

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИНК
_____ В.Н. Бориков
“ ___ ” _____ 2015 г.

**ВЫСОКОТОЧНЫЕ УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ТЕОДОЛИТОМ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Лабораторная работа №3

Методические указания к выполнению
лабораторной работы по курсу
«Теория измерений»
для студентов IV курса,
по направлению 200100 «Приборостроение»

Издательство
Томского политехнического университета
2015

УДК 681.783.23

Высокоточные угловые измерения в приборостроении теодолитом. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория измерений» для студентов IV курса, по направлению 200100 «Приборостроение», Томск: Изд-во ТПУ - 19с.

УДК 681.783.23

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры точного приборостроения «_____» _____ 2015 г.

Зав. кафедрой ТПС
доктор технических наук

_____ *В.Н. Бориков*

Председатель учебно-методической
комиссии

_____ *А.Н. Гормаков*

Рецензент

Старший преподаватель кафедры ТПС ИНК
Голиков А.Н.

© Томский политехнический
университет, 2015

© Гормаков А.Н., Иванова В.С., 2015

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2015

1. Цели и задачи работы

1.1. Ознакомление с оптическими методами измерения углов.

1.2. Изучение устройства и правил эксплуатации теодолита 2Т2А.

1.3. Приобретение навыков работы с теодолитом 2Т2А для решения следующих задач:

- определение величины и направления отклонения от плоскости горизонта.

2. Оборудование, измерительные приборы и инструменты

При выполнении работы используется автоколлимационный теодолит 2Т2А.

3. Общие сведения об измерении углов в приборостроении

3.1. Методы контроля положения поверхностей

При сборке приборов в качестве баз, определяющих положение поверхностей, могут быть использованы прямые линии и плоскости. Как правило, базовые линии (оси вращения, оптические и визирные оси) относятся к нематериальным (неявным или скрытым) базам. Углы между базой и контролируемыми поверхностями могут задаваться в широком диапазоне значений, однако чаще контролируется перпендикулярность и параллельность поверхностей.

Существует большое число методов контроля указанных углов, однако все они отличаются своими метрологическими параметрами: чувствительностью, точностью, пределами контролируемой величины.

3.2. Средства и методы высокоточных угловых измерений.

Теодолит – прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, образуемых направлениями на визирные цели, расположенные на различных расстояниях (от метров до десятков километров) от прибора.

3.2.1 Точность измерений

Точность измерений зависит от точности прибора и точности его установки.

Точность прибора. По точности теодолиты делятся на три типа:

- высокоточные ($m = \pm 0,5'' \div 1,0''$),
- точные ($m = \pm 2,0'' \div 10,0''$),
- технические ($m = \pm 15,0'' \div 30,0''$).

Соответственно, их марки по ГОСТ 10529-70: Т05; Т1; Т2; Т5; Т15; Т30; по ГОСТ 10529-79: Т1; Т2; Т5; Т15; Т30; Т60.

3.2.2. Назначение теодолита 2Т2А

Теодолит 2Т2А с автоколлимационной зрительной трубой служит для измерения углов между автоколлимационными изображениями, полученными от отражающих поверхностей (например, зеркал) или между автоколлимационным изображением и направлением на предмет местности. Выполнение таких работ бывает необходимо при монтаже и наладке оборудования, ориентации отдельных элементов конструкции или слежении за их положением во времени, построении осевых линий при строительстве различных технических устройств и промышленных сооружений. Автоколлимационное изображение от зеркальных поверхностей получается четким, и достаточно ярким, так что вполне возможно производить измерения в ясную солнечную погоду на открытой местности, находясь на расстоянии более 50 м до отражающего зеркала. Теодолит оборудован электроосвещением, что позволяет использовать его и в ночное время или в условиях плохой освещенности.

Температурный диапазон работы: от - 40 до + 40⁰ С.

