

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

# ГЕОДЕЗИЯ

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕОДОЛИТ ТЕО-5В

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*



Красноярск 2018

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

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

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕОДОЛИТ**

### **ТЕО-5В**

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*

Красноярск 2018

## *Рецензент*

*С.А. Мамонтова, канд. экон. наук, доцент кафедры  
землеустройства и кадастров Красноярского государственного  
аграрного университета*

***Шумаев, К.Н.***

**Геодезия. Электронный теодолит ТЕО-5В: методические указания к выполнению лабораторных работ / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 62 с.**

Представлено устройство электронного теодолита. Дано описание необходимых поверок и юстировок, изложена методика выполнения измерений при работе на станции при создании съёмочного обоснования.

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

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Шумаев К.Н., Сафонов А.Я.,  
Горбунова Ю.В., 2018  
© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный»  
аграрный университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ СРЕДНЕЙ ТОЧНОСТИ	7
2 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА VEGA ТЕО-5В .....	10
3 ФУНКЦИИ ДИСПЛЕЯ И КЛАВИШ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА ТЕО-5В .....	13
4 УСТАНОВКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ .....	16
5 НАСТРОЙКА ИЗМЕРЕНИЙ .....	18
6 ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ .....	20
7 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА .....	23
8 РАБОТА С ПРИБОРОМ .....	34
8.1 Включение прибора .....	34
8.2 Выключение прибора .....	34
8.3 Включение подсветки экрана .....	35
8.4 Выключение подсветки экрана .....	35
8.5 Изменение направления отсчета горизонтального угла право/лево ([R/L]) .....	35
8.6 Обнуление отсчета горизонтального круга ([0SET]) ..	35
8.7 Переключение режима измерения вертикального угла: от зенита/уклон в % ([V/%]) .....	36
8.8 Удержание значения горизонтального угла и задание его произвольного значения (HOLD) .....	36
8.9 Включение дополнительного режима функциональных клавиш .....	37
8.10 Выбор единиц измерения углов .....	37
9 ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ .....	38
9.1 Измерение горизонтальных углов .....	38
9.2 Измерение вертикальных углов .....	39
9.3 Измерение уклона .....	39
9.4 Измерение расстояния по дальномерным нитям .....	40
9.5 Повторные измерения углов .....	41
9.6 Вынос проектного горизонтального угла .....	42

10 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ	42
11 РАБОТА НА СТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЁМОМ .....	43
12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТЕОДОЛИТАМИ .....	46
13 ОХРАНА ТРУДА И ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ.....	48
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ .....	50
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	56
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	60
Приложение А. Наведение на объект визирования .....	60
Приложение Б. Дополнительное оборудование к теодолиту.....	61

## ВВЕДЕНИЕ

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

Вся работа инженеров 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 Института землеустройства, кадастров и природообустройства, обучающихся по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», предусмотрен курс «Геодезия». В этой дисциплине на втором курсе изучают теодолиты средней точности ТЭ5 и ТЕО5, ТЕО5В. Теоретические знания необходимо закрепить на лабораторных занятиях. Студенты получают практические навыки подготовки приборов к измерениям и непосредственно измерений.

Методические указания включают в себя описание устройства прибора, методику выполнения поверок и юстировок, измерений горизонтальных и вертикальных углов, дальномерных расстояний при помощи электронных теодолитов средней точности. В издании приведены термины и определения, даны рекомендации по безопасному ведению работ с использованием теодолитов в условиях лаборатории и при выполнении топографо-геодезических работ.

Методические указания составлены в соответствии с действующим стандартом и рабочей программой для студентов направления 21.03.02. «Землеустройство и кадастр» Могут быть полезны для студентов, обучающихся по направлениям 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» Института агроэкологических технологий и 20.03.02 «Природообустройство и водопользование».

## 1 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ СРЕДНЕЙ ТОЧНОСТИ

Теодолиты в течение веков прошли длительную эволюцию. 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, слово происходит от французских понятий «*рассматриваю + длинный*». Термин *теодолит* определяется как геодезический прибор, предназначенный для измерения 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, вертикальный круг и бортовой компьютер.

По точности измерений теодолиты можно разделить на четыре группы: высокоточные, повышенной точности, средней точности и технические. Рассматриваемый в данных методических указаниях прибор относится к среднему 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.

Средние электронные теодолиты, так же как и оптические, применяются для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний нитяным дальномером при производстве различного рода топографических и разбивочно-

привязочных работ. На рисунке 2 представлен электронный теодолит VEGA TEO 5B китайского