Если другой конец вертикального штриха отходит от нити отвеса более чем на 0,5 мм, то проводят исправление положения сетки нитей.

II способ. Нивелир наводят на рейку так, чтобы ее изображение в зрительной трубе оказалось в левой части поля зрения (рис. 2, б, позиция 1), и берут отсчет по горизонтальной

нити сетки. Поворотом нивелира переводят изображение рейки в правую часть поля зрения трубы (рис. 2, б, позиция 2) и вновь берут отсчет по рейке. Взятые отсчеты не должны различаться более чем на 1 мм.

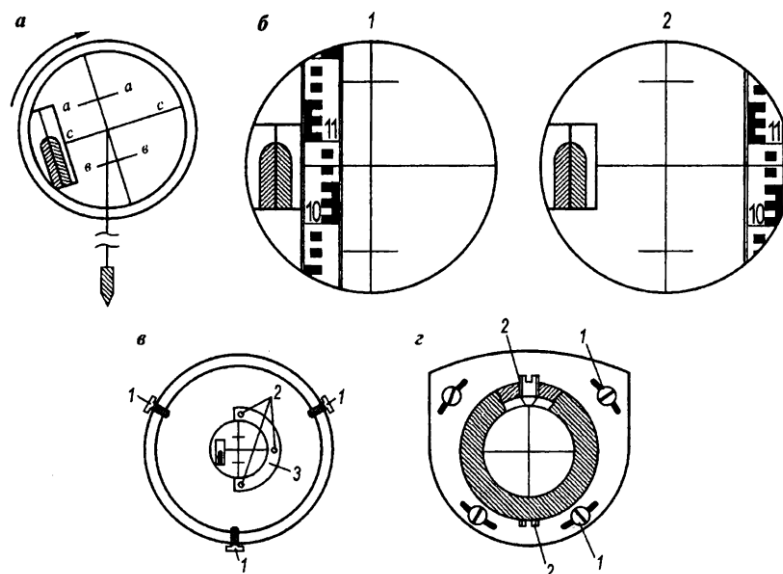


Рис. 2. Схема проверки сетки нитей.

Порядок исправления. Окулярную трубку с сеткой нитей вращают вокруг геометрической оси до выполнения требуемого условия. Для обеспечения возможности вращения следует освободить, а затем закрепить винты, которыми окулярная трубка крепится к основному корпусу трубы.

3.3. Проверка по главному условию

Требуемое условие. Главным условием для нивелиров с цилиндрическим уровнем является условие параллельности визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня. Проверка главного условия выполняется несколькими способами.

Рассмотрим два способа выполнения проверки.

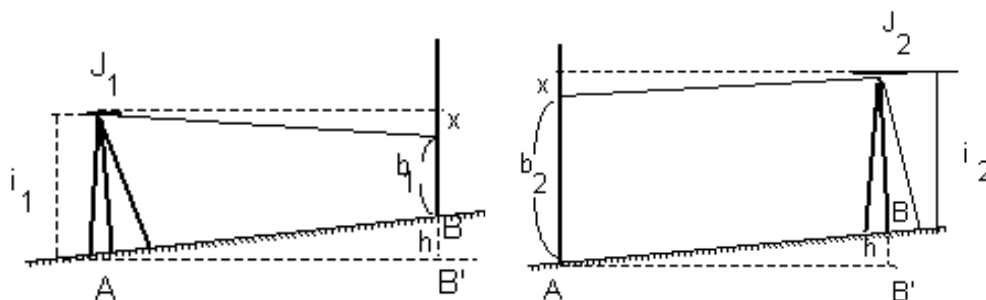


Рис. 2.10.