Технические характеристики:

Средняя квадратическая погрешность измерения одного приема:

горизонтальных углов.....	3"
зенитных расстояний.....	4"
Диапазон измерения зенитных расстояний.....	30° ... 145°
Напряжение питания, В.....	2,5

Зрительная труба

Увеличение зрительной трубы	25X;
Угол поля зрения	1°30´
Диапазон визирования, м.....	2...∞
Наименьшее расстояние визирования, м.....	2
Наружный диаметр оправы объектива, мм.....	46

Отсчетное устройство

Цена деления лимбов горизонтального и вертикального кругов....	20´
Цена деления шкалы микрометра.....	1"
Цена деления лимба круга-искателя.....	10°

Уровни

Цена деления уровней при алидадах горизонтального и вертикального кругов.....	15"
--	-----

Оптический центрир

Увеличение оптического центрира.....	2,5X;
Угол поля зрения центрира.....	4°30´
Диапазон визирования, м.....	0,6 - 100

Масса

Масса теодолита с подставкой, кг.....	5
---------------------------------------	---

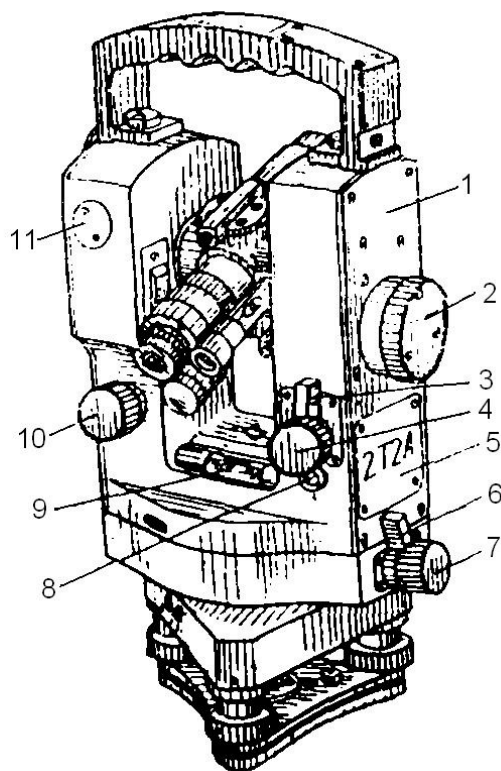


Рис. 1 Теодолит 2Т2А:

1 – боковая крышка; 2- рукоятка микрометра; 3,6, - закрепительные курки; 4,7 – наводящие винты; 5- крышка; 8 – юстировочный винт; 9 –уровень при алидаде горизонтального круга; 10 - установочный винт уровня; 11- пробка.

3.2.3 Устройство теодолита

Все теодолиты имеют подставки с тремя подъемными винтами, колонки, на которых размещены все остальные узлы: горизонтальный и вертикальный круги с их отсчетными устройствами, зрительные трубы, зажимные и наводящие устройства, уровни, системы подсветки шкал и др. Конструктивно перечисленные части могут отличаться в теодолитах различных типов, но их назначение сохраняется.

Оптический теодолит 2Т2А имеет следующие основные особенности:

- в поле зрения отсчетного микроскопа введены цифровые указатели десятков минут для упрощения отсчета;
- зрительная труба с автоколлимационным окуляром обеспечивает высокое качество изображения благодаря ахроматической и сферохроматической коррекции оптики;
- основные детали и узлы защищены от попадания пыли.

Зрительная труба 4 (рис. 2) обоими концами переводится через зенит. Ее фокусируют вращением кремальеры 10. Окуляр 14 устанавливают по глазу вращением диоптрийного кольца до появления четкого изображения сетки нитей в виде прерывистых штрихов (рис. 3а). При совмещении перекрытия сетки нитей с его автоколлимационным изображением образуются сплошные линии (рис. 3б). Коллиматорные визиры 6 (рис. 2) предназначены для грубой наводки

на цель. При пользовании визиром глаз располагают на расстоянии 25-30 см от него.

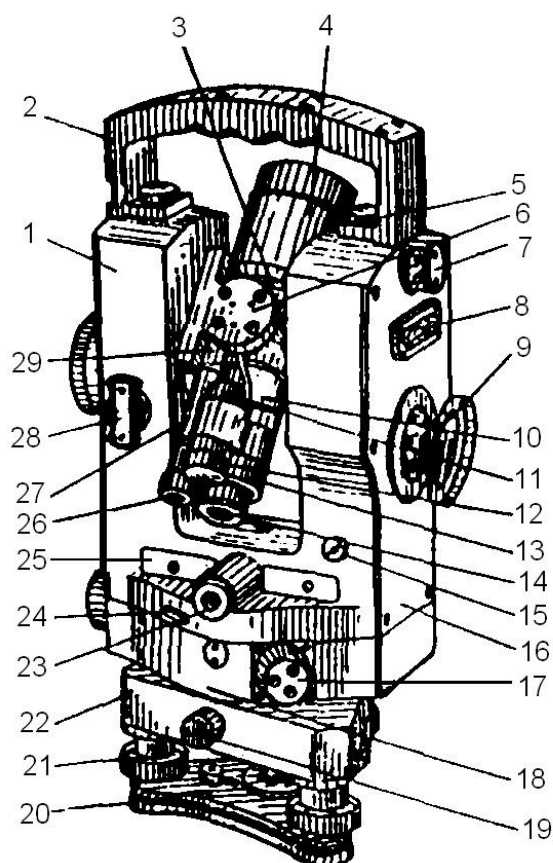


Рис. 2 Общий вид теодолита:

1 – колонка; 2- ручка; 3- клиновое кольцо; 4- зрительная труба; 5 – винт; 6 – коллиматорный визир; 7 призма-лупа; 8 – окно; 9 – зеркало; 10 – кремальера; 11 – гайка; 12 – колпачок; 13 – корпус окуляра; 14 - окуляр зрительной трубы; 15- штеткерное гнездо; 16- боковая крышка; 17- рукоятка; 18 – корпус низка; 19 – закрепительный винт подставки; 20 – трегер; 21 – подъемный винт; 22 – подставка; 23- окуляр центрира; 24 – иллюминатор круга-искателя; 25 – крышка; 26 – диоптрийное кольцо окуляра микроскопа; 27 – микроскоп; 28 – рукоятка-переключатель; 29 – ось горизонтальная.

Зрительная труба закреплена в горизонтальной оси 29. Между корпусом трубы и осью расположено клиновое кольцо 3, вращением которого изменяют направление визирной оси трубы относительно горизонтальной оси при устранении коллимационной погрешности. На одном конце горизонтальной оси укреплен вертикальный круг, на другом – втулка с хомутиком, входящая в систему наводящего устройства зрительной трубы с закрепительным курком 3 (рис. 2) и наводящим винтом 4. Горизонтальная ось с помощью эксцентриковых лагер установлена в колонке 1 (рис. 2) перпендикулярно вертикальной оси теодолита.

Вертикальная цилиндрическая ось, жестко скрепленная с колонкой, опирается на шариковый подшипник и вращается внутри буксы. На буксу надета втулка с горизонтальным кругом, который можно вращать относительно буксы рукояткой 17, соединяемой с кругом при помощи разъемного зубчатого зацепления. Зацепление включается при нажатии на рукоятку вдоль оси ее

вращения. Для контроля установки горизонтального круга при смене его участков между приемами используют круг-искатель, отсчет по которому устанавливают с помощью индексов на иллюминаторах 24.

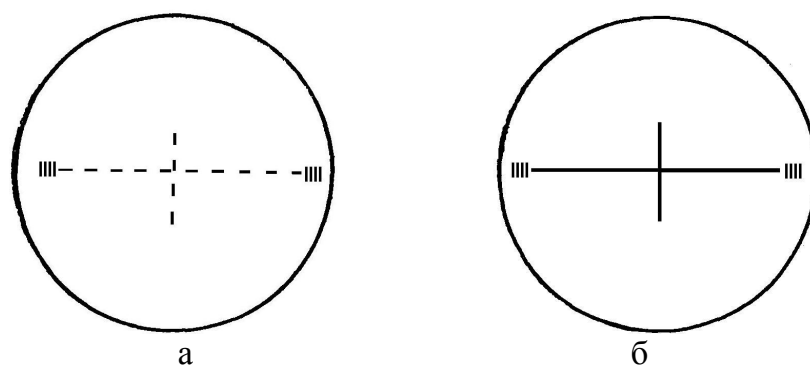


Рис. 3 Сетки нитей

В корпусе низка 18, скрепленного с колонкой четырьмя винтами, расположен механизм наводящего устройства алидады с наводящим винтом 7 (рис. 1) и закрепительным курком 6.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через 26' и оцифрованы через 1°. Горизонтальный круг имеет двойные (бифилярные) штрихи, вертикальный – одинарные. Поверхности кругов со штрихами заклеены прозрачными стеклами, защищающими от загрязнения и повреждения.

Изображения штрихов и цифр передаются в поле зрения отсчетного микроскопа с помощью двухканальной оптической системы. Переключение каналов производят поворотом рукоятки 28 (см. рис. 2) на 90°. При горизонтальном положении рукоятки в поле зрения микроскопа видно изображение двойных штрихов горизонтального круга, при вертикальном положении – изображение штрихов вертикального круга. Изображение горизонтального круга отсечено желтым цветом. Поворотом и наклоном зеркала 9 достигают оптимального освещения поля зрения. Вращением диоптрийного кольца 26 окуляр микроскопа устанавливают по глазу.

