

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова

ГЕОДЕЗИЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ VEGA И CST/BERGER

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*



Красноярск 2020

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова

ГЕОДЕЗИЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ VEGA И CST/BERGER

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Красноярск 2020

Рецензент

*О.П. Колпакова, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры землеустройства и кадастров*

Шумаев, К. Н.

Геодезия. Электронные теодолиты технической точности VEGA И CST/berger : методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2020. – 58 с.

Методические указания написаны в соответствии с утверждёнными программами курсов «Геодезия», «Инженерная геодезия». В издании представлены электронные теодолиты технической точности. Рассмотрено их устройство, дано описание необходимых поверок и юстировок, изложена методика выполнения измерений при работе на станции при создании съёмочного обоснования.

Предназначено для обучения студентов Института землеустройства, кадастров и природообустройства по направлениям 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» Института агроэкологических технологий, очной и заочной формы обучения, для самостоятельного изучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ	6
2 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА VEGA TEO 20	9
3 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА CST/BERGER 56-BDT30	12
4 ФУНКЦИИ ДИСПЛЕЯ И КЛАВИШ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ	14
5 УСТАНОВКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ	14
6 НАСТРОЙКА ИЗМЕРЕНИЙ	17
7 ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ	18
8 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ	23
9 ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ	29
9.1 Измерение горизонтальных углов	29
9.2 Измерение вертикальных углов	30
9.3 Измерение уклона	30
9.4 Измерение расстояния по дальномерным нитям ...	30
9.5 Вынос проектного горизонтального угла	32
9.6 Ошибки, возникающие в процессе измерения углов	32
10 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ ...	33
11 РАБОТА НА СТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЁМОМ	34
12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТЕОДОЛИТАМИ	37
13 ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ	39
ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ	41
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	44
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46
Приложение А. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОДОЛИТА	52
Приложение Б. НАВЕДЕНИЕ НА ОБЪЕКТ ВИЗИРОВАНИЯ	54
Приложение В. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К ТЕОДОЛИТУ	55

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное и эффективное использование земли всегда является весьма актуальным вопросом. Для обеспечения этого требования необходимы точные планово-картографические, учётные, обследовательские и другие материалы, составляемые на основе геодезической съёмки.

Вся работа землеустроителей, геодезистов, мелиораторов теснейшим образом связана с измерениями на местности. Они включают привязку к пунктам государственных геодезических сетей и сетей сгущения, создание съёмочного обоснования, различные виды топографических съёмок, разбивку осей сооружений, вынос проектов в натуру.

Теодолиты широко используются при инженерно-геодезических изысканиях различного рода: строительных, гидромелиоративных, геологических, лесоустроительных, землеустроительных, дорожных.

Угловые измерения относятся к важнейшему виду геодезических измерений. До сих пор одним из наиболее распространённых средств выполнения измерений и изысканий, наряду с тахеометрами, являются такие угломерные приборы, как теодолиты.

Приборостроители ведут научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых образцов угломерных приборов, соответствующих современным требованиям геодезического производства в различных отраслях экономики. Длительное время в области геодезического приборостроения ещё будут актуальными вопросы разработки, изготовления, исследования, испытаний и применения теодолитов.

Современный этап развития теодолитов характеризуется высоким уровнем международной стандартизации и унификации. Применяется более совершенная оптика, стабильные осевые системы, высокотехнологичное электронное оборудование на основе микросхем и компьютерных технологий. Современный набор дополнительных принадлежностей раздвигает традиционные границы применения и дополняет основные функции теодолитов. В конструкции приборов всё более широко используются высокопрочные облегчённые сплавы и материалы на основе полимеров.

Использование компьютерных технологий облегчает и упрощает производство измерений. Сводится к минимуму вероятность ошибок при считывании отсчётов и значительно возрастает производительность работ.

При производстве строительных работ, когда не требуется применение дорогостоящих комплексов с большим набором функциональных возможностей, теодолиты остаются наиболее востребованными угломерными инструментами. Недостатки теодолитов компенсируются широким использованием в строительном производстве недорогих лазерных построителей плоскостей и направлений. Ценовой диапазон электронных теодолитов, в сравнении с тахеометрами, часто определяет выбор геодезистов в пользу более экономичных теодолитов.

Учебным планом для студентов, обучающихся по направлениям 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» Института землеустройства, кадастров и природообустройства, предусмотрены курсы «Геодезия» и «Инженерная геодезия». В этих курсах изучение угломерных приборов начинается с теодолитов технической точности. Теоретические знания необходимо закрепить на лабораторных занятиях. Студенты получают практические навыки подготовки приборов к измерениям и непосредственно измерений.

Методические указания включают в себя изучение устройства приборов, изложена методика метрологического обеспечения, то есть выполнения поверок и юстировок, измерений горизонтальных и вертикальных углов, дальномерных расстояний при помощи электронных теодолитов технической точности. В указаниях приведены термины и понятия. Даны рекомендации по безопасному ведению работ с использованием теодолитов в условиях лаборатории.

Методические указания составлены в соответствии с действующим государственным стандартом и рабочей программой для студентов направлений 21.03.02, 20.03.02. Могут быть полезны для студентов, обучающихся по направлениям 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».

1 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ

Теодолиты в течение веков прошли длительную эволюцию (приложение А). От первых, массивных, полностью металлических теодолитов, ещё не имевших вертикального круга (рисунок 1), до современных высокотехнологичных и эргономичных, из легких стойких сплавов и полимеров. Их совершенствование и поиск новых конструктивных решений продолжают и в настоящее время.



Рисунок 1 – Теодолит малый

Происхождение слова «*теодолит*» связано с греческими понятиями «*theasthai*» (смотреть) и «*elitteo*» (вращать), которые в полной мере отражают функциональную сущность прибора. Или, по другой версии, происходит от французских понятий «*рассматриваю + длинный*». Термин *теодолит* определяется как геодезический прибор, предназначенный для измерения го-

горизонтальных и вертикальных углов. По классификации средств измерений теодолиты относятся к угломерным приборам. Конструктивно теодолит состоит из вращающегося на вертикальной оси горизонтального круга с алидадой и скреплённых с нею колонок, на которые опирается горизонтальная ось, несущая зрительную трубу и вертикальный круг.

По принятой классификации теодолитов по точности измерений их можно разделить на четыре группы: высокоточные, повышенной точности, средней точности и технические. Рассматриваемые в данных методических указаниях приборы относятся к низшему классу.

Высокоточные теодолиты обеспечивают точность измерения горизонтальных углов из одного приёма не ниже 1".

Теодолиты повышенной точности обеспечивают точность измерения горизонтального угла из одного приёма со средней квадратической ошибкой от 1.5" до 3".

Теодолиты средней точности обеспечивают точность измерения горизонтального угла из одного приёма со средней квадратической ошибкой от 3" до 20".

Теодолиты технической точности обеспечивают точность измерения горизонтального угла одним приёмом со средней квадратической ошибкой от 20" до 1'.

Для того чтобы выполнить измерение горизонтального и вертикального угла на местности, в конструкции теодолита содержатся:

- 1) горизонтальный и вертикальный круги со шкалами и отсчётными устройствами для снятия отсчётов по ним;
- 2) устройство для наведения на пункт (точку) наблюдения (визирное устройство);
- 3) системы для поворота визирного устройства в двух плоскостях;
- 4) приспособления для ориентирования круговых шкал (лимбов) в заданных плоскостях измерений (горизонтальной и вертикальной);
- 5) приспособления для установки прибора над заданной точкой, с которой производится наблюдение.

Технические электронные теодолиты, так же как и оптические, применяются для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний нитяным дальномером при произ-

водстве различного рода топографических и разбивочно-привязочных работ. На рисунке 2 представлен электронный теодолит VEGA TEO 20 китайского производства.



Рисунок 2 – Электронный теодолит VEGA TEO 20

В конструкции электронного теодолита имеется цифровой преобразователь угла в цифровой код. Цифровой преобразователь угла состоит из двух элементов: кодирующего диска, индексной диафрагмы и фотоэлектрической считывающей системы. В основу кода заложена двоичная система. На соосно расположенных дисках (лимбе и алидаде), на обращенных друг к другу поверхностях, нанесены кодирующий диск и индексная диафрагма. Они представляют собой концентрические кодовые дорожки с прозрачными и непрозрачными сегментами. Соответственно, отсчет по кодовому лимбу представляется сочетанием двух сигналов «темно – светло». Двоичный сигнал преобразуется в цифровой код и выводится на дисплей.

На рисунке 3 представлен электронный теодолит CST/berger 56-BDT30.



Рисунок 3 – Электронный теодолит CST/berger 56-BDT30

2 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА VEGA TEO 20

Данный прибор обеспечивает точность измерения горизонтальных углов одним приемом со средней квадратической ошибкой 20". Устройство теодолита VEGA TEO 20 представлено на рисунке 4. Техническая характеристика теодолита VEGA TEO 20 представлена в таблице 1.

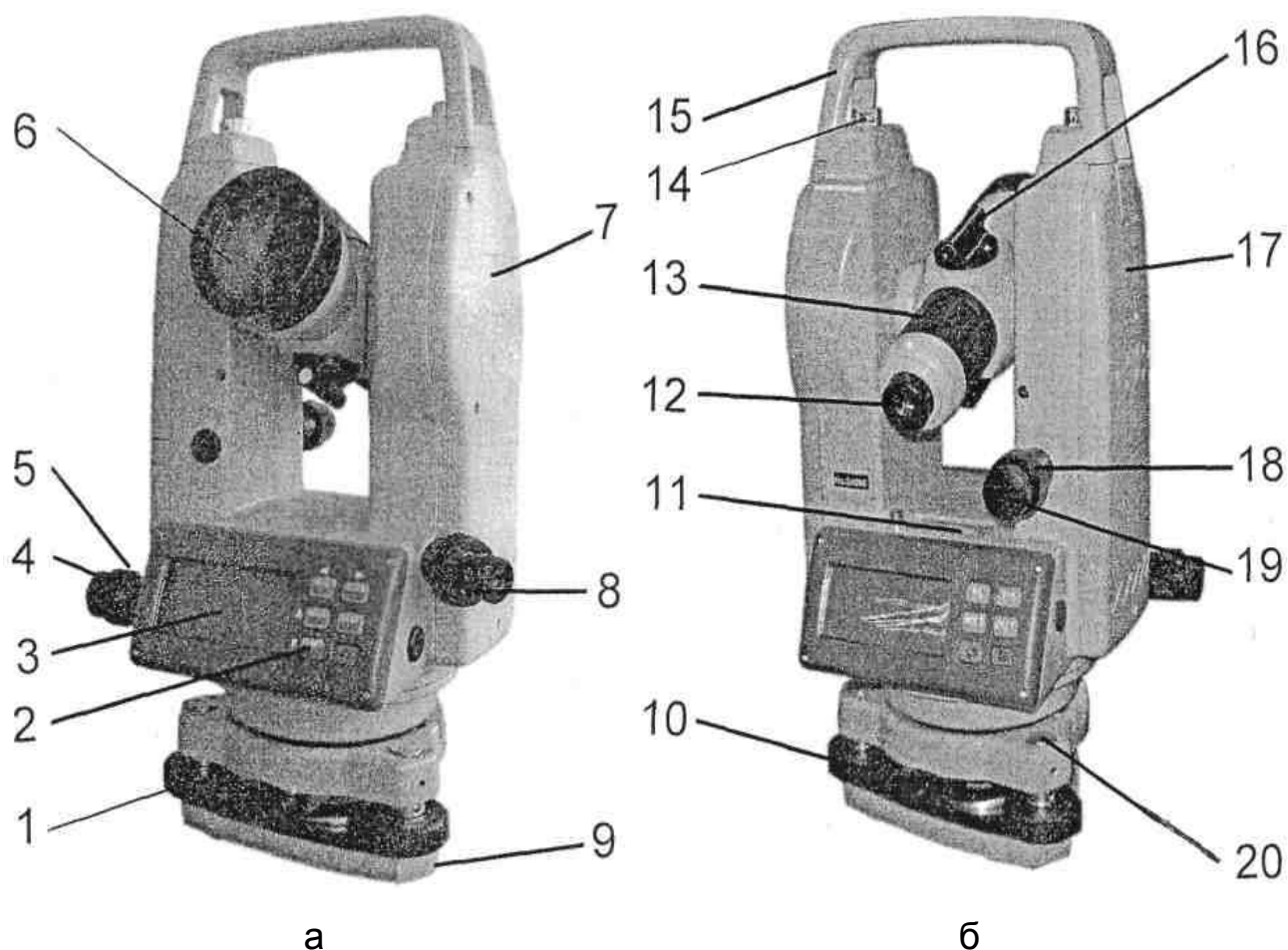


Рисунок 4 – Устройство электронного теодолита VEGA TEO 20:
 а – вид теодолита со стороны оптического центра; б – вид теодолита со стороны закрепительного винта трубы и вертикального круга;
 1 – подъёмные винты; 2 – функциональные клавиши; 3 – дисплей; 4 – наводящий винт горизонтального круга; 5 – закрепительный винт горизонтального круга; 6 – объектив зрительной трубы; 7 – метка высоты инструмента; 8 – оптический центрир; 9 – основание;
 10 – закрепительный винт подставки; 11 – цилиндрический уровень; 12 – кольцо окуляра зрительной трубы диоптрийное; 13 – кремальера (фокусирующее кольцо); 14 – винт ручки теодолита; 15 – ручка теодолита; 16 – коллиматорный визир; 17 – отделение для батарей; 18 – закрепительный винт трубы и вертикального круга; 19 – наводящий винт трубы и вертикального круга; 20 – круглый уровень

Электронный теодолит VEGA TEO 20 состоит из горизонтального круга, вертикального круга, зрительной трубы, бортового компьютера и подставки. Подставка у теодолита съёмная. Горизонтальный и вертикальный круги, как и у оптических теодолитов, выполнены из стекла. Горизонтальный и вертикальный круги градуированы от 0 до 360°.