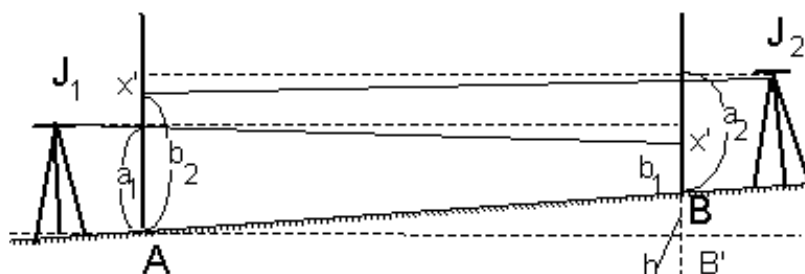


Рис. 2.11.

При первом способе нивелир устанавливают над точкой А, центрируют, измеряют высоту инструмента при помощи рулетки или нивелирной рейки (i_1) и берут отсчет по рейке, установленной в точке В по средней нити по черной стороне (b_1). Затем меняют местами нивелир и рейку, измеряют высоту инструмента (i_2) и отсчет по рейке (b_2) (рис. 2.10, а, б). На местности измеряют расстояние между точками А и В при помощи рулетки.

Непараллельность визирной оси трубы к оси уровня выражается величиной x , которую определяют в делениях рейки по формуле

$$x = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(b_1 + b_2), \quad (2.6)$$

Угол непараллельности оси уровня и оси трубы вычисляется по формуле

$$i = \frac{x_{\text{мм}}}{S_{\text{мм}}} \rho'' . \quad (2.7)$$

где i – угол наклона между осью визирной трубы и осью цилиндрического уровня;

a_1, a_2 – высоты инструментов, мм;

b_1, b_2 – отсчеты по рейке, мм;

S – расстояние между точками А и В.

Если величина x (для расстояния 50-75 м) **более 4 мм**, то требуется исправление. Вычисляют отсчет, при котором соблюдено главное условие по формуле

$$b'_2 = b_2 + x, \quad (2.8)$$

Элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки нитей на отсчет по рейке b'_2 . Исправительными винтами уровня при трубе приводят пузырек уровня в нульпункт. Поверку повторяют.

Таблица 2.8

Ведомость поверки главного условия нивелира

Номер станции	Высота нивелира, а мм	Отсчеты по рейке, b мм	(a_1+a_2)- (b_1+b_2)	$X=1/2[(a_1+a_2)-$ (b_1+b_2)], мм	i''
1	1400	1719	+2	+1	4"
2	1358	1037			
	2958	2956			

Поверка считается выполненной, если угол наклона i согласно Инструкции не превышает **20"**, что соответствует допустимому значению x в **4 мм**.

Второй способ не требует измерения высоты инструмента. Поверка выполняется в следующей последовательности: нивелир устанавливают в рабочее положение (J_1 рис.2.11) в створе между точками местности А и В, находящимися друг от друга примерно на расстоянии 70-75 м, на расстоянии от точки А в 3-5 м; в точках А и В устанавливают отвесно рейки берут отсчеты по рейкам a_1 и b_1 ; затем переходят с нивелиром на станцию J_2 , расположенную примерно в створе и находящуюся за точкой В на расстоянии 3-5 м. Берут отсчеты по рейкам a_2 и b_2 . Рассчитывают значение x' по формуле

$$x' = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(b_1 + b_2). \quad (2.9)$$

Поверка считается выполненной, если значение x' не превышает **4 мм**. В противном случае вычисляют исправленный отсчет по рейке ($b_2 + x'$) и исправительными винтами сетки нитей устанавливают на этот отсчет.

После юстировки поверку повторяют.

4. Нивелирные рейки и их поверки.

При техническом нивелировании применяют в основном двухсторонние шашечные рейки типа РН-3 и РН-10. Их изготавливают длиной 3 и 4 метра и маркируют с указанием длины в миллиметрах, например РН-3-3000. Если рейка складная, то к ее маркировке добавляется буква «С» (РН—3-3000С) (см рис. 3а, б).