На боковой крышке 1 (рис. 1) колонки находится микрометр с поступательно - перемещающимися клиньями и разделительным блоком призм. Микрометром измеряют доли деления лимба. При вращении рукоятки 2 пара оптических клиньев вместе со шкалой минут и секунд перемещается вдоль оптической оси, смещая изображения диаметрально противоположных штрихов лимба навстречу друг другу. Шкала микрометра показывает значения смещений в угловой мере.

Изображение пузырька уровня при алидаде вертикального круга, освещаемого через окно 8 (рис. 2), передано системой призм на поворотную призмолупу 7. Уровень юстируют двумя винтами, закрытыми пробкой 11 (рис. 1). Перед отсчитыванием по вертикальному кругу концы пузырька совмещают установочным винтом 10. Юстировочным винтом 8 исправляют положение оси уровня 9 при алидаде горизонтального круга.

Теодолит снабжен оптическим центриром. Его окуляр 23 (рис. 2) устанавливают по глазу вращением диоптрического кольца до получения четкого изображения сетки нитей в виде концентрических окружностей. Продольным перемещением окулярного колена центрир фокусируют на точку местности. Объектив центрира расположен внутри пустотелой вертикальной оси.

Винтами 5 на колонке укреплена ручка 2 для переноски теодолита, придающая колонке дополнительную жесткость.

Теодолит закрепляют в подставке 22 винтом 19. Подставка съемная, что позволяет выполнять измерения трехштативном методом.

Вращением подъемных винтов 21 вертикальную ось теодолита выставляют отвесно. Резьбовая часть винта защищена втулкой. Ход подъемных винтов регулируют вращением гайки, в результате чего сжимается разрезанная втулка, плотно обхватывая резьбу подъемного винта. С пружиной трегера 20 скреплена соединительная втулка с резьбой М16х1,5-6Н, при помощи которой теодолит закрепляют на штативе становым винтом.

Электрическая цепь теодолита однопроводная. Питание от аккумулятора подводят через штепсельный разъем к подставке. Ток поступает к штекерному гнезду 15 и к лампочке автоколлимационного окуляра через токосъемное кольцо.

При недостаточной освещенности отсчетной системы против окна 8 устанавливают фонарь, штекер которого вводят в штекерное гнездо 15. Фонарь освещает одновременно отсчетное устройство и уровень при алидаде вертикального круга.

3.2.4 Ориентир-буссоль

Ориентир-буссоль (рис. 4) служит для ориентирования визирной оси теодолита относительно магнитного меридиана. Ее устанавливают в паз на ручке теодолита и закрепляют винтом 2. магнитную стрелку арретируют вращением винта 3. Северный конец стрелки окрашен в синий цвет. Для уравновешивания стрелки на южном конце установлен передвижной грузик.

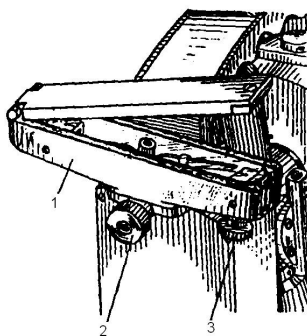


Рис. 4 Ориентир-буссоль:
1- корпус ориентир-буссоли; 2,3 – винты.

3.2.5 Окулярные насадки

Для удобства визирования на цели, расположенные под углом более 45° к горизонту, применяют окулярные насадки 1 и 2 (рис. 5), надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Окулярная насадка на зрительную трубу снабжена откидным свето-фильтром для визирования на Солнце.

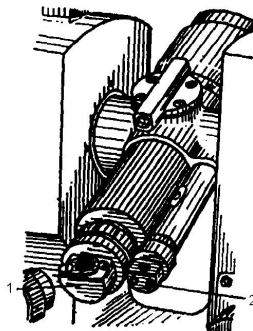


Рис. 5 Окулярные насадки:
1 – на зрительную трубу; 2 – на микроскоп.

3.2.6 Футляр

Металлический футляр (рис. 6) состоит из основания 3 и колпака 5. Теодолит устанавливают на стойки основания и закрепляют рычажным захватом, состоящим из двух рычагов 4 (рис. 6) и пружины, в углубление которой при закреплении теодолита входит штифт. На основании футляра расположен пенал для отверток, шпилек, ключа и масленки, а также стакан для салфетки и бленды.