Таблица 1 – Техническая характеристика электронного теодолита VEGA TEO 20

Элемент теодолита	Параметр	Величина
Зрительная труба	Длина	155 мм
	Диаметр входного зрачка, не менее	45 мм
	Увеличение, не менее	30 ^x
	Изображение	Прямое
	Угловое поле зрения	1°30'
	Предел разрешения, не более	2.5"
	Наименьшее расстояние визирования, не более	1.3 м
	Коэффициент нитяного дальномера	100 ± 0.5
	Постоянная нитяного дальномера, не более	± 0.05
Система измерения углов	Диапазон измерения углов	0 ... 360°
	Система отсчёта углов	Относительная
	Дискретность отсчитывания измерения углов	5"/10"
	Допускаемая СКО измерения углов, не более	20"
	Диаметр вертикального круга	78 мм
Треггер	Съёмный	Да
Оптический центрир	Изображение	Прямое
	Увеличение	4 ^x
	Поле зрения	5°
	Фокус	0.5 ~ бесконечность
	Точность	± 0.5 мм
Источник электропитания	Щелочная батарея	4 батарейки, тип АА
	Аккумулятор	6 В/1 500 мАч
	Продолжительность непрерывной работы, не менее	Батарейки: 6 ч; Аккумулятор: 15 ч
Подсветка	ЖК дисплей	Да
	Сетка нитей	Да
Уровни	Цена деления установочного круглого уровня	8 ± 1.2'/2 мм
	Цена деления цилиндрического уровня	30 ± 4.5"/2 мм
Другое	Диапазон рабочих температур	От -20° до +50°С
	Масса, не более	4.4 кг
	Габаритные размеры, Д×Ш×В	145×200×320 мм

3 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА CST/BERGER 56-BDT30

Данный прибор обеспечивает точность измерения горизонтальных углов одним приёмом со средней квадратической ошибкой 30". Устройство электронного теодолита CST/berger 56-BDT30 представлено на рисунке 5. Техническая характеристика теодолита CST/berger 56-BDT30 представлена в таблице 2.

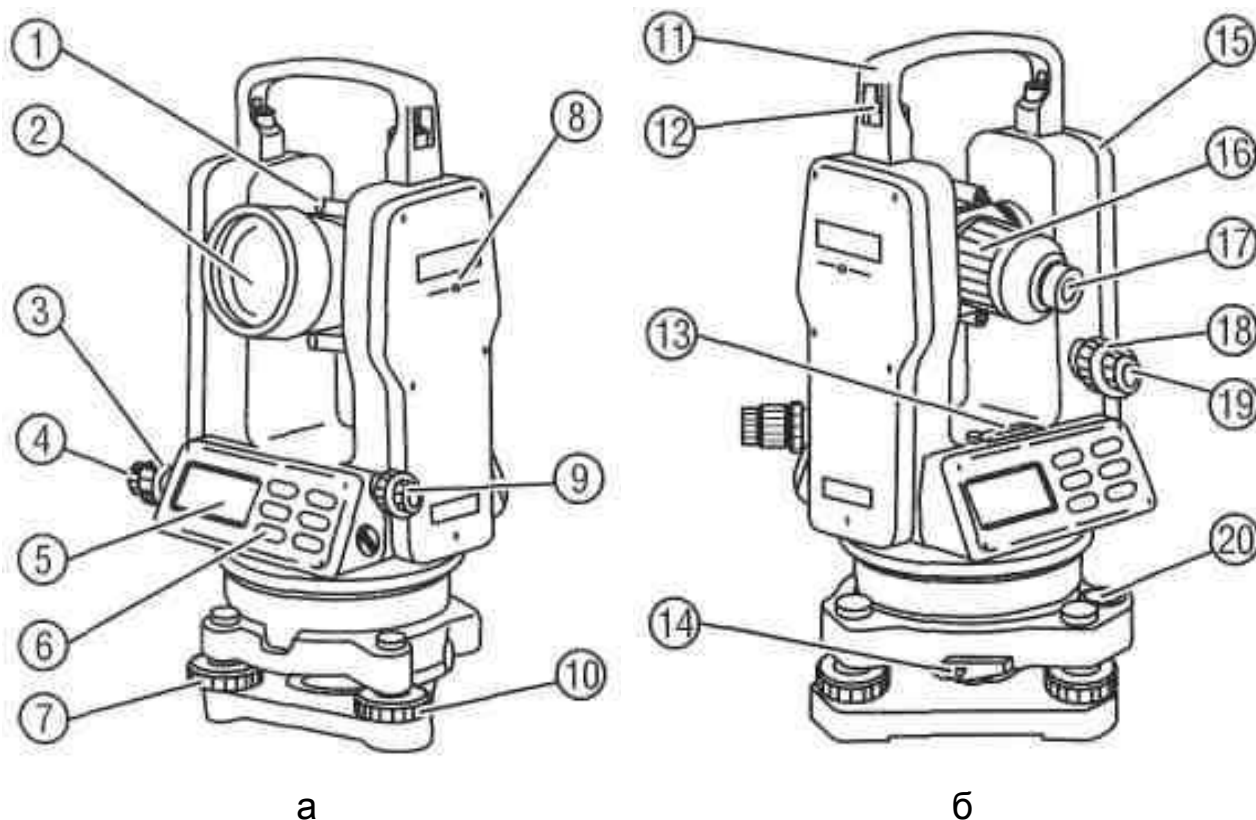


Рисунок 5 – Устройство теодолита CST/berger 56-BDT30:

а – вид теодолита со стороны оптического центра; б – вид теодолита со стороны закрепительного винта трубы и вертикального круга; 1 – коллиматорный визир; 2 – объектив зрительной трубы; 3 – закрепительный винт горизонтального круга; 4 – наводящий винт горизонтального круга; 5 – дисплей; 6 – функциональные клавиши; 7 – подъемные винты; 8 – метка высоты инструмента; 9 – оптический центрир; 10 – основание; 11 – ручка теодолита; 12 – винт ручки теодолита; 13 – цилиндрический уровень; 14 – закрепительный винт подставки; 15 – отделение для батарей; 16 – кремальера (фокусирующее кольцо); 17 – кольцо окуляра зрительной трубы диоптрийное; 18 – закрепительный винт трубы и вертикального круга; 19 – наводящий винт трубы и вертикального круга; 20 – уровень

Таблица 2 – Техническая характеристика электронного теодолита CST/berger 56-BDT30

Элемент теодолита	Параметр	Величина
Зрительная труба	Длина	155 мм
	Диаметр входного зрачка, не менее	45 мм
	Увеличение, не менее	30 ^x
	Изображение	Прямое
	Угловое поле зрения	1°30'
	Предел разрешения, не более	2.5"
	Наименьшее расстояние визирования, не более	1.3 м
	Коэффициент нитяного дальномера	100 ± 1
	Постоянная нитяного дальномера, не более	0
Система измерения углов	Диапазон измерения углов	0 ... 360°
	Система отсчёта углов	Относительная
	Дискретность отсчитывания измерения углов	5"/10"
	Допускаемая СКО измерения углов, не более	30"
	Диаметр вертикального круга	82 мм
Треггер	Съёмный	Да
Оптический центрир	Изображение	Прямое
	Увеличение	4 ^x
	Поле зрения	5°
	Фокус	0.5 ~ бесконечность
	Точность	± 1 мм
Источник электропитания	Щелочная батарея	4 батарейки, тип АА
	Аккумулятор	6 В/1 500 мАч
	Продолжительность непрерывной работы, не менее	Батарейки: 6 ч; Аккумулятор: 15 ч
Подсветка	ЖК дисплей	Да
	Сетка нитей	Да
Уровни	Цена деления установочного круглого уровня	Нет
	Цена деления цилиндрического уровня	-
Другое	Диапазон рабочих температур	От -20° до +50°С
	Масса, не более	3.9 кг
	Масса с футляром, не более	6.3 кг
	Габаритные размеры, Д×Ш×В	145×200×300 мм

Электронный теодолит CST/berger 56-BDT30 состоит из горизонтального круга, вертикального круга, зрительной трубы, бортового компьютера и подставки. Подставка у теодолита съёмная. Горизонтальный и вертикальный круги, как и у оптических теодолитов, выполнены из стекла. Горизонтальный и вертикальный круги градуированы от 0 до 360°.

Назначение частей теодолитов VEGA TEO 20 и CST/berger 56-BDT30 такое же, как и у теодолита 4Т30П.

Благодаря высокому уровню международной стандартизации и унификации, в конструкции приборов различных производителей, технических характеристиках приборов аналогичной точности, принципе их работы очень мало отличий. Поэтому пользователям нет необходимости переучиваться для выполнения измерений теодолитом другой фирмы.

4 ФУНКЦИИ ДИСПЛЕЯ И КЛАВИШ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Внешний вид панели управления представлен на рисунке 6, а её функции – в таблицах 3 и 4.

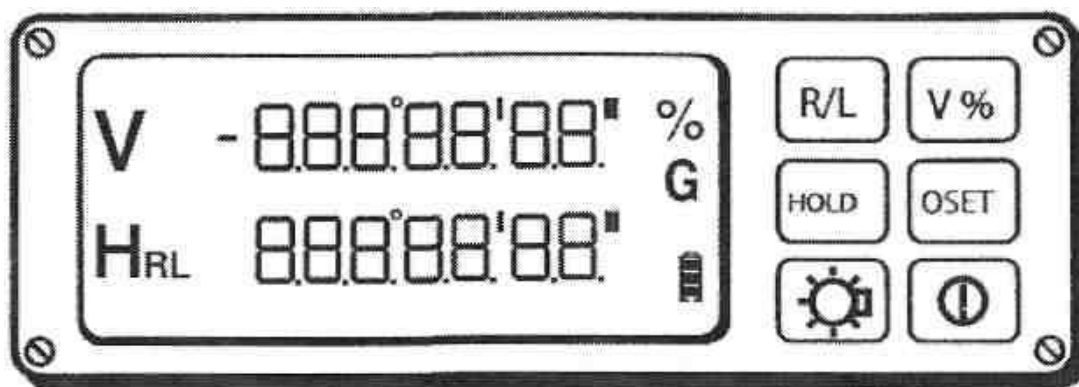



Рисунок 6 – Внешний вид панели управления электронных теодолитов VEGA TEO 20 и CST/berger 56-BDT30

5 УСТАНОВКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Источником питания для цифрового теодолита служат 4 щелочные батарейки типа АА или аккумулятор 6 В/1 500 мАч. Последовательность установки блока батарей представлена на рисунке 7.

Таблица 3 – Символы дисплея и соответствующие им текущие функции электронного теодолита

Обозначение на дисплее	Функция
V	Символ вертикального угла SET указывается на месте вертикального отсчёта, пока зрительная труба не пройдёт через место нуля горизонтальной оси. Эта процедура устанавливает место нуля. 
H _R	Символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке
H _L	Символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки
	Символ, указывающий уровень заряда батареи
G	Угловые измерения в гонах
%	Символ функции измерения уклона

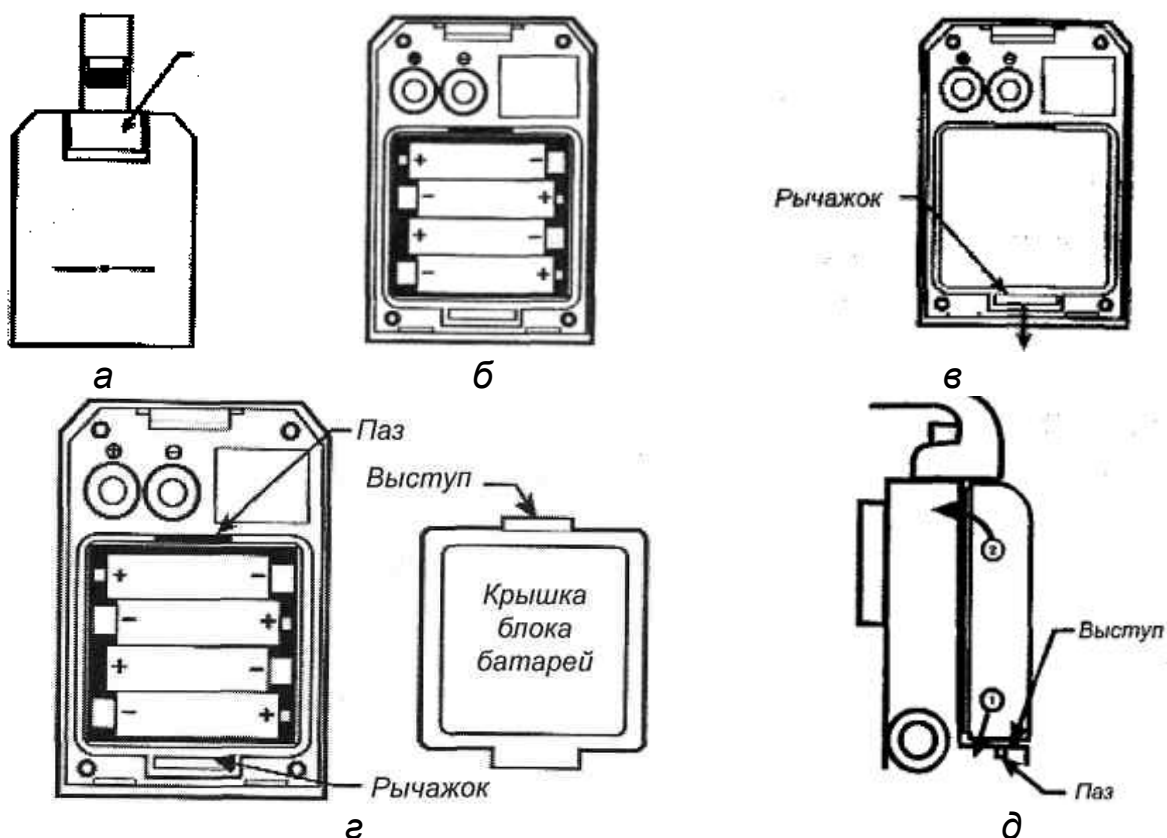




Рисунок 7 – Последовательность установки блока батарей

Таблица 4 – Функциональные клавиши панели управления электронного теодолита

Клавиша	Функция	Операция
R/L	Установка направления отсчёта горизонтального угла	Изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши
HOLD	Удержание отсчёта горизонтального угла	Удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее. Когда нажата эта клавиша, отсчёт горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчёта горизонтального угла
	Подсветка дисплея и сетки нитей	Для включения подсветки дисплея и сетки нитей нажмите эту клавишу, повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку
V%	Уклон	Переход от градусов/гонов к уклону в % для вертикального угла. Символ «%» появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона
0SET	Обнуление отсчёта горизонтального круга	Обнуление отсчёта горизонтального круга на дисплее. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчёт 0°00'00" на любое направление
	Включение / выключение	Включает / выключает теодолит

Для установки батарей необходимо выполнить следующие действия:

а) извлечение блока батарей – нажать защёлку блока батарей и вытащить блок из теодолита;

б) снятие металлической крышки блока – нажать на рычажок и снять крышку;

в) установка батареек – установить батарейки в положение, показанное на рисунке, соблюдая последовательность «+» «-»;

г) установка металлической крышки блока – вставить выступ крышки блока батарей в паз блока батарей и нажать на крышку до щелчка;

д) установка блока батарей – вставить выступ блока батарей в выступ верхней части теодолита и нажать на блок батарей до щелчка.