Сантиметровые деления на рейках окрашены через одно деление черным (чёрная сторона) или красным цветом (красная сторона) и объединены по пять шашек в виде буквы Е, что облегчает снятие отсчёта. Дециметровые деления подписывают цифрами в перевернутом виде (для нивелиров с обратным изображением). Деления на таких рейках возрастают от нуля (у пятки рейки) вверх (чёрная сторона). На красной стороне с пяткой рейки совпадает отсчёт 4687 или 4787 мм, поэтому отсчёты по обеим сторонам рейки не одинаковы, а их разность, называемая разностью пятки или разностью нулей рейки, является постоянной величиной и используется для контроля отсчётов. Для нивелиров с трубами прямого изображения применяют рейки с прямой оцифровкой. При этом в маркировке рейки добавляется буква «П».

Снятие отсчетов по нивелирным рейкам

При нивелировании рейки ставят вертикально нулём вниз на забитые вровень с землёй колышки. В отвесное положение рейку приводят с помощью круглого уровня, прикреплённого к ней, а при его отсутствии медленно покачивают рейку вперёд и назад и берут наименьший отсчёт, который соответствует отвесному положению рейки. Отсчёт по рейке снимают по среднему горизонтальному штриху сетки нитей с точностью до миллиметра. При этом количество дециметров и сантиметров отсчитывают по рейке, а миллиметры оценивают на глаз.

Проверка нивелирных реек

Проверка 1. Деления рейки должны быть резко очерчены, равны между собой и соответствовать номинальной длине.

На рейку накладывают контрольную линейку (метр) или выверенную стальную рулетку с миллиметровыми делениями и дважды в прямом и обратном направлениях измеряют длины отрезков между делениями 1-10, 10-20 и 20-30 дм.

Расхождения длины делений рейки с соответствующими делениями рулетки не должны превышать 0,5 мм.

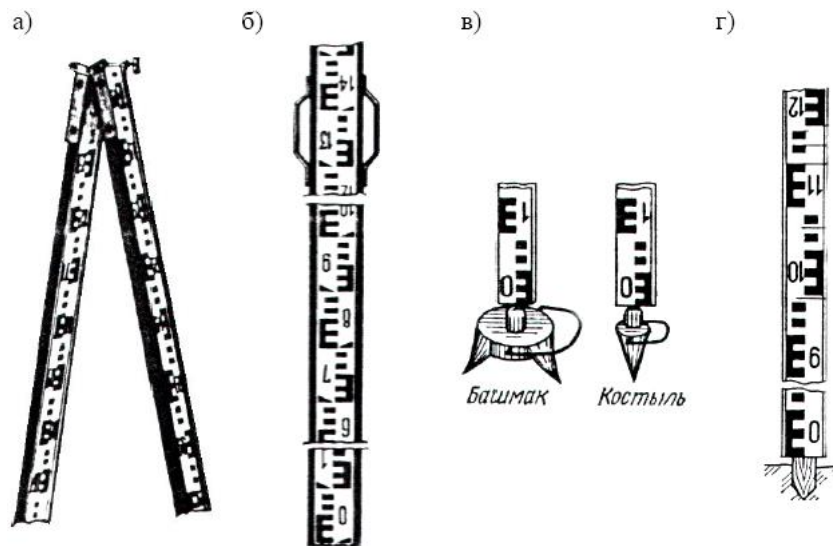
Проверка 2. Разность отсчётов по чёрным и красным сторонам рабочей пары должна равняться нулю.

При получении рабочей пары реек необходимо проверить, чтобы оцифровка пятки рейки по красной стороне была одинакова. Для выполнения проверки в 10-20 м от нивелира на колышек поочередно ставят первую и вторую рейки и берут 3-4 отсчёта по каждой стороне рейки. Разности одноимённых отсчётов не должны отклоняться от нуля более чем на 2 мм. Одновременно определяют разности отсчётов по красной и чёрной стороне каждой рейки (разность пятки реек). Эти разности во время нивелирования дают возможность выявить грубые ошибки в отсчетах.

Нивелирные рейки могут также устанавливаться на костыли и башмаки (см. рис. 3 в) или колышки (см. рис. 3 г).