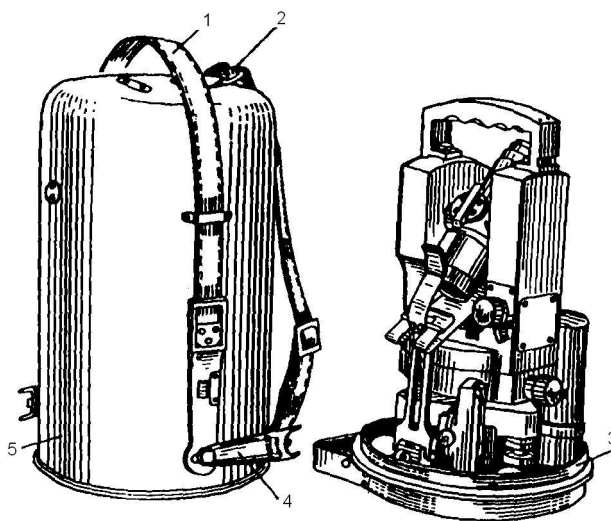


Рис.6 Теодолит в футляре со снятым колпаком
1,2 – ремни; 3- основание; 4- замок; 5 – колпак

Колпак скрепляют с основанием 3 двумя замками (рис. 6). Ремни 1 и 2 служат для переноски футляра в руке и за спиной.

3.2.7 Поверка теодолита

Правильные результаты измерений могут быть обеспечены только исправным прибором. Поэтому при получении прибора следует:

- ❖ произвести его внешний осмотр;
- ❖ провести **поверки и юстировки**.

При осмотре решается вопрос о пригодности прибора. При этом выявляются возможные дефекты изготовления или наличие внешних повреждений прибора при его предыдущей эксплуатации. **При осмотре проверяют следующее:**

- ✓ плавность вращения всех деталей, рукояток и винтов;
- ✓ точность нанесения делений лимба;
- ✓ плавность перемещения пузырьков уровней;
- ✓ четкость и неокрашенность в цвета радуги изображений рассматриваемых предметов в зрительной трубе;
- ✓ резкость изображения шкал отсчётного приспособления.

После осмотра проводят поверки прибора и, если необходимо, его юстировки.

Поверка - выявление правильности взаимного расположения отдельных частей и осей прибора, определяющих соблюдение его геометрической схемы.

Юстировка - исправление нарушенных условий взаиморасположения осей теодолита.

4. Подготовка теодолита к работе

4.1. Развертывание и установка комплекта

- откройте замки футляра, оттянув пружины-фиксаторы и повернув рукоятки замков по направлению стрелок, и снимите колпак основания;
- заложив пальцы обеих рук за рычаг, как показано на рис. 7, большими пальцами нажмите на пружину сверху и осторожно освободите рычаг из зацепления с пружиной;
- откиньте рычаг с пружиной и извлеките теодолит из укладки;

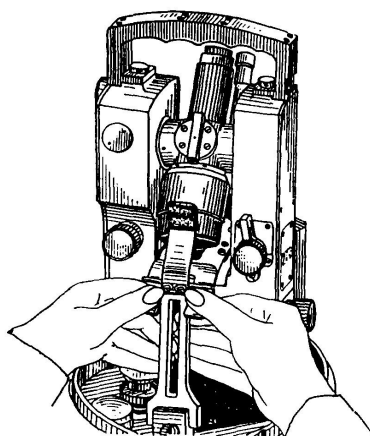


Рис. 7. Открепление теодолита

- закрепите теодолит на стойке и подъемными винтами подставки приведите пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в среднее положение;

- поверните алидаду на 180° и проверти положение уровня; при необходимости отъюстируйте уровень.

4.2 Установка теодолита в рабочее положение

Установка теодолита в рабочее положение выполняется перед началом любых с ним работ, касается это основных измерительных работ, либо специальных работ, связанных с установлением его работоспособности.

Установка теодолита в рабочее положение заключается в его центрировании над вершиной измеряемого угла, горизонтировании и установке для наблюдений зрительной трубы и отсчетной системы. При проведении проверок в большинстве случаев центрирование теодолита не выполняют.

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

Горизонтирование - приведение вертикальной оси вращения теодолита в отвесное положение.

Для центрирования теодолита используется отвес, который подвешивается на крючок станкового винта (рис. 8).

Горизонтирование и центрирование выполняют методом последовательных приближений.

Становым винтом через резьбовое гнездо подставки теодолит прикрепляется к плоской головке штатива. Предварительно штатив необходимо установить так, чтобы плоскость его головки заняла примерно горизонтальное положение, а острие отвеса совпало с вершиной угла.