6 НАСТРОЙКА ИЗМЕРЕНИЙ

1. Включить теодолит.
2. Нажать одновременно клавиши «R/L» и «V%». Раздастся звуковой сигнал, и дисплей будет выглядеть, как на рисунке 8.

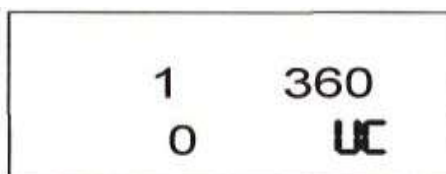


Рисунок 8 – Вид дисплея перед настройками

3. Настройки измерений выполнить в последовательности, представленной в таблице 5.

Таблица 5 – Последовательность выполнения настроек

Клавиша	Операция	Дисплей
R/L	Измените отсчёт горизонтального и вертикального угла, чтобы на дисплее было 1" или 5". (Изменение отсчёта не повышает точности измерения)	
V%	Изменение единиц измерения горизонтальных и вертикальных углов между 360° или 400 гонами	
HOLD	Изменение времени отключения теодолита. Три режима: «0» – не отключается; «10» – отключение через 10 минут; «30» – через 30 минут	
0SET	Изменение нулевых точек и систем отсчёта вертикального круга. Три системы: Ua, Ub, Uc (рисунок 9).	
	Наличие или отсутствие звукового сигнала при отсчётах 0°, 90°, 180° и 270°	

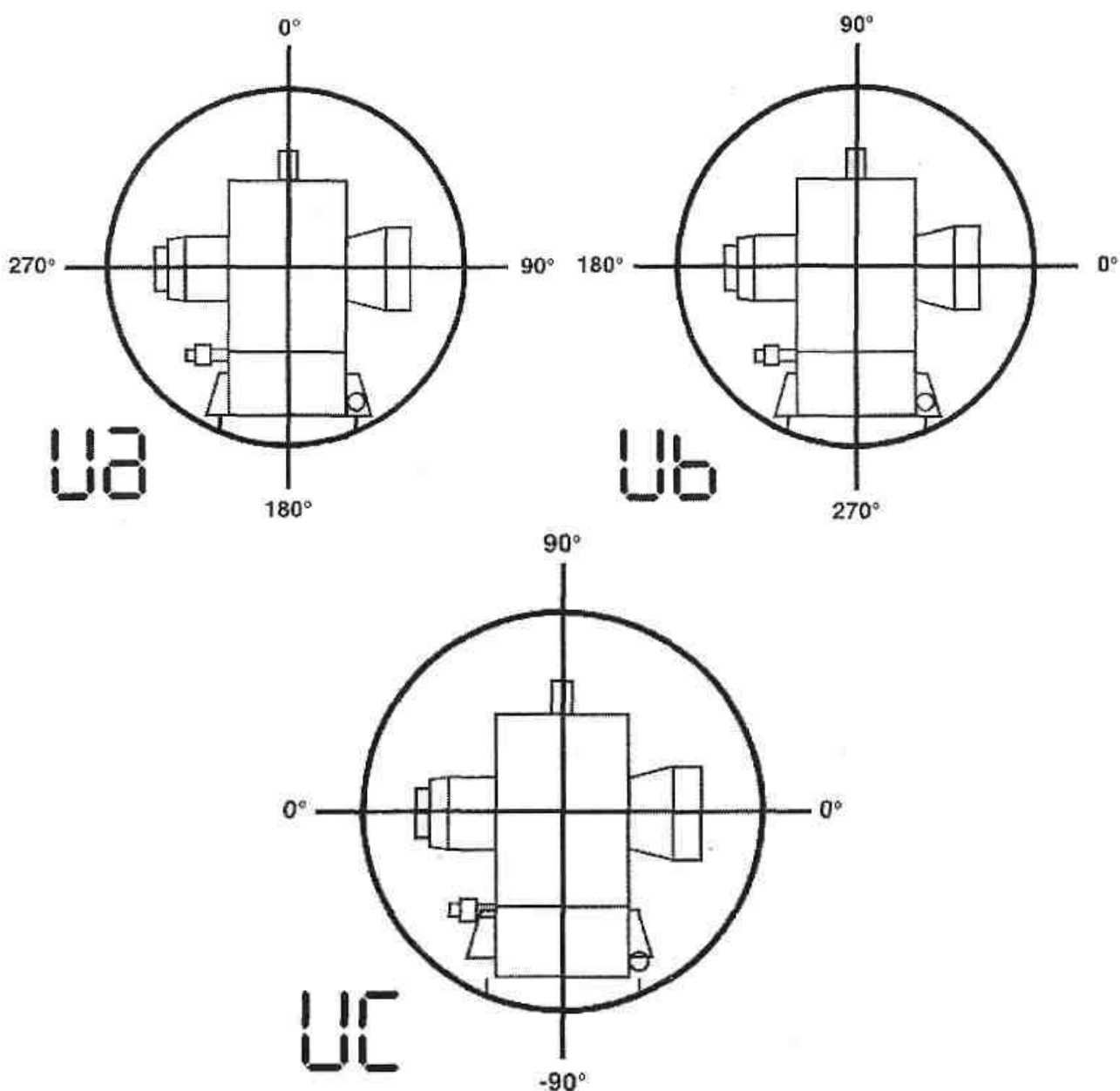


Рисунок 9 – Возможные системы отсчёта вертикального круга

4. После выполнения всех настроек нажать одновременно клавиши «R/L» и «V%». Раздастся звуковой сигнал, и дисплей вернётся к обычному виду.

7 ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Ножки штатива выдвигаются на требуемую высоту. Штатив устанавливается над точкой. Теодолит устанавливается на штатив и закрепляется становым винтом. Башмаки штатива вдавливаются в грунт, центрируя теодолит над точкой.

Первоначально выполняется приблизительное горизонтирование прибора по круглому уровню (рисунок 10).

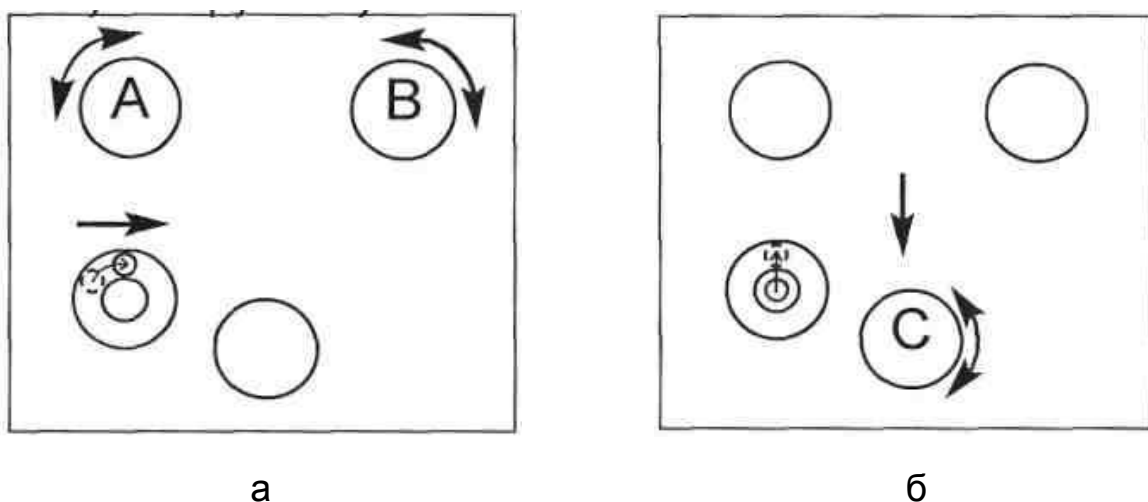


Рисунок 10 – Приблизительное горизонтирование теодолита по круглому уровню

Теодолит в горизонтальное положение приводится при помощи трёх подъёмных винтов. Вращая два подъёмных винта А и В (рисунок 10, а) навстречу друг другу в одну или другую сторону, перемещают пузырёк круглого уровня так, чтобы он оказался посередине от левого и правого края. Затем, используя третий подъёмный винт С, перемещают пузырёк в центр круглого уровня (рисунок 10, б).

После этого выполняется точное приведение прибора к горизонту (рисунок 11). Горизонтальный круг устанавливается таким образом, чтобы ось цилиндрического уровня была параллельна любым двум подъёмным винтам А и В (рисунок 11, а).

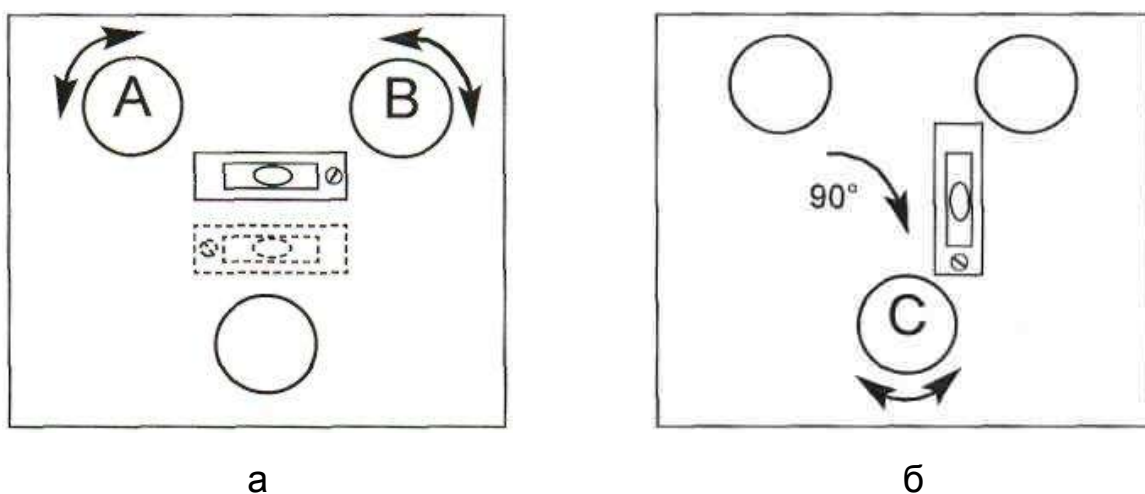


Рисунок 11 – Точное горизонтирование по цилиндрическому уровню

Вращая эти два подъёмных винта навстречу друг другу в одну или другую сторону, приводят пузырёк цилиндрического уровня в нуль-пункт (на середину). После чего поворачивают теодолит вокруг вертикальной оси таким образом, чтобы цилиндрический уровень стал перпендикулярно тем же двум подъёмным винтам (рисунок 11, б). Вращением третьего подъёмного винта, в направлении которого повернут цилиндрический уровень, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Затем возвращают теодолит в исходное положение и уточняют приведение пузырька в нуль-пункт. Повторить горизонтирование до тех пор, пока пузырёк цилиндрического уровня не будет оставаться в нуль-пункте при любом повороте прибора.

После этого выполняется центрирование прибора с помощью оптического центрира (рисунок 12).

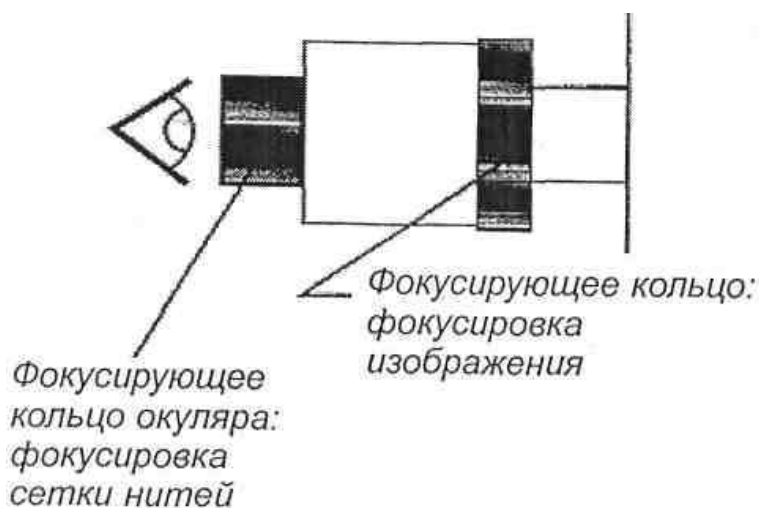


Рисунок 12 – Оптический центрир

Вращая фокусирующее кольцо окуляра оптического центрира, добиваются чёткого изображения сетки нитей (рисунок 13, а). Вращая фокусирующее кольцо оптического центрира, добиваются чёткого изображения точки, над которой выполняют центрирование. Центрирование над точкой корректируется передвижением теодолита на штативе при ослабленном становой винте (рисунок 13, б). После чего закрепляют становой винт (рисунок 13, в). Затем проверяют положение пузырьков круглого и цилиндрического уровней. При необходимости уточняют горизонтирование теодолита по вышеприведённой схеме.