Костыль – металлический стержень с заострённым концом с одной стороны и сферической шляпкой с другой. Для забивки костыля в грунт на верхний торец его надевают крышку.

Башмак – толстая круглая или треугольная металлическая пластина на трёх ножках. В середине пластины укреплён стержень со сферической шляпкой, на которую ставят нивелирные рейки.



Задания, порядок и последовательность выполнения работы

Задача выполнения лабораторной работы — изучить устройство технических нивелиров типа ЗН-5Л, усвоить производство отсчетов по нивелирным рейкам.

Последовательность выполнения задания:

1. Общий осмотр приборов и изучение правил обращения с ними.
2. Устройство и принцип работы нивелиров.
3. Установка нивелира в рабочее положение и выполнение его поверок.

Требование к отчету

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Используемое оборудование.
3. Устройство нивелира.
4. Порядок установки, поверки нивелира.
5. Результаты поверки инструмента с зарисовками.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Перечислить поверки технических нивелиров и последовательность их выполнения.
2. Цель и назначение нивелирования.
3. Что называется нивелированием местности?
4. Как осуществляется поверка главного условия нивелиров?
5. Что называют превышением точек?
6. Какого класса точности прокладываются нивелирные хода для определения точек съемочного обоснования?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

Тема: Измерение превышения на станции при техническом нивелировании. Постраничный контроль.

Цель работы: освоить методику и получить практические навыки измерения превышений на станции с помощью технических теодолитов типа ТЗ0.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции ОПК-4; ОПК-5 или их части:

Код	Формулировка:
ОПК-4	способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства
ОПК-5	способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства

- основные понятия и терминологию, связанную с методикой выполнения геодезических работ при выполнении инженерных изысканий и сопровождения строительства, обустройства и охраны водных объектов;

- основные принципы ведения геодезических работ;
- навыками работы с геодезическими приборами;
- пользования нормативно-технической документацией, применяемой в строительстве;
- методами и средствами инженерной геодезии.

1. Теоретическая часть

Техническое нивелирование выполняют геометрическим нивелированием из середины с помощью технических нивелиров и нивелирных реек. Для этого необходимо установить в точку А и точку В нивелирные рейки, а между ними нивелир (см рисунок 8). Направив горизонтальную визирную ось нивелира на рейки, выполняют отсчеты по черным и красным сторонам реек.

Если точку **А** считать задней, а точку **В** передней, то последовательность выполнения операций на станции при **техническом** нивелировании следующая:

- приведение оси вращения нивелира в отвесное положение с помощью трёх подъёмных винтов по круглому уровню;
- приведение визирной линии трубы в горизонтальное положение с помощью элевационного винта и цилиндрического уровня;
- измерение расстояния до рейки, установленной на задней точке;
- отсчёт по средней нити черной и красной сторонам рейки, установленной на задней точке (см. графу 3 таблицы 1: $a_{чер} = 0680$, $a_{кр} = 5480$);
- измерение расстояния до рейки, установленной на передней точке;
- отсчёт по средней нити черной и красной сторонам рейки, установленной на передней точке (см. графу 4 таблицы 1: $b_{чер} = 0534$, $b_{кр} = 5333$);
- если необходимо, то снимают отсчет на промежуточную (плюсовую) точку **С** только по черной стороне рейки и записывают отсчет в журнал в графу 5 таблица 1: $c = 0438$);
- вычисление превышения и контроль на станции. Отсчёт по рейке записывается в мм (образец взятия отсчетов по средней нити на рис.2.12).

Таблица 1 - Журнал технического нивелирования

Номер страницы	Точки наблю- дения	Отсчёты по рейкам			Превышения				Горизонт нивелира, м	Высоты точек
		задние	перед- ние	промеж	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	A	0680 5480								146,252
	C			0438	0146 0147		0146		146,932	146,494
	B		0534 5333							146,398

2. Вычисление превышений и высот (отметок) точек при техническом нивелировании.