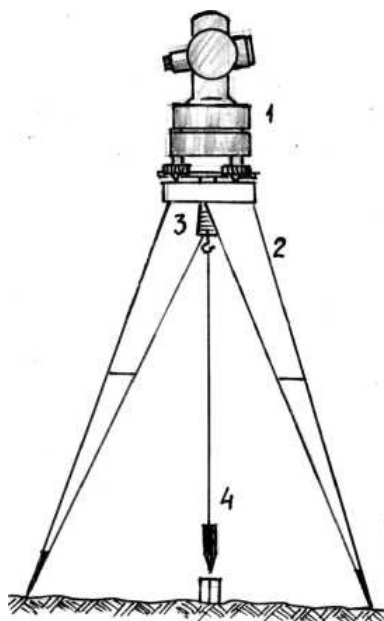


Рис. 8 Центрирование теодолита

При этом ножки штатива должны быть надежно зафиксированы в грунте, либо быть устойчивыми на твердой поверхности, например, асфальте. Небольшие перемещения острия отвеса над вершиной измеряемого угла достигаются

перемещением самого теодолита при ослабленном станочном винте. После выполнения центрирования станочный винт снова необходимо зажать.

Горизонтирование теодолита рекомендуется выполнять в указанной ниже последовательности.

1. Установить ось цилиндрического уровня по направлению двух любых ножек штатива и, ослабив у одной из них зажим раздвижной системы, по возможности точно привести пузырек уровня к середине ампулы.

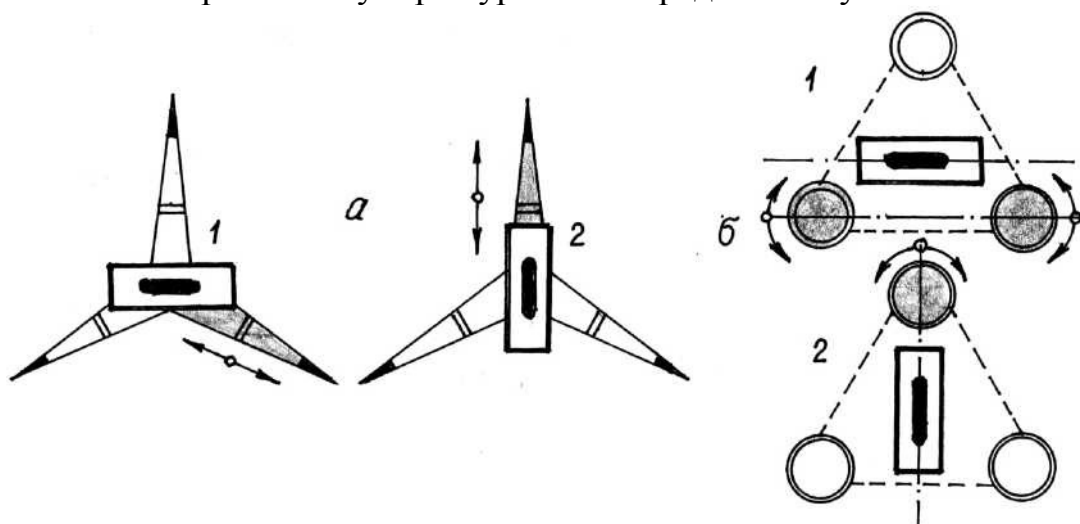


Рис. 9 Горизонтирование теодолита

*а - предварительное горизонтирование ножками штатива;
б - горизонтирование подъемными винтами подставки*

2. Установить ось цилиндрического уровня по направлению на третью ножку штатива и изменением ее длины привести пузырек уровня к середине ампулы (поз. 2). Проверить позицию 1 по двум ножкам штатива.

3. Установить ось уровня на два любых подъемных винта подставки и, вращая эти винты в противоположные стороны примерно на одинаковый угол, привести пузырек точно на середину ампулы.

4. Установить ось уровня по направлению на третий подъемный винт подставки и вращением этого винта привести пузырек уровня точно на середину ампулы (поз. 2). Проверить позицию 1, а затем снова позицию 2, и при необходимости поправить положение пузырька.

Установка зрительной трубы и отсчетной системы для наблюдений заключается в установке четкого (по глазу) изображения сетки нитей вращением окулярного колена зрительной трубы и четкого изображения шкал горизонтального и вертикального кругов вращением окулярного колена зрительной трубки отсчетной системы.

Установка теодолита в рабочее положение (центрирование и горизонтирование) с помощью оптического центрира выполняется приближениями.