Рисунок 13 – Центрирование над точкой

Сетка нитей, расположенная в окулярной части зрительной трубы, фокусируется под зрение наблюдателя при помощи диоптрийного кольца окуляра. Зрительная труба наводится на яркую поверхность. Диоптрийное кольцо вращается до тех пор, пока сетка нитей не станет чёткой. При этом необходимо следить, чтобы не было параллакса. *Параллакс* – это видимое смещение между точкой визирования и сеткой нитей при перемещении глаза относительно центра окуляра. Параллакс снижает точность измерений.

Для устранения параллакса необходимо выполнить следующие действия:

1. Навести зрительную трубу на точку визирования, и привести её в фокус при помощи вращения кремальеры.
2. Перемещать глаз вверх и вниз или вправо и влево и следить за смещением точки визирования относительно перекрестия сетки нитей.
3. При наличии параллакса подфокусировать окуляр с сеткой нитей.

Чтобы гарантировать точность измерений, всегда перед началом работы необходимо устранять параллакс.

Далее, при откреплённых закрепительных винтах алидады горизонтального круга и трубы зрительная труба по коллиматорному визиру наводится на объект (рисунок 14). Коллиматорные визиры расположены над зрительной трубой и под ней. После чего закрепительными винтами фиксируется положение алидады и трубы. Затем, при помощи наводящих винтов алидады и трубы, пересечение сетки нитей наводится на объект. Необходимо следить, чтобы расстояние между глазом и визиром было небольшим.

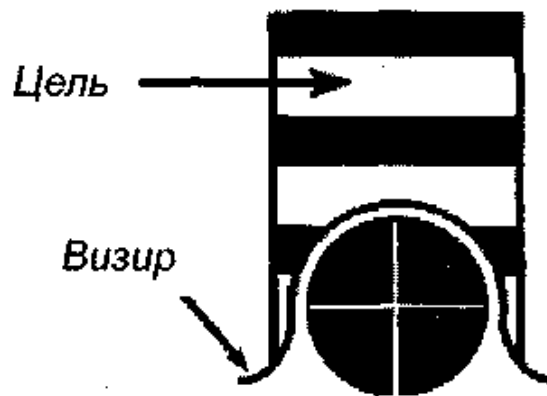


Рисунок 14 – Визирование на цель по коллиматорному визиру

Далее необходимо выполнить проверку заряда источника питания. Последовательность отображения действий на дисплее представлена на рисунке 15.

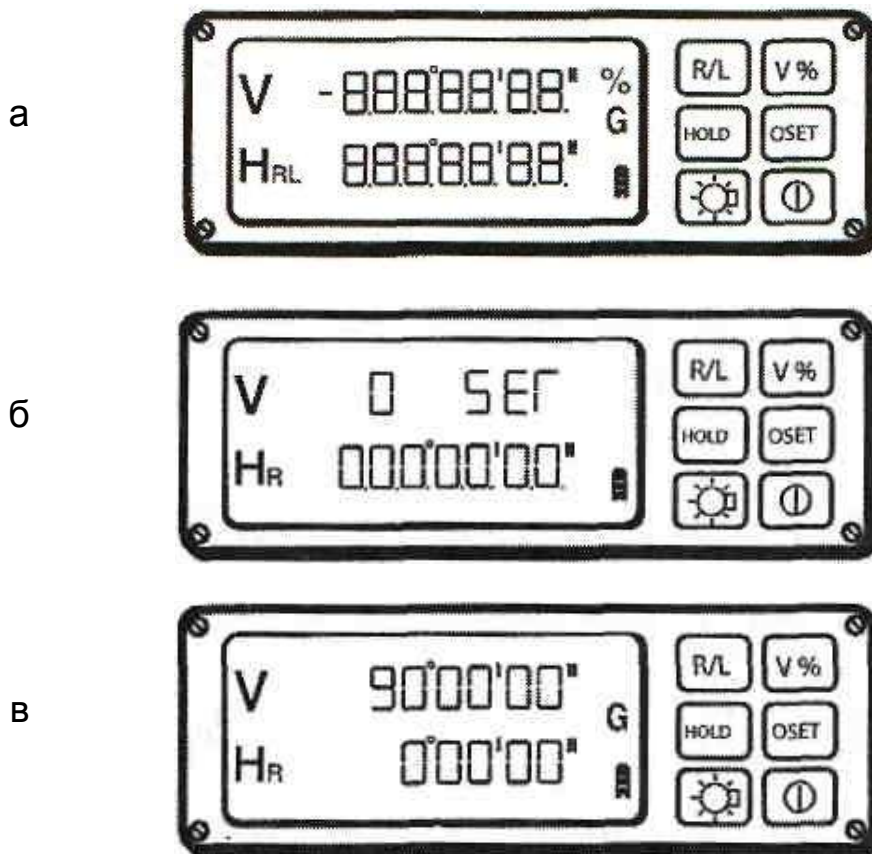
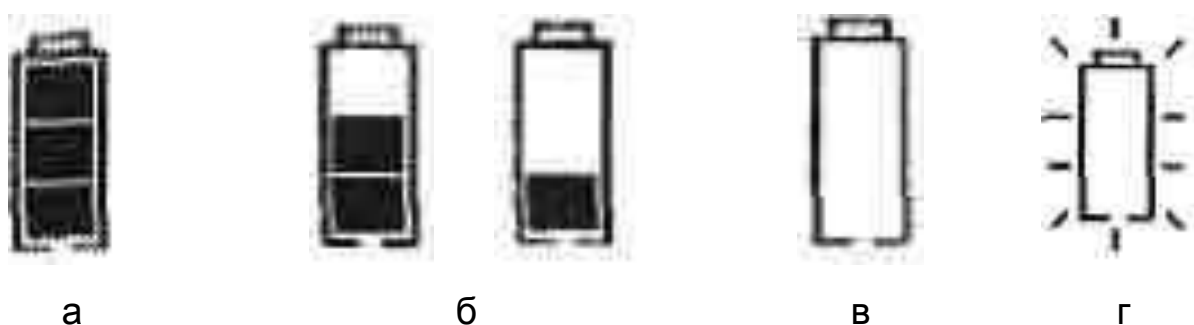


Рисунок 15 – Индикация на дисплее при включении и проверке заряда источника питания

Включить теодолит (рисунок 15, а). Все символы на дисплее будут светиться в течение двух секунд. Затем отсчёт по вертикальному кругу станет стандартным, и будет выглядеть как «0 SET» (рисунок 15, б). Необходимо повернуть зрительную

трубу в вертикальной плоскости (вокруг горизонтальной оси). После чего изображение дисплея примет вид, представленный на рисунке 15, в.

В правом нижнем углу высвечивается символ, отображающий уровень заряда батареи. Возможные варианты уровня заряда представлены на рисунке 16. Измерения возможны при полном, частичном или низком уровне заряда. При разряженных батареях измерения невозможны. Время работы комплекта батарей зависит от её типа и марки, а также температуры окружающей среды. Необходимо убедиться в наличии запасного комплекта батарей.



*Рисунок 16 – Возможные варианты уровня заряда батареи
а – полный; б – частичный; в – низкий; г – разряд батареи*

Электронные теодолиты имеют оптическую систему, позволяющую получать прямое изображение. При выполнении горизонтальной или тахеометрической съёмки в комплекте с ними используется нивелирная рейка с прямой оцифровкой. Визирование по вертикали производится средней горизонтальной нитью сетки нитей на высоту инструмента или высоту визирования.

8 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Единство и требуемая точность измерений определяются *метрологическим обеспечением* измерительных средств. Это достигается установлением и применением научно-методических приёмов, технических средств, правил и норм контроля приборов, применяемых в производстве. Под *единством угловых геодезических измерений* понимают такое со-

стояние измерений, при котором получаемые результаты выражаются в принятых единицах плоского угла, а погрешности результатов измерений известны с требуемой надёжностью. Государственная поверочная схема для средств измерения плоского угла устанавливается государственным стандартом.

Одно из важнейших понятий в системе метрологического обслуживания угломерных приборов – *поверка*. Под *поверкой* геодезических приборов понимают контроль метрологической исправности и определение конкретных значений метрологических характеристик, нормированных в технической документации. Рабочие теодолиты должны проходить ведомственную поверку, организуемую ведомственными метрологическими службами, а при отсутствии таковых – в специализированных метрологических центрах.

Для геодезических приборов выполняют следующие поверки: периодическую, межсезонную, контрольную, эксплуатационную, внеочередную. *Для электронных теодолитов периодическая поверка основных электронных узлов выполняется не реже одного раза в год.* Объём поверочных работ устанавливается в зависимости от типа прибора. Применяемые методы и средства поверки выбирают с учётом специфических особенностей и назначения прибора. Для обеспечения нормальных условий проведения испытаний или поверки необходимо соблюдение целого ряда требований по предохранению угломерного прибора от внешних влияний в рабочем пространстве.

По результатам поверки оформляется протокол, выдаётся свидетельство об аттестации прибора. Теодолит, не имеющий аттестации, к производству измерений не допускается.

При испытании взаимодействия деталей прибора особое внимание необходимо обратить на следующие требования:

1. Вращение горизонтального и вертикального кругов и алидады горизонтального круга должно быть свободным и при работе наводящими винтами плавным.

2. Закрепительные винты круга и зрительной трубы надо зажимать без лишних усилий. При поворотах верхней части прибора следует брать руками за алидадную часть у места расположения закрепительного винта.

3. Подъёмные винты не должны иметь шатаний в подставке.

4. Сетка нитей зрительной трубы должна быть установлена правильно.

Поверки и юстировки электронных теодолитов технической точности необходимо проводить в следующей последовательности:

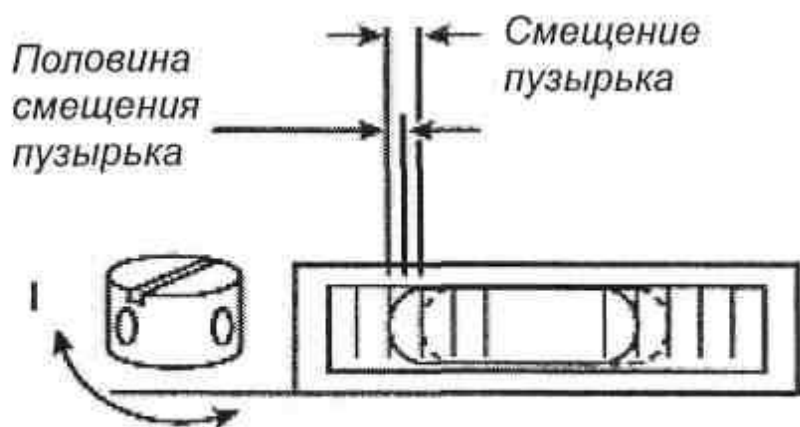
1. Поверка и юстировка цилиндрического уровня.
2. Поверка и юстировка круглого уровня.
3. Поверка и юстировка оптического центрира.

После выполнения юстировки всегда необходимо повторить поверку.

Поверка цилиндрического уровня. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Горизонтальный круг устанавливается таким образом, чтобы ось цилиндрического уровня была параллельна любым двум подъёмным винтам (рисунок 11). Вращая эти два подъёмных винта навстречу друг другу в одну или другую сторону, приводят пузырёк цилиндрического уровня в нуль-пункт (на середину). После чего поворачивают теодолит вокруг вертикальной оси таким образом, чтобы цилиндрический уровень стал перпендикулярно тем же двум подъёмным винтам. Вращением третьего подъёмного винта, в направлении которого повернут цилиндрический уровень, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Затем возвращают теодолит в исходное положение и уточняют приведение пузырька в нуль-пункт.

После этого поворачивают алидаду на 180° ; если пузырёк уровня останется на середине, то условие поверки считается соблюденным. Если же пузырёк уровня отойдет от середины больше чем на одно деление, значит, условие не соблюдено и необходимо исправить обнаруженную неперпендикулярность осей, т. е. произвести юстировку. Для этого подсчитывают, на сколько делений уровня отклонился пузырёк. Ошибку в размере половины делений устраняют исправительным винтом уровня с помощью специальной шпильки (рисунок 17). При большом отклонении исправление выполняют постепенно. Поверку и юстировку повторяют несколько раз до полного устранения ошибки.

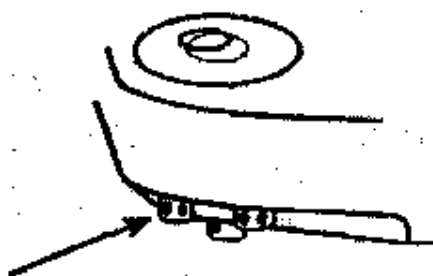


Чтобы переместить пузырек, поверните этот винт.

Рисунок 17 – Юстировка цилиндрического уровня

Проверка круглого уровня. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

До начала данной проверки должна быть выполнена юстировка цилиндрического уровня. Если пузырёк круглого уровня находится в нуль-пункте после приведения в центр пузырька цилиндрического уровня, то дальнейшая юстировка не требуется. В противном случае необходима юстировка. Действуя юстировочной шпилькой, повернуть юстировочные винты (рисунок 18, а), пока пузырёк круглого уровня не переместится в центр. Во избежание разрыва нельзя перетягивать юстировочные винты. Необходимо ослабить один винт на $\frac{1}{4}$ оборота винта (рисунок 18, б), а затем затянуть другой винт также на $\frac{1}{4}$ оборота. После этого проверку повторяют, повернув прибор на 180° .