Высоты точек на станции при геометрическом нивелировании можно определить двумя способами:

- 1) через превышения (h);
- 2) через горизонт нивелира (ГН, рисунок 8).

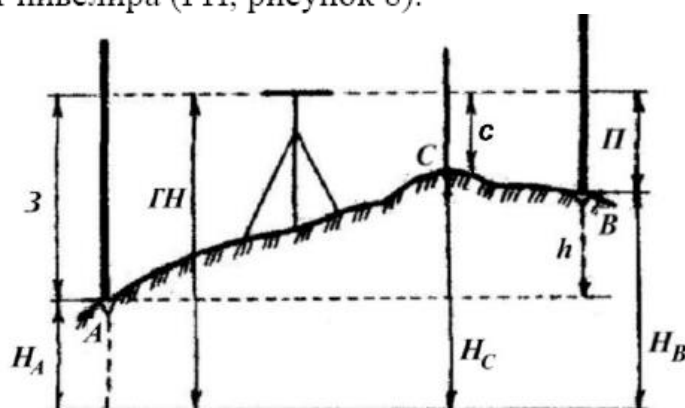


Рисунок 8 – Геометрическое нивелирование из середины

Горизонтом нивелира называют высоту визирного луча над уровенной поверхностью или отметку луча визирования.

Все результаты вычислений необходимо записать в журнал технического нивелирования. При вычислениях отсчёты в миллиметрах необходимо перевести в метры (отсчёт 0680=0,680 и т.д.).

Для нахождения превышения необходимо найти разность отсчётов на заднюю и переднюю рейки по чёрной и красной стороне реек:

$$h_ч = a_ч - e_ч \Rightarrow h_ч = 0680 - 0534 = +0146 \text{ мм};$$

$$h_{кр} = a_{кр} - e_{кр} \Rightarrow h_{кр} = 5480 - 5333 = +0147 \text{ мм}.$$

Эти величины необходимо записать в журнал в графу 6 (если превышение со знаком плюс) или в графу 7 (если превышение со знаком минус).

Расхождение между превышениями по чёрной и красной стороне реек не должно превышать 5 мм. Если этот допуск соблюдается, то находят среднее арифметическое из этих превышений $h_{ср} = (h_ч + h_{кр})/2$; $h_{ср} = (0146 + 0147)/2 = +0146 \text{ мм}$.

Округляют среднее превышение до 1 мм к ближайшей чётной цифре и записывают в графы 8 или 9 журнала в зависимости от знака превышения.

Отметку H_a записывают в графу 11 напротив точки A (в таблице 1 $H_a = 146,252$).

Зная H_a и $h_{ср}$ можно определить высоту точки B.

$$H_b = H_a + h_{ср} = 146,252 + 0,146 = 146,398 \text{ м}.$$

Записываем эту высоту в графу № 11 напротив точки *B*.

Горизонт нивелира можно вычислить по формуле

$$\Gamma H = H_a + a_r = 146,252 + 0,680 = 146,932 \text{ м.}$$

Записывают ΓH в графу 10 журнала. Через горизонт нивелира можно вторым способом определить высоту точки *B* по формуле $H_b = \Gamma H - e_{\text{ч}}$. Например

$$H_b = 146,932 - 0,534 = 146,398 \text{ м.}$$

Через горизонт нивелира вычисляют также высоты промежуточных точек (*C*) по формуле $H_c = \Gamma H - c = 146,932 - 0,438 = 146,494 \text{ м.}$

Записывают H_c в графу 11 напротив точки *C*.

В качестве отчёта о выполненной работе студентам необходимо предоставить задание с результатами измерений и вычислений, а также описанием методики выполнения проверок нивелиров.

3. Измерение превышения на станции при нивелировании IV класса. Постраничный контроль.

Одним из способов определения превышений является нивелирование горизонтальным лучом (геометрическое нивелирование, выполняемое геодезическим прибором – нивелиром). Основная особенность нивелира состоит в том, что после установки прибора на станции и его горизонтирования, визирная ось его зрительной трубы занимает горизонтальное положение.