Найти в поле зрения оптического центрира точку, над которой производится центрирование, и закрепить в грунте или на твердой поверхности ножки штатива, следя за тем, чтобы изображение точки находилось как можно ближе к центру поля зрения центрира.

Выполнить установку пузырька цилиндрического уровня с помощью ножек

штатива, а затем - с помощью подъемных винтов подставки, как это выполняется при использовании отвеса.

При нарушении условия центрирования необходимо ослабить становой винт и переместить теодолит на головке штатива до совмещения центра поля зрения оптического центрира с вершиной измеряемого угла. Повторить действия по центрированию и горизонтированию по ножкам штатива и подъемным винтам подставки до достижения желаемого результата.

Горизонтирование может считаться удовлетворительным, если при любом положении колонки теодолита пузырек цилиндрического уровня при горизонтальном круге будет отклоняться от своего среднего положения не более чем на 2 деления ампулы.

4.3 Особенности эксплуатации теодолита 2Т2А

Особенностью эксплуатации теодолита 2Т2А является методика поиска отраженного изображения перекрестия, связанная со спецификой использования автоколлимационного теодолита.

При поиске и наведении необходимо выполнить в конечном итоге два действия: навести зрительную трубу на зеркало и расположить визирную ось теодолита перпендикулярно к зеркалу (или зеркало расположить перпендикулярно к визирной оси), т. е. создать условие отражения лучей в направлении объектива зрительной трубы.

Для того чтобы получить автоколлимационное изображение от плоского зеркала, необходимо, чтобы зрительная труба была выставлена на бесконечность. Для этого в комплект теодолита включена специальная зеркальная насадка, надеваемая на объектив зрительной трубы для предварительной установки ее на бесконечность. Надев насадку и закрепив ее винтом, вращением кремальеры находят второе, отраженное от зеркала насадки, изображение перекрестия— зрительная труба будет выставлена на бесконечность.

Во время установки зрительной трубы на бесконечность и последующей работы методом автоколлимации к теодолиту должен быть подключен аккумулятор или иной источник питания напряжением 2,5—3 В, после чего в поле зрения трубы должны появиться светящиеся штрихи перекрестия сетки. Установка зрительной трубы на бесконечность может сочетаться с наведением ее на отражающую поверхность без применения насадки. Для этого следует руководствоваться следующим. Установить теодолит по уровню и навести зрительную трубу на зеркало (или иную отражающую поверхность), совместив перекрестие сетки с центром зеркала. Перефокусировать зрительную трубу таким образом, чтобы в зеркале появилось отраженное изображение теодолита или предметов, окружающих его. Последовательными поворотами зеркала и зрительной трубы навести перекрестие сетки на центр изображения объектива теодолита, отраженного от зеркала, но так, чтобы это изображение расположилось у центра зеркала. Вращением кремальеры против хода часовой стрелки найти второе, автоколлимационное изображение перекрестия сетки, после чего вращением наводящих винтов точно совместить его с основным изображением сетки. Если

отраженное перекрестие найти не удастся, осторожно надеть на объектив насадку, вращением кремальеры отфокусировать зрительную трубу до получения отраженного изображения сетки, после чего осторожно снять насадку и подправить фокусировку по реальной отражающей поверхности.

Если необходимо навести зрительную трубу на неподвижное зеркало, то в отличие от предыдущего необходимо отраженное изображение теодолита искать только вращением зрительной трубы теодолита и его перемещением.

Если необходимо расположить зеркало перпендикулярно к заданному направлению, поиск отраженного изображения теодолита следует вести поворотом и смещением зеркала.

Примечание. Автоколлимационное изображение сетки нитей следует отличать от ложного изображения, являющегося результатом отражения света от поверхностей деталей зрительной трубы.

Автоколлимационное изображение по яркости такое же, как и само перекрестие сетки нитей. При повороте зеркала оно перемещается. Ложное изображение, слабое по яркости, остается неподвижным при повороте зеркала и исчезает при фокусировке трубы на бесконечность, т.е. при появлении рабочего автоколлимационного изображения.

4.4 Снятие показаний по угломерным кругам

Вид поля зрения отчетного микроскопа показан на рис. 8. В центральном окне поля находятся изображения диаметрально противоположных штрихов круга, разграниченные разделительной линией, в верхнем окне – цифры градусов и шкала из шести цифр (от 0 до 5), указывающих десятки минут, в правом окне – шкала микрометра.