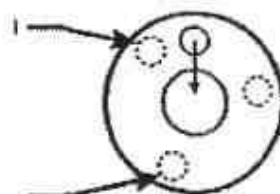
Используйте эти юстировочные винты для приведения пузырька круглого уровня в центр.

а

Чтобы пузырек сместился в указанных направлениях:

Затяните этот винт

Ослабьте этот винт



б

Рисунок 18 – Юстировка круглого уровня

Проверка оптического центрира. Визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.

Навести оптический центрир на точку центрирования с помощью трёх подъёмных винтов, или, ослабив становой винт, передвинуть теодолит по головке штатива к точке. Затем повернуть теодолит на 180° и повторить визирование через оптический центрир. Если точка центрирования находится в центре круга поля зрения оптического центрира, то юстировка не требуется. В противном случае необходима юстировка. Для этого нужно снять крышку юстировочных винтов оптического центрира (рисунок 19, а), повернув её против часовой стрелки. Под ней расположены четыре юстировочных винта. Действуя юстировочной шпилькой, вращением юстировочных винтов возвращают перекрестие сетки нитей центрира на половину дуги отклонения от точки (рисунок 19, б). Необходимо ослабить один винт на $\frac{1}{4}$ оборота винта, а затем затянуть другой винт также на $\frac{1}{4}$ оборота. После этого, повернув прибор на 180° , проверку повторить до полного устранения смещения.

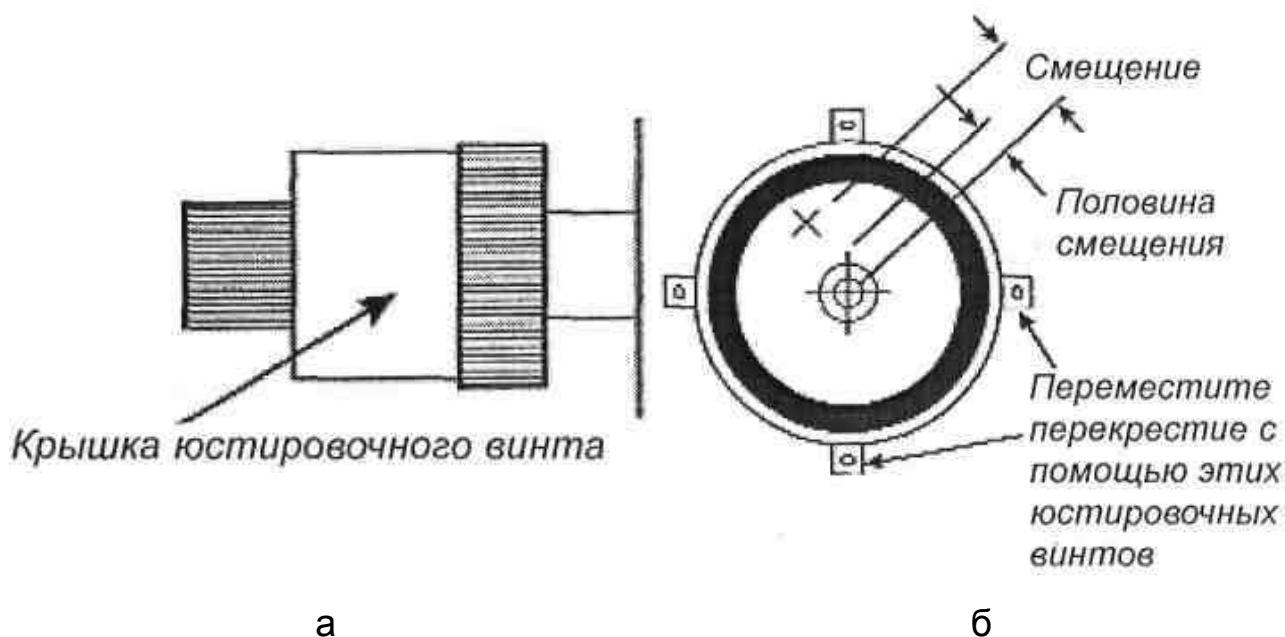


Рисунок 19 – Юстировка оптического центрира

Установка места нуля вертикального круга

Последовательность действий при установке места нуля электронного теодолита технической точности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Последовательность действий при установке места нуля электронного теодолита

Операция	Клавиша	Дисплей
Точное горизонтирование теодолита	Нет	
Нажать клавишу «V%» и, удерживая её, нажать клавишу питания. На дисплее появится режим установки места нуля вертикального круга	V% ⓘ	
Повернуть зрительную трубу в вертикальной плоскости, чтобы установит место нуля. На дисплее появится «STEP – 1»		
Навести зрительную трубу на цель, расположенную близко к горизонту на расстоянии примерно 100 м. Нажать «V%». Данные для первой точки будут сохранены. На дисплее появится «STEP – 2»	V%	
Перевести зрительную трубу через зенит и снова визировать её на начальную точку. Нажать «V%». Данные для второй точки будут сохранены, и место нуля вертикального круга будет установлено. После нажатия клавиши инструмент подаст звуковой сигнал и вернётся в режим обычных измерений	V%	

Метрологические центры в процессе первичной или периодической поверки кроме внешнего осмотра и опробования каждому теодолиту выполняют определение следующих метрологических характеристик:

1. Определение цены деления уровней.
2. Определение наименьшего расстояния визирования.

3. Определение коэффициента нитяного дальномера.
 4. Определение постоянного слагаемого нитяного дальномера.
 5. Определение диапазона работы компенсатора.
 6. Определение систематической погрешности компенсатора на 1' наклона оси.
 7. Определение погрешности оптического центрира.
 8. Определение СКО измерения горизонтальных и вертикальных углов.
- Пункты 1, 2 и 4 определяются только при первичной поверке.

9 ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ

9.1 Измерение горизонтальных углов

Схема действий при измерении горизонтальных углов представлена на рисунке 20. Необходимо навести зрительную трубу теодолита на точку А (приложение Б). Далее нажать клавишу «OSET», чтобы обнулить отсчёт горизонтального круга. После чего, отпустив закрепительный винт горизонтального круга и зрительной трубы, навести зрительную трубу на вторую точку (В). На дисплее высветится значение измеренного угла между точками А и В.

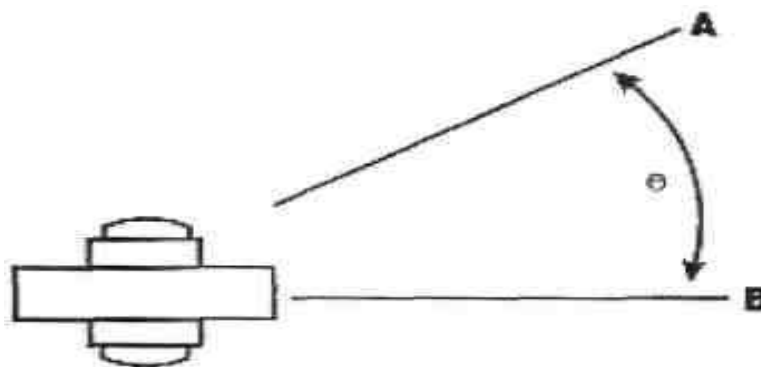


Рисунок 20 – Схема измерения горизонтального угла

Символ «HR» на дисплее означает, что измерение угла выполнено по ходу часовой стрелки. Символ «HL» на дисплее означает, что измерение угла выполнено против хода часовой стрелки.

9.2 Измерение вертикальных углов

Для измерения вертикальных углов в электронных теодолитах реализованы три системы отсчёта. Они отличаются вы-

бором начального нулевого направления и направлением счёта величины вертикального угла. В процессе настройки измерений выбирается одна из предлагаемых систем. Выбор системы рассмотрен в разделе 6 («Настройки измерений»). Далее при наведении на объект визирования на дисплее отображается значение угла наклона, исходя из выбранной системы.

9.3 Измерение уклона

Нажатием клавиши «V%» можно переключить счёт значений вертикальных углов на счёт значений уклонов в диапазоне от 0 до 100 %. Режим измерения уклона отмечен на дисплее символом «%». Схема направления счёта величины уклонов представлена на рисунке 21.

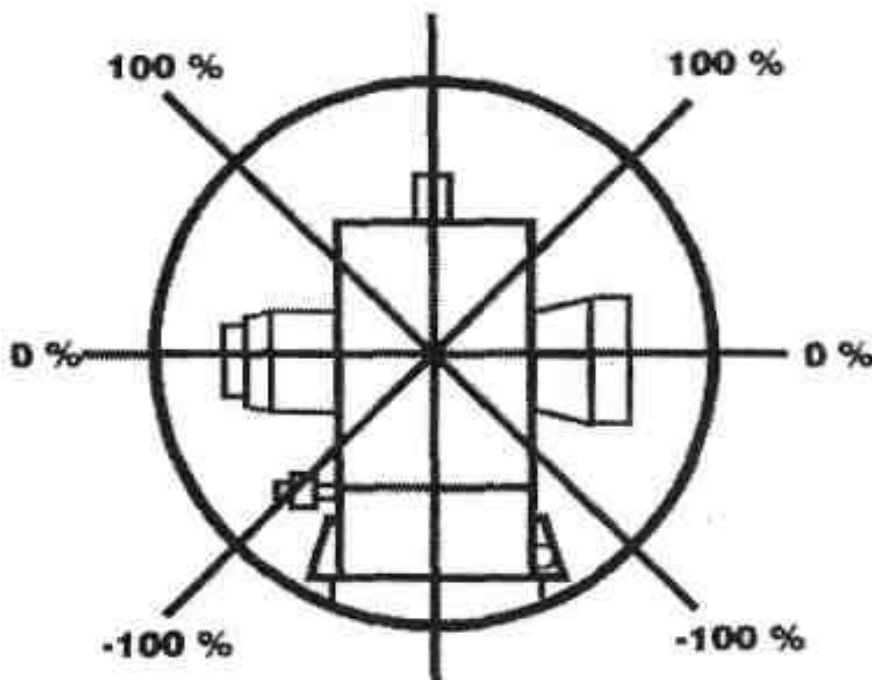


Рисунок 21 – Схема направления счёта величины уклона

9.4 Измерение расстояния по дальномерным нитям

Расстояние можно определить при помощи вертикальной рейки, имеющей сантиметровые деления (приложение В). Для этого считывают отсчёты по верхней и нижней дальномерным нитям сетки нитей зрительной трубы, наведённой на рейку (рисунок 22). Коэффициент нитяного дальномера электронного

теодолита равен 100, т. е. одному сантиметру на рейке между дальномерными нитями соответствует один метр на местности между теодолитом и рейкой. Расстояние от прибора до объекта равно количеству сантиметровых делений между нитями дальномера, выраженному в метрах.

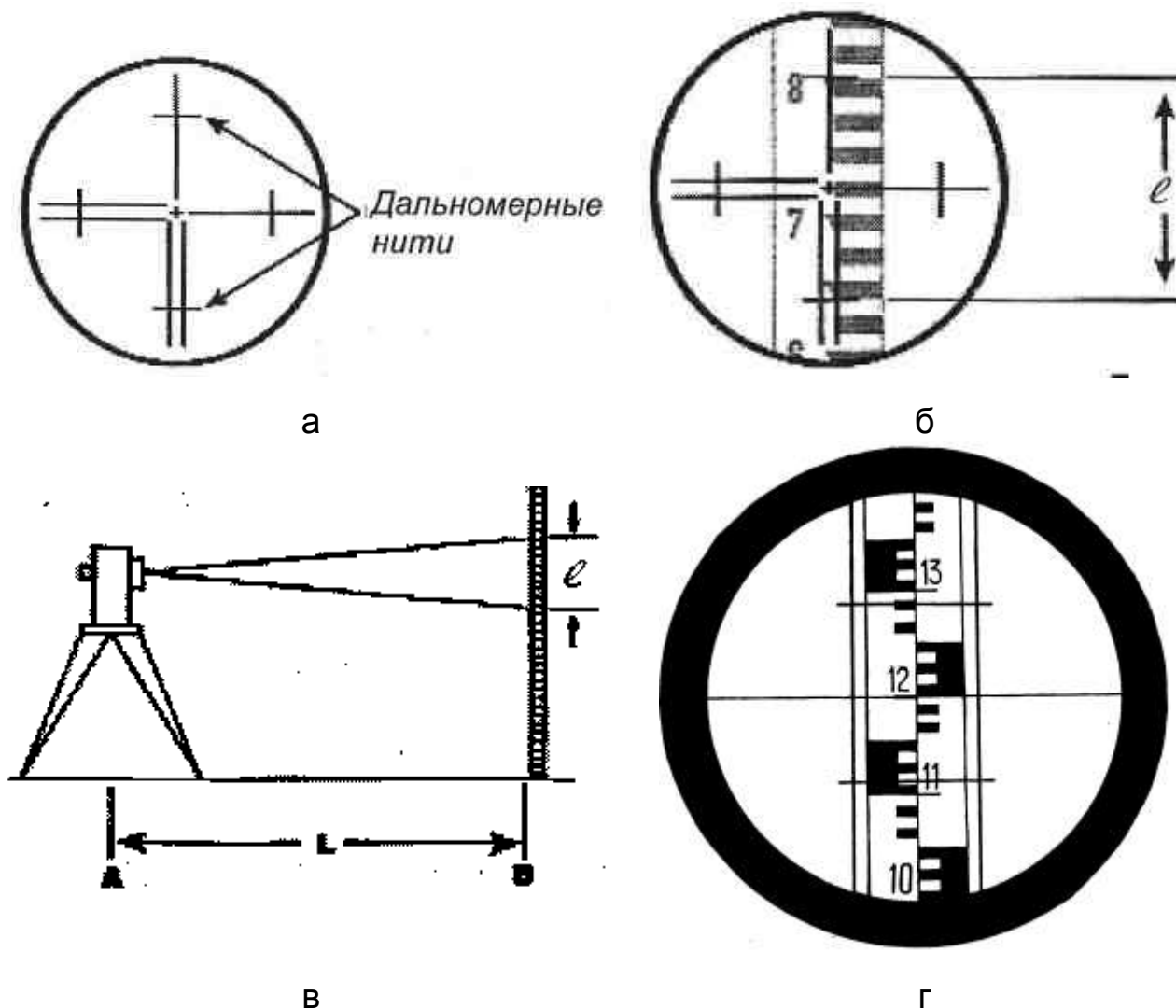


Рисунок 22 – Схема измерения расстояния по дальномерным нитям: а – схема разметки сетки нитей; б – расстояние на рейке между дальномерными нитями; в – схема измерения расстояния; г – поле зрения теодолита с отсчётами по дальномерным нитям

Расстояние можно определить как разность отсчётов по верхней и нижней нитям, помноженную на коэффициент дальномера, т. е.:

$$D = (128.7 - 111.3) \times 100 = 17.4 \text{ м.}$$

При коротких расстояниях можно пересчитать количество сантиметровых делений между дальномерными нитями.