Последовательность выполнения операций на станции при нивелировании IV класса следующая:

- приведение оси вращения нивелира в отвесное положение с помощью трёх подъёмных винтов по круглому уровню;
- приведение визирной линии трубы в горизонтальное положение с помощью элевационного винта и цилиндрического уровня.

Порядок взятия отсчетов по нивелирным рейкам при нивелировании IV класса:

Если точку *Pn.60* считать задней, а точку *X-1* передней, то отсчеты производят в следующем порядке:

1. Отсчет по дальномерной нити черной стороны рейки, установленной на задней точке.
2. Отсчет по средней нити черной стороны рейки, установленной на задней точке.
3. Отсчет по дальномерной нити черной стороны рейки, установленной на передней точке.
4. Отсчет по средней нити черной стороны рейки, установленной на передней точке.
5. Отсчет по средней нити красной стороны рейки, установленной на передней точке.
6. Отсчет по средней нити красной стороны рейки, установленной на задней точке.

Вычисление превышения и контроль на станции. Отсчёт по рейке записывается в мм (образец взятия отсчетов на рис.2.12).



При записи отсчетов в журнале на станции производят соответствующие вычисления. Порядок вычислений на станции и постраничный контроль обозначен в табл. 2.8 цифрами.

Оборудование, материалы

Нивелир 3Н-5Л, штатив, нивелирные рейки, костыли.

Задания, порядок и последовательность выполнения работы

Задача выполнения лабораторной работы — выполнить определение превышений методом технического нивелирования нивелиром типа 3Н-5Л, усвоить производство отсчетов по нивелирным рейкам и их обработки.

Последовательность выполнения задания:

1. Установка нивелира в рабочее положение.
2. Производство отсчетов по нивелирным рейкам по технологии технического нивелирования.
3. Порядок записи отсчетов в нивелирный журнал.
4. Обработка результатов нивелирования.

Требование к отчету

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Используемое оборудование.
3. Теоретическая часть.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется нивелированием местности?
2. Что такое геометрическое нивелирование?
3. Способы геометрического нивелирования.
4. Для чего производят постраничный контроль при геометрическом нивелировании?
5. Цель и назначение технического нивелирования и нивелирования IV класса.
6. Что называют превышением точек?
7. Какого класса точности прокладываются нивелирные хода для определения точек съемочного обоснования?
8. Порядок работы на станции при техническом нивелировании.
9. Порядок работы на станции при нивелировании IV класса.

Список литературы.

Перечень основной литературы

Основная литература:

1. Кузнецов, О.Ф. Инженерная геодезия : учебное пособие / О.Ф. Кузнецов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 267 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0174-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=466785>
2. Геодезия в строительстве [Электронный ресурс] : учебник / В. Ф. Нестеренок, М. С. Нестеренок, В. П. Подшивалов, А. С. Позняк. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 396 с. — 978-985-503-470-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67623.html>
3. Геодезия. Инженерное обеспечение строительства : учебно-методическое пособие / Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина, Т.В. Котова, Н.С. Воловник. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. - 165 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0172-2 ;

То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=466793>

Дополнительная литература:

1. Геодезия : учебник для вузов / А.Г. Юнусов, А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. - 2-е изд. - М. : Академический проект : Трикста, 2015. - 416 с. - (Gaudeamus: библиотека геодезиста и картографа). - Библиогр. в кн. - ISBN |978-5-8291-1730-6|978-5-904954-36-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144231>
2. Кузнецов О.Ф. Основы геодезии и топография местности [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Ф. Кузнецов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2017. — 286 с. — 978-5-9729-0175-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68998.html>
3. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение строительного производства [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Авакян. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический проект, 2017. — 588 с. — 978-5-8291-1953-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60143.html>
4. Кузнецов О.Ф. Инженерная геодезия [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Ф. Кузнецов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2017. — 266 с. — 978-5-9729-0174-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68989.html>

Методическая литература:

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)».
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)».
3. Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)».