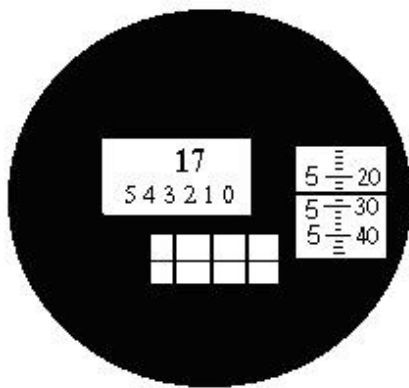


Рис.10 Поле зрения микроскопа: отсчет по вертикальному кругу $17^{\circ}25'26''$

Для получения отсчета необходимо тщательно совместить рукояткой 2 (рис. 1) микрометра верхнее и нижнее изображение штрихов вертикального круга или средние линии верхнего и нижнего изображения бифилярных штрихов горизонтального круга. Если в верхнем окне видны два градусных числа, то рабочим является число, не выходящее за пределы цифровой шкалы десятков минут. Цифра шкалы, расположенная под серединой числа градусов, показывает количество десятков минут, к ним прибавляется единицы минут и секунды со шкалы микрометра. На рисунке 10 отсчет по вертикальному кругу равен $17^{\circ}25'26''$.

Перед совмещением штрихов вертикального круга необходимо совместить концы пузырька уровня установочным винтом 10 (рис.1).

5. Порядок работы

5.1. Измерить отклонение от горизонтальной и вертикальной плоскостей объекта, предложенного преподавателем.

5.1.1 Закрепить теодолит на специальной стойке «Приспособление для теодолита КЮ 2.779290.

5.1.2 Подъемными винтами подставки теодолита привести пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в среднее положение.

5.1.3. Навести зрительную трубу на левый верхний угол таблички (точка А), так, чтобы крайняя точка угла таблицы лежала в перекрестии сетки (рис.3).

5.1.4. Снять показания по угломерным кругам в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1 Координаты углов, измеряемого объекта

№	Точка	По горизонтали	По вертикали
1	А		
2	В		
3	С		
4	D		

5.1.5. Повторить пункты 5.1.3, 5.1.4. для точек В, С, D.

5.1.6. Провести необходимые вычисления и сделать вывод о положении таблички в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

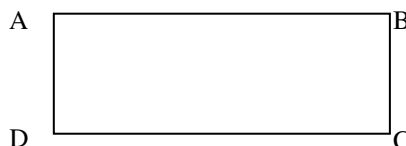


Рис.11. Внешний вид таблички с указанием точек измерений

6. Требования к содержанию отчета студента по лабораторной работе

Отчет должен включать:

- титульный лист, оформленный в соответствии с СТП ТПУ 2.3.05-2006 (Приложение А);
- цели выполнения лабораторной работы;
- используемые материалы, технические и программные средства;
- основную часть: описание методик, используемых при проведении измерений; результаты измерений, расчетов, наблюдений;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы;

Отчет сопровождается принципиальными и структурными схемами, таблицами с результатами вычислений и измерений, графиками, рисунками (по необходимости).

7. Контрольные вопросы

1. Как перевести теодолит 2Т2А в режим работы автоколлиматора?
2. В каком случае методика горизонтирования прибора или установки будет проще? Ответ обосновать.
 - а) основание установлено на трех регулируемых опорах;
 - б) основание установлено на четырех регулируемых опорах;

Литература

1. Теодолит 2Т2А (назначение, технические характеристики, подготовка теодолита к работе и порядок работы). Приложение к методическим указаниям по выполнению лабораторных работ. 24 с.
2. Петров В.П. Контроль качества и испытание оптических приборов. –Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. –222 с. ил.
3. Высокоточные угловые измерения /Д.А. Анист, К.М. Константинович, И.В. Меськин и др.; под ред. Ю.Г. Якушенкова, М.: Машиностроение, 1987. –с.480; ил.
4. Кузнецов П.Н., Васютинский И.Ю., Ямбаев Х.К. Геофизическое инструментирование: Учебник для вузов. –М.: Недра, 1984. –364с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Отчет по лабораторной работе №3

**ВЫСОКОТОЧНЫЕ УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ТЕОДОЛИТОМ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Выполнил студент группы _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

(дата)

Проверил преподаватель

(подпись)

(Ф.И.О.)

(дата)

Томск - 2015

Учебное издание

Гормаков Анатолий Николаевич

Иванова Вероника Сергеевна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ
В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Использование измерительных инструментов в приборостроении: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория измерений» для студентов III курса


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати __. __.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать Херох. Усл. печ. л. 000. Уч.-изд. л. 000.
Заказ ХХХ. Тираж 020 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