9.5 Вынос проектного горизонтального угла



Поворачивают теодолит вокруг вертикальной оси до тех пор, пока на дисплее не высветится нужное значение горизонтального угла. После чего необходимо нажать клавишу «HOLD». Численное значение проектного угла на дисплее фиксируется. Установленный отсчёт некоторое время будет мигать. Далее зрительная труба наводится на начальную точку, от которой будет откладываться угол. Вновь нажимается клавиша «HOLD». Теперь горизонтальный угол будет отсчитываться от установленного значения.

9.6 Ошибки, возникающие в процессе измерения углов

В процессе выполнения измерений электронным теодолитом может произойти сбой в системе измерений.

Возможные ошибки и причины их вызвавшие приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Причины, приводящие к ошибкам в системе измерений электронного теодолита

Код ошибки	Причина ошибки	Клавиша для удаления ошибки с дисплея
E01	Скорость вращения теодолита очень большая для датчика горизонтальных углов	0SET
E02	Скорость вращения зрительной трубы теодолита очень большая для датчика вертикальных углов	V%
E03	Ошибка системы измерения вертикальных углов. Включите прибор снова. Если ошибка осталась, необходимо обратиться в сервис-центр	 2 ^x
E04	Ошибка системы измерения горизонтальных углов. Включите прибор снова. Если ошибка осталась, необходимо обратиться в сервис-центр	 2 ^x
E06	Ошибка в установке нулевого индекса вертикального круга	N/A

10 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

В геодезических сетях при выполнении геодезических работ, проведении инженерных изысканий могут измеряться как отдельные углы, так и набор смежных углов, который образуется направлениями на различные точки.

Сам процесс измерения горизонтальных и вертикальных углов имеет некоторые принципиальные отличия:

1. Горизонтальный угол определяется как разность измерения двух направлений, а вертикальный угол задаётся одним измеряемым направлением относительно некоторой фиксированной линии, исходя из выбранной системы.

2. Количество приёмов при измерении вертикальных углов, как правило, значительно меньше, чем при измерении горизонтальных углов. Увеличение числа их не позволяет повысить точность измерений.

3. Горизонтальные углы измеряются на различных установках круга, тогда как вертикальный круг в обычных конструкциях перестановки не имеет.

4. Для наведения на цель при измерении горизонтальных углов используют вертикальный штрих сетки, или биссектор, а при измерении вертикальных углов – горизонтальный штрих.

Поэтому измерение вертикальных углов значительно проще. В процессе их измерения не возникает дополнительных сложностей в обеспечении заданной точности.

Горизонтальные углы измеряют по более сложным программам. В геодезическом производстве применяют способы отдельного угла (способ приёмов), всевозможных комбинаций, круговых приёмов, повторений и различные модификации данных приёмов.

Среди модификаций способа отдельного угла выделяют:

1. Способ симметричных установок лимба.
2. Способ поправок.
3. Способ раздельных повторений.

Способ повторений практически является частным случаем отдельного угла.

Среди модификаций способа всевозможных комбинаций выделяют:

1. Способ Шрейбера.
2. Способ Гаусса.
3. Способ симметричных комбинаций направлений, разбитых на группы. Способ Н.В. Яковлева.
4. Способ Ю.А. Аладжалова.
5. Способ А.Ф. Томилина.
6. Способ наблюдений на вспомогательную марку.
7. Способ Вольфа.
8. Способ секторов Г. Вильда.

Среди модификаций способа круговых приёмов выделяют:

1. Способ Струве.
2. Видоизменённый способ И.М. Конопальцева.

При измерении горизонтальных углов, когда не требуется высокая точность, и в теодолитных ходах съёмочного обоснования наибольшее распространение получил способ полного приёма.

11 РАБОТА НА СТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЁМОМ

Для выполнения измерения теодолит надо установить и закрепить на штативе становым винтом так, чтобы подъёмные винты свободно вращались. Полный приём состоит из двух полуприёмов, выполненных при разных положениях вертикального круга. Точность считывания значений 10".

Процесс измерения угла состоит из отдельных операций:

1. Перед работой теодолит устанавливают над вершиной угла (колышка) таким образом, чтобы оптический отвес находился примерно над центром точки. Центрирование корректируется передвижением теодолита на штативе либо изменением длины ножек штатива. Допустимая погрешность при центрировании составляет 2–3 мм. Затем, убедившись в устойчивости теодолита, подъёмными винтами с помощью уровня при алидаде горизонтального круга установить лимб теодолита в горизонтальное положение.

2. Установить сетку нитей на чёткое изображение, закрепить лимб и навести трубу с помощью оптического коллима-

торного визира на переднюю точку угла. Закрепить алидаду и более точное наведение произвести наводящими (микрометренными) винтами трубы и алидады. Визирование осуществляется на самую нижнюю видимую часть вешки. Этим исключается погрешность за редукцию, т. е. наклон вешки.

3. Обнулить отсчёт по горизонтальному кругу и записать его в журнал.

4. Открепив алидаду, навести трубу на заднюю точку угла, считать отсчёт и записать.

5. Записать полученное значение угла.

Описанные выше операции представляют первый полуприём, выполненный при КП (круг право) или КЛ (круг лево).

6. Открепив закрепительные винты трубы и алидады горизонтального круга, перевести трубу через зенит. Изменить положение вертикального круга.

7. Измерить угол при другом положении круга, повторив действия, описанные в ранее рассмотренных пунктах.

8. Расхождение значения угла в двух полуприёмах (КП и КЛ) не должно превышать 1'. Если расхождение допустимо, вывести среднее значение угла из двух полуприёмов. Это будет результат измерения угла полным приёмом. Результаты выполненного измерения записываются в журнал измерения углов, представленный в таблице 8.

Таблица 8 – Журнал измерения горизонтальных углов

Номер точки стояния	Номер точки наблюдения	Положение круга	Отсчёты по гориз. кругу, ° ' "	Угол, ° ' "	Средний угол, ° ' "
с.с.1	п.п.8	КЛ	0 00 00	84 44 20	84 44 30
	с.с.2	КЛ	84 44 20		
	п.п.8	КП	0 00 00	84 44 40	
	с.с.2	КП	84 44 40		

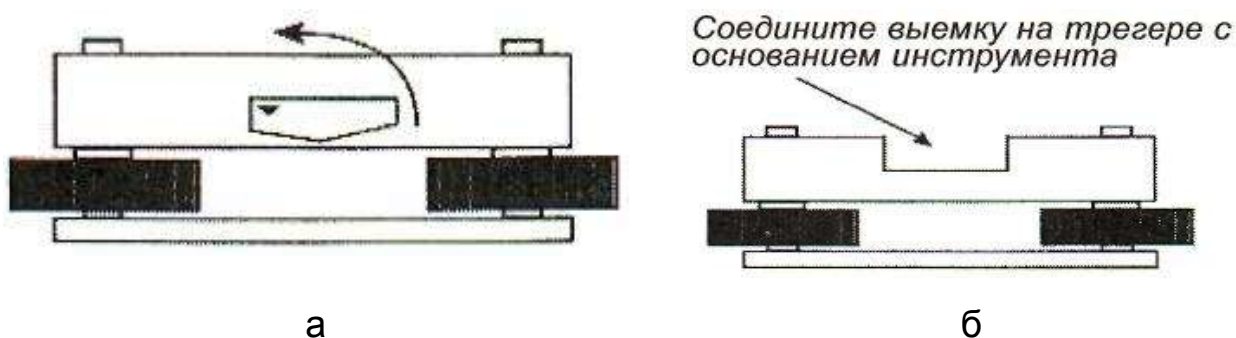
Первое измерение угла выполнено для точки 1 съёмочного обоснования (с.с.1) в теодолитном ходе. Передняя точка визирования – пункт полигонометрии второго разряда (п.п.8), к которому осуществлялась привязка. Задняя точка визирования – вторая точка съёмочного обоснования (с.с.2). Измерен правый,

по ходу лежащий угол в полигоне при движении по ходу часовой стрелки. При двух положениях круга (КЛ и КП) получены значения измеренных углов.

Расхождение между значениями измеренных углов ($84^{\circ}44'20''$ и $84^{\circ}44'40''$) при разных положениях вертикального круга относительно зрительной трубы не превышает допустимой точности ($1'$). Следовательно, можно вычислять среднее значение измеренного угла, которое составляет $84^{\circ}44'30''$.

При недопустимом расхождении значений измеренного угла при КП и КЛ измерения следует повторить. Ошибочную запись необходимо вычеркнуть аккуратной прямой линией. Справа написать «перенаблюдено». Затем выполнить запись нового измерения.

При выполнении измерений углов по трёхштативной схеме требуется заменить теодолит маркой. Чтобы не выполнять центрирование и горизонтирование марки, извлекают теодолит и марку из трегера (подставки). Затем меняют их местами. Последовательность действий представлена на рисунке 23.



*Рисунок 23 – Замена инструмента на подставке:
а – отсоединение прибора; б – установка прибора*

Поворотом закрепительного винта против часовой стрелки на 180° освобождается прибор (рисунок 23, а). После этого он вынимается из трегера. Чтобы установить новый прибор, необходимо соединить выступ инструмента с выемкой трегера (рисунок 23, б). Затем повернуть закрепительный винт на 180° по часовой стрелке. Проверить надёжность закрепления.

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТЕОДОЛИТАМИ

Перед применением теодолита необходимо ознакомиться с его техническим описанием, особенностями конструкции и эксплуатации. Наблюдатель обязан знать правила укладки прибора и его расположение в укладочном футляре, крепление теодолита и принадлежностей на своих посадочных местах в упаковке.

Перед началом измерений опробованием проверяют взаимодействие подвижных частей прибора. Делают несколько поворотов алидады, проверяя положение цилиндрического уровня.

Устанавливают окуляр зрительной трубы (сетку нитей) по собственному зрению.

Если прибор долгое время был на хранении, проверяют основные геометрические условия. При необходимости выполняют юстировку.

Перед началом измерений все наводящие винты необходимо вывести в среднее положение.

При выполнении измерений в солнечную погоду теодолит предохраняют от перегрева геодезическим зонтом или тентом.

В каждом полуприёме следует обеспечить полное единообразие всех измерительных операций по каждому наблюдаемому направлению.

Во время наблюдений в приёме обеспечивают симметрию относительно некоторого среднего момента его выполнения. Это снижает влияние погрешностей действующих пропорционально времени. Измеряют полуприёмами при разных положениях вертикального круга.

Для уменьшения влияния погрешностей диаметров лимба, а также периодических ошибок оптического микрометра, измерения выполняют на симметричных, заранее вычисленных, установках шкал.

Рекомендуется измерительные операции выполнять ровным темпом, отсчёты брать без остановок и задержек. Задержка измерений может приводить к неудовлетворительным результатам.

Не следует чрезмерно затягивать закрепительные винты алидады и трубы. При работе необходимо пользоваться средней частью резьбы наводящих устройств.

Необходимо следить за тем, чтобы алидадная часть перемещалась плавно, без заметных усилий и рывков. По возможности необходимо избегать возвратных движений алидады относительно принятого в полуприёме направления её вращения. После наведения на цель не следует прилагать к колонкам, алидаде или трубе усилий, которые могут вызвать сдвиги частей прибора.

Окончательное наведение трубы на цель следует производить единообразным движением головки винта (как правило, ввинчиванием).

Для исключения влияния погрешности фокусирующего устройства каждую визирную цель необходимо наблюдать дважды, при разных положениях вертикального круга.

Для исключения погрешности за качку вертикальной оси следует горизонтальные углы измерять чётным числом полных приёмов.

Для исключения влияния эксцентриситета алидады рекомендуется делать перестановку лимба между полуприёмами на угол, близкий 180° . Этому отвечает перевод трубы через зенит и наблюдение при втором положении вертикального круга. Переставлять лимб между полуприёмами на величину, близкую к 90° , недопустимо.

Влияние эксцентриситета вертикального круга на угол наклона можно исключить лишь в среднем значении угла, полученном из прямых и обратных измерений.

Для компенсации остаточных деформаций и последствий в работе подвижных элементов теодолита рекомендуется чередовать наблюдения в нечётных и чётных приёмах по схеме: ЛП, ПЛ, ЛП и т. д.

Необходимо исключить азимутальные сдвиги зрительной трубы при работе наводящим винтом. Для этого перед окончательным наведением трубы по высоте следует произвести лёгкие покачивания трубы попеременными движениями наводящего винта. После чего опустить трубу точно на заданное место визирования. Предварительное наведение на цель выполняют от руки.

13 ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ

Необходимыми условиями при изучении приборов и выполнении работ с ними является строгое соблюдение трудовой дисциплины и правил техники безопасности.

Необходимо всегда помнить и соблюдать следующие основные правила:

- чтобы исключить падение теодолита, штативы геодезических приборов в учебных аудиториях устанавливаются только в специальные металлические подставки. Установка штатива непосредственно на пол не допускается;

- при распаковке прибор берётся за специальную ручку или колонку, а нивелир – за подставку;

- при закреплении прибора на штативе прибор удерживается левой рукой, а правой вворачивается, после окончания работ выворачивается становой винт. Отпускать прибор можно, только убедившись в надёжном закреплении;

- при установке прибора должен обеспечиваться доступ к нему со всех сторон;

- высота установки прибора должна обеспечивать удобство работы замерщика;

- запрещается поворачивать приборы вокруг вертикальной оси, а зрительную трубу – относительно горизонтальной оси при зафиксированных закрепительных винтах, что приводит к поломке приборов;

- при разворачивании или складывании деревянной нивелирной рейки необходимо быть аккуратным и внимательным, чтобы не повредить пальцы рук;

- при работе с нивелирной рейкой реечник должен надёжно её удерживать;

- необходимо проявлять осторожность при установке штативов, имеющих острые башмаки;

- в аудитории категорически запрещается снимать оконные рамы для улучшения освещения;

- запрещается включать адаптер электронного планиметра или калькулятора в повреждённую розетку;

- нельзя ставить на электрошнуры тяжёлые или острые предметы;

- запрещается разбирать или ремонтировать осветительные приборы, розетки или выключатели;

– при подготовке к работе источников питания следует соблюдать требования инструкции по эксплуатации блока аккумуляторных источников питания;

– **категорически запрещается** наводить зрительную трубу приборов на солнце без специального фильтра, чтобы не выжечь сетчатку глаза;

– в случае травмирования необходимо поставить в известность преподавателя, ведущего занятие, а при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь по телефону **03**. Оказать первую помощь. Медицинская аптечка находится в деканате и на кафедре геодезии;

– в аудитории запрещается зажигать спички или зажигалки, допускается подсветка отсчётного устройства теодолита при помощи сотового телефона;

– при возгорании – обесточить щит освещения на этаже, принять меры по эвакуации людей и попытаться погасить пламя огнетушителями из пожарных ящиков, а при сложном возгорании сообщить в службу пожаротушения по телефону **01**;

– вычислительные и графические работы должны выполняться при достаточном освещении;

– на рабочем месте необходимо сидеть прямо, туловище должно быть наклонено вперед с прогнутой вперед поясницей и развернутыми плечами;

– для отдыха глаз рекомендуется периодически закрывать глаза или смотреть вдаль;

– во избежание развития близорукости необходимо следить, чтобы расстояние от глаз до рабочей поверхности равнялось примерно **25–30 см**;

– при работе на автомобильной дороге нужно выставлять сигнальщики для своевременного оповещения о приближающемся транспорте;

– во время работы на улице при выпадении осадков прибор снять со штатива, протереть от влаги, уложить в упаковочную коробку и уйти в помещение;

– в зимнее время иней с наружных оптических деталей удаляют сухой мягкой салфеткой;

– во избежание появления деформаций узлов и расклейки оптических деталей сушка прибора вблизи источников нагревания недопустима;

– особо бережного отношения при протирке требуют просветлённые оптические поверхности.

ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Алидада – часть прибора, расположенная соосно с лимбом и несущая элементы отсчётного устройства.

Биссектор – двойной вертикальный или горизонтальный штрих сетки нитей.

Вертикальная ось – ось вращения алидады горизонтального круга прибора.

Вертикальный угол – угол в вертикальной плоскости между наблюдаемым направлением и некоторой линией относимости измерений (отвесная или горизонтальная линии).

Визирная ось – воображаемая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива.

Горизонтальная ось – ось вращения зрительной трубы в вертикальной плоскости.

Горизонтальный угол – линейный угол в горизонтальной плоскости, являющийся мерой двугранного угла между отвесными плоскостями, проходящими через наблюдаемые направления.

Горизонтирование теодолита – приведение оси вращения теодолита в отвесное положение по уровню, а плоскости лимба в горизонтальное.

Горизонтирующее устройство – установочное приспособление для горизонтирования прибора.

Закрепительное устройство – установочное приспособление для закрепления подвижного узла прибора в заданном положении.

Зенитное расстояние – вертикальный угол между данным направлением и отвесной линией в точке наблюдения.

Зрительная труба – визирное устройство геодезического прибора, содержащее объектив, окуляр и сетку нитей.

Коллимационная плоскость – подвижная вертикальная плоскость, проходящая через вертикальную ось прибора и вращающаяся вокруг неё.

Коллимационная погрешность – угол между фактическим положением визирной оси и требуемым положением.

Колонка – стойка, несущая горизонтальную ось прибора, скреплённая с корпусом алидадной части прибора, на одной из них расположен вертикальный круг.

Круг – деталь геодезического прибора, несущая лимб.

Лимб – рабочая мера теодолита в виде круговой шкалы.

Метрологическое обеспечение – установление и применение научно-методических приёмов, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности геодезических измерений.

Метрологическое обслуживание – комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на осуществление метрологического обеспечения на различных этапах существования геодезического прибора.

Наводящее устройство – установочное приспособление прибора для наведения зрительной трубы на визирную цель.

Нитяной отвес – инструмент для центрирования теодолита, состоящий из нити и груза с конической нижней частью.

Нуль-пункт – средний штрих ампулы уровня, принятый за нуль.

Объём поверочных работ – определяется нормативно-технической документацией вида «Методы и средства поверки» либо технологическими инструкциями.

Оптический центрир – оптический инструмент для центрирования теодолита, встроенный в корпус или подставку теодолита; устанавливаемый в трегер или на подставку.

Ось круглого уровня – линия радиуса внутренней сферической поверхности, проходящая через нуль-пункт.

Ось цилиндрического уровня – касательная к дуге внутренней поверхности уровня в нуль-пункте.

Отсчёт по угломерному кругу – угловая величина дуги между нулевым штрихом лимба и индексом алидады.

Отсчётное устройство – часть конструкции прибора, предназначенная для считывания информации об измеряемой величине.

Параллакс нитей – это видимое смещение между изображением точки визирования и плоскостью сетки нитей зрительной трубы при перемещении глаза относительно центра окуляра.

Периодичность поверок – устанавливается в зависимости от типа геодезического прибора и задач поверки.

Поверка – контроль метрологической исправности и определение конкретных значений метрологических характеристик, нормированных в технических документах; проверка выполнения у теодолита ряда необходимых геометрических условий.

Поверка контрольная (предэксплуатационная) – проводится перед выездом на полевые работы; её результаты являются неотъемлемой частью материалов последующих работ и

сдаются отделу технического контроля вместе с результатами полевых наблюдений.

Поверка межсезонная – проводится в профилактических целях в межсезонный период (в зимнее время в лабораторных условиях).

Поверка первичная – проводится при выпуске прибора предприятием-изготовителем или после ремонта.

Поверка периодическая – проводится через определённый интервал времени, установленный нормативно-техническими документами, при эксплуатации и хранении. Для электронных теодолитов – не реже одного раза в год.

Поверка эксплуатационная – проводится на месте работ в полевых условиях и ставит целью контроль соблюдения основных геометрических условий, заложенных в теодолите.

Поверяемые оси – вертикальная, горизонтальная, визирная и ось цилиндрического уровня.

Подставка – нижняя часть прибора, служащая для его установки и горизонтирования.

Поле зрения – коническое пространство, видимое глазом через неподвижно установленную трубу.

Радиан – плоский угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми равна радиусу.

Сетка нитей – система штрихов, нанесённых на линзу окуляра, и видимых в плоскости изображения даваемого объективом зрительной трубы.

Угол наклона – вертикальный угол между направлением на данную точку и её проекцией на горизонтальную плоскость.

Уровень – устройство, служащее для определения положения прибора и его отдельных узлов относительно отвесной линии.

Цена деления лимба – величина дуги лимба между ближайшими штрихами.

Цена деления уровня – центральный угол, соответствующий одному делению ампулы уровня.

Центрирование – совмещение центра лимба горизонтального круга с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора.

Юстировка – приведение значений метрологических характеристик прибора в соответствие с требованиями нормативных технических документов; устранение не соответствия необходимых геометрических условий геодезического прибора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое теодолит?
2. Какие измерения можно выполнить теодолитом?
3. Как делятся теодолиты по точности?
4. Какие теодолиты относятся к техническим?
5. Перечислите основные элементы теодолита.
6. Опишите устройство теодолита VEGA TEO 20.
7. Опишите устройство теодолита CST/berger 56-BDT30.
8. Что такое поверка геодезических приборов?
9. Что такое юстировка геодезических приборов?
10. Для чего необходимо выполнять поверки?
11. Сколько поверок необходимо выполнить электронному теодолиту технической точности?
12. Как поверяется цилиндрический уровень?
13. Как поверяется круглый уровень?
14. Как устанавливается место нуля?
15. Как поверяется положение сетки нитей?
16. Как исправляется параллакс?
17. Что служит контролем приведения электронного теодолита в рабочее положение?
18. Как градуирован горизонтальный круг электронного теодолита?
19. Как градуирован вертикальный круг электронного теодолита?
20. В чём отличие системы измерения угла горизонтального и вертикального круга?
21. Назовите дискретность считывания теодолита VEGA TEO 20.
22. Назовите дискретность считывания теодолита CST/berger 56-BDT30.
23. При помощи какого элемента осуществляется предварительное грубое наведение прибора на объект?
24. Какими винтами осуществляется точное наведение прибора на объект?
25. Какой клавишей осуществляется обнуление лимба горизонтального круга электронного теодолита?
26. Из каких действий состоит измерение теодолитом горизонтального угла полным приёмом?

27. Назовите допустимую величину расхождения между значениями измеренных углов, полученных в разных полуприёмах одного полного приёма.

28. Как измерить расстояние теодолитом, используя рейку и дальномерные нити сетки нитей?

29. Перечислите основные требования безопасной работы с приборами.

30. Перечислите основные требования безопасной работы при работе в камеральных условиях.

31. Назовите меры защиты глаз.

32. Установите теодолит VEGA TEO 20 или CST/berger 56-BDT30 на штатив и приведите его в рабочее положение.

33. Изменяя положение зрительной трубы теодолита, считайте отсчёты по отсчётным устройствам горизонтального и вертикального круга не менее чем в пяти направлениях.

34. Выполните теодолиту поверку цилиндрического уровня и при необходимости юстировку.

35. Выполните теодолиту поверку круглого уровня и при необходимости юстировку.

36. Выполните теодолиту установку места нуля и при необходимости юстировку.

37. Выберите систему измерения вертикальных углов.

38. Выберите две точки и измерьте между ними правый по ходу лежащий угол двумя полуприёмами. Выполните измерение двух-трёх углов.

39. Установите нивелирную рейку и, пользуясь дальномерными штрихами сетки нитей, определите расстояние между прибором и рейкой. Выполните не менее пяти измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авакян, В. В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ / В. В. Авакян. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с.
2. Букринский, В. А. Геодезия и маркшейдерия / В. А. Букринский, В. Н. Попов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2015. – 453 с.
3. Булдакова, М. Б. Геодезия. Тахеометрическая съёмка и построение геодезической сети : учебное пособие / М. Б. Булдакова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2000. – 136 с.
4. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр : энциклопедия : в 2 томах. Т. 1. – Москва : Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
5. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр : энциклопедия : в 2 томах. Т. 2. – Москва : Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
6. Гиршберг, М. А. Геодезия : учебник / М. А. Гиршберг. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 384 с.
7. Дьяков, Б. Н. Основы геодезии и топографии: учебное пособие / Б. Н. Дьяков, В. Ф. Ковязин, А. Н. Соловьёв. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 272 с.
8. Золотова, Е. В. Геодезия с основами кадастра : учебник для вузов / Е. В. Золотова, Р. Н. Скогорева. – Москва : Академический Проект ; Трикста, 2015. – 414 с.
9. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс : учебник для вузов / редактор В. А. Коугия. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 286 с.
10. Инженерная геодезия: учебник для вузов / А. Г. Парамонов [и др.]. – Москва : МАКС Пресс, 2014. – 368 с.
11. Инструкция о порядке контроля и приёмки геодезических, топографических и картографических работ (ГКИНП (ГНТА)-17-004-99) / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: ЦНИИГАиК, 1999.
12. Киселев, М. И. Геодезия : учебник / М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2015. – 384 с.
13. Киселёв, М. И. Основы геодезии : учебник / М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев. – Москва : Высшая школа, 2001. – 368 с.

14. Ключин, Е. Б. Инженерная геодезия : учебник / Е. Б. Ключин, М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – Москва : Академия, 2010. – 496 с.
15. Ключин, Е. В. Инженерная геодезия : учебник для вузов / Е. В. Ключин, М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – Москва : Академия, 2006. – 480 с.
16. Костылев, В. А. Геодезия: учебно-методическое пособие по учебной геодезической практике / В. А. Костылев, В. В. Шумейко, К. Г. Барсуков. – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 77 с.
17. Курошев, Г. Д. Геодезия и топография: учебник для вузов / Г. Д. Курошев, Л. Е. Смирнов. – Москва : Академия, 2006. – 176 с.
18. Куштин, И. Ф. Инженерная геодезия : учебник / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 416 с.
19. Маслов, А. В. Геодезия / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – Москва : КолосС, 2006. – 598 с.
20. Маслов, А. В. Геодезия: учебник для вузов / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – Москва : Недра, 1993. – 480 с.
21. Михайлов, А. Ю. Инженерная геодезия в вопросах и ответах / А. Ю. Михайлов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 200 с.
22. Нестеренок, М. С. Геодезия : учебник / М. С. Нестеренок, В. Ф. Нестеренок, А. С. Позняк. – Минск : Университетское, 2001. – 310 с.
23. Неумывакин, Ю. К. Практикум по геодезии : учебник пособие / Ю. К. Неумывакин. – Москва : КолосС, 2008. – 318 с.
24. Неумывакин, Ю. К. Практикум по геодезии : учебник пособие / Ю. К. Неумывакин, А. С. Смирнов. – Москва : Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995.– 315 с.
25. О геодезии и картографии : Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ. – Москва, 1996.
26. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ. – Москва, 2016.
27. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 27 апреля 1993 г. № 4871-1. – Москва, 1994.

28. Охрана труда: путеводитель по нормативным документам / Комитет труда администрации Красноярского края.– Красноярск, 2002.– 512 с.
29. Перфилов, В. Ф. Геодезия: учебник для вузов / В. Ф. Перфилов, Р. Н. Скогорева, Н. В. Усова. – Москва : Высшая школа, 2006.– 350 с.
30. Поклад, Г. Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – Москва : Академический Проект, 2013. – 539 с.
31. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах: справочное пособие (ПТБ-88) / Главное управление геодезии и картографии. – Москва : Недра, 1991. – 303 с.
32. Практикум по геодезии : учебное пособие для вузов / под редакцией Г. Г. Поклада. – Москва : Академический Проект, 2015. – 487 с.
33. Сайт «Leica Geosystems». – URL: [http://www. Leica-geosystems.ru](http://www.Leica-geosystems.ru).
34. Сайт «Геостройизыскания». – URL: <http://www.gsi.ru>.
35. Сафонов, А. Я. Топография : учебное пособие / А. Я. Сафонов, К. Н. Шумаев, Т. Т. Миллер ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2014. – 222 с.
36. Справочник стандартных и употребляемых (распространённых) терминов по геодезии, картографии, топографии, геоинформационным системам, пространственным данным. – Москва : Братишка, 2007. – 736 с.
37. Уставич, Г. А. Геодезия : учебник. Кн. 1 / Г. А. Уставич. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 352 с.
38. Уставич, Г. А. Геодезия : учебник. Кн. 2 / Г. А. Уставич. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 536 с.
39. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия : учебник для вузов / Г. А. Федотов. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 479 с.
40. Фельдман, В. Д. Основы инженерной геодезии : учебник / В. Д. Фельдман, Д. Ш. Михелев. – Москва : Высшая школа, 2001. – 314 с.
41. Фокина, Л. А. Картография с основами топографии : учебное пособие для вузов / Л. А. Фокина. – Москва : ВЛАДОС, 2005. – 335 с.

42. Ходоров, С. Н. Геодезия – это очень просто. Введение в специальность / С. Н. Ходоров. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 176 с.

43. Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии : учебное пособие для вузов / С. И. Чекалин. – Москва : Академический Проект, 2009. – 393 с.

44. Чурилова, Е. А. Картография с основами топографии : практикум : учебное пособие для вузов / Е. А. Чурилова, Н. Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.

45. Шумаев, К. Н. Геодезия : курс лекций : учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов. – Красноярск : Гротеск, 2004. – 80 с.

46. Шумаев, К. Н. Геодезия : справочное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2006. – 152 с.

47. Шумаев, К. Н. Геодезия. Изучение оптического теодолита 4Т30П : методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова, Т. Т. Миллер ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2016. – 36 с.

48. Шумаев, К. Н. Геодезия. Охрана труда при ведении топографо-геодезических работ : методические указания к проведению учебных и производственных практик / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Т. Т. Миллер, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 56 с.

49. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические инструменты уходящей эпохи : учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ф. Н. Мойсеёнок ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2005. – 164 с.

50. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в землеустройстве : учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2007. – 180 с.

51. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в мелиорации : учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2007. – 192 с.

52. Шумаев, К. Н. Геодезия. Электронные теодолиты технической точности ТЕО 20 и 56-BDT30 : методические указания

к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2015. – 54 с.

53. Шумаев, К. Н. Геодезия. Электронный теодолит ТЕО-5В : методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2018. – 61 с.

54. Шумаев, К. Н. Геодезия. Электронный теодолит ТЕО5 : методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Т. Т. Миллер, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 47 с.

55. Шумаев, К. Н. Исполнительская практика : методические указания к учебной практике / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 64 с.

56. Шумаев, К. Н. Краткий топографо-геодезический справочник землеустроителя: учебное пособие / К. Н. Шумаев ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2002. – 110 с.

57. Шумаев, К. Н. Организация учебной геодезической практики : методические указания / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Т. Т. Миллер ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 1996. – 14 с.

58. Шумаев, К. Н. Практика по инженерной геодезии : методические указания / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2015. – 50 с.

59. Шумаев, К. Н. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по инженерной геодезии: методические указания к учебной практике / К.Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 55 с.

60. Шумаев, К. Н. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков (35.03.10): методические указания к выполнению полевых и камеральных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2019. – 99 с.

61. Шумаев, К. Н. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков научно-исследовательской деятельности : методические указания / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 53 с.

62. Южанининов, В. С. Картография с основами топографии / В. С. Южанининов. – Москва : Высшая школа, 2005. – 302 с.

63. Юнусов, А. Г. Геодезия : учебник для вузов / А. Г. Юнусов, А. Б. Беликов, В. Н. Баранов, Ю. Ю. Каширкин. – Москва : Академический проект ; Трикста, 2015. – 411 с.

64. Ямбаев, Х. К. Геодезия. Исследование, поверка и юстировка средств измерений : учебное пособие для вузов / Х. К. Ямбаев. – Москва : МИИГАиК, 2016. – 341 с.

65. Ямбаев, Х. К. Инженерно-геодезические инструменты и системы : учебное пособие для вузов / Х. К. Ямбаев. – М.: МИИГАиК, 2012. – 461 с.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОДОЛИТА

200 г. до н.э. – Эратосфен измерил окружность Земли при помощи гномона (солнечных часов).

130 г. до н.э. – Гиппарх изобрёл астролябию.

100 г. до н.э. – Герон Александрийский написал работу «О диоптре». Предложен угломерный прибор с диоптрами и поворотной линейкой, на которой располагался уровень.

150 г. до н.э. – Птолемей изобрёл устройство, состоящее из гибкой дуги, стягиваемой сухожилием, служившим линейкой. Устройство использовалось для измерения вертикальных углов.

IV в. – арабы применяют компас для ориентирования и угловых измерений.

1000 г. – Бируни сконструировал приспособление для разделения лимбов через интервал 5'.

XVI в. – Диггс описал геодезический прибор на основе астролябии для измерения горизонтальных углов (теодолит).

1542 г. – Педро Нуньес предложил отсчётное устройство для квадранта, состоявшее из 46 concentрических окружностей, каждая из которых содержала число делений на единицу меньше, чем предыдущая. Все окружности пересекались в радиальном направлении индексом, по которому брались отсчёты.

1576 г. – Габермель разработал угломерный прибор, в котором рабочей мерой служила буссоль.

1593 г. – Клавиус предложил принцип нониуса.

1609 г. – Галилео Галилей построил зрительную трубу, содержащую линзы.

1611 г. – Иоганн Кеплер предложил два варианта зрительной трубы линзовой конструкции с сеткой нитей, заменявшей диоптры: с обратным изображением (астрономическая труба) и с прямым (земная труба).

1631 г. – Петер Вернер реализовал принцип нониуса в виде «верньера».

Вторая половина XVII в. – значительный прогресс в делительно-гравёрном производстве обеспечил резкое повышение точности угловых измерений теодолитами.

Вторая половина XVII в. – начало производства геодезических приборов в России.

1670 г. – Пикар выполнил градусные измерения квадрантом со зрительной трубой, имевшей сетку нитей.

Конец XVII в. – Тихо Браге применил принцип трансверсальной шкалы в построенном им квадранте.

1730 г. – Джон Сиссон построил первый теодолит технической точности.

Середина XVIII в. – Джесс Рамсден изобрёл микроскоп с винтовым микрометром для снятия отсчётов по лимбу.

1785 г. – Борд создаёт новые осевые системы.

1804 г. – Рейхенбах сконструировал повторительный теодолит.

1810 г. – Рейхенбах ввёл в зрительную трубу дальномерные нити для оптического определения расстояний по дальномерным нитям.

1830 г. – Репсоль дополняет новыми осевыми системами.

Вторая половина XIX в. – В.Я. Струве разработал один из основных способов измерения горизонтальных углов – способ круговых приёмов.

1879 г. – Гензольдт описал устройство шкалового микроскопа.

1886 г. – Иозиф и Ян Фрич применили стеклянные лимбы в горном теодолите.

1908 г. – Вильд предложил внутреннюю фокусировку труб.

1922 г. – фирма «Карл Цейсс» в Йене сконструировала первый оптический теодолит марки Th-1 с оптическим микрометром, работавшим по принципу совмещённого отсчёта.

1928 г. – Вильд предложил цилиндрический уровень, контактное устройство к уровням вертикального круга и оптический микрометр с плоскопараллельными пластинками.

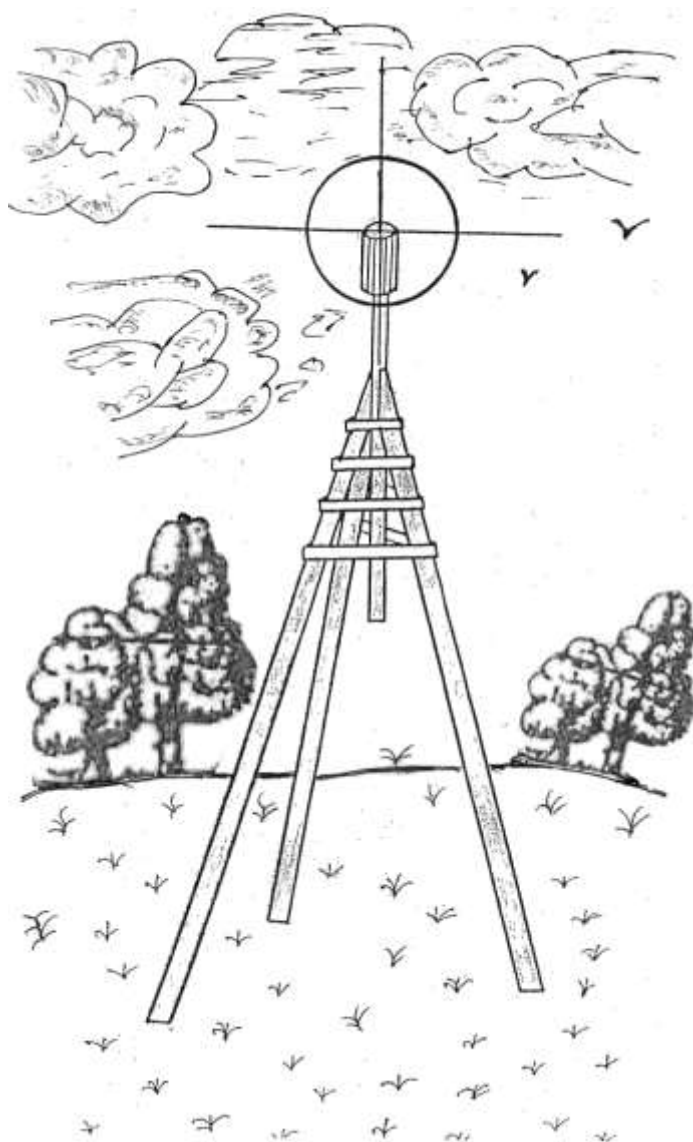
1937 г. – Вильд предложил конструкцию осей на шарикоподшипниках, горизонтирующее кулачковое устройство.

Вторая половина XX в. – по идее Гигаса изготовлен теодолит с устройством для фоторегистрации лимба.

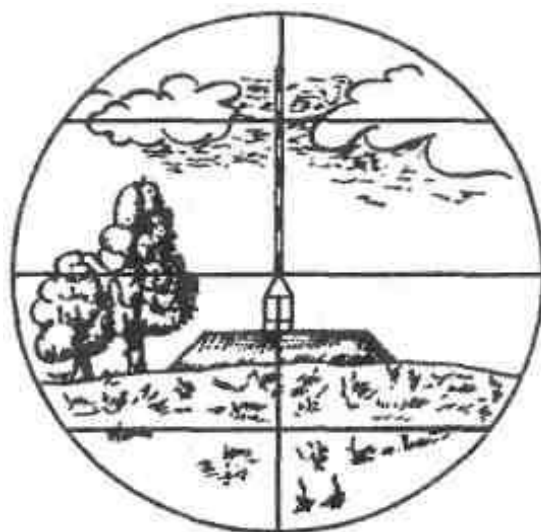
Вторая половина XX в. – в теодолиты введены компенсаторы углов наклона (разработка СССР для нивелиров).

Вторая половина XX в. – созданы электронные теодолиты.

НАВЕДЕНИЕ НА ОБЪЕКТ ВИЗИРОВАНИЯ



а



б

Наведение электронного теодолита VEGA TEO 20 и CST/berger 56-BDT30 на объект визирования: а – на пирамиду государственной геодезической сети; б – на вешку на межевом знаке

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К ТЕОДОЛИТУ



а



б



в

Дополнительное оборудование к теодолиту VEGA TEO 20 и CST/berger 56-BDT30: а – штатив раздвижной PFW1B-E; б – веха металлическая 67-4308TM; в – рейка нивелирная телескопическая TS4-4E (обратная сторона)

ГЕОДЕЗИЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ VEGA И CST/BERGER

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

***Шумаев Константин Николаевич
Сафонов Александр Яковлевич
Горбунова Юлия Викторовна***

Электронное издание

Редактор
О.Ю. Потапова

Подписано в свет 27.00.2020. Регистрационный номер 4
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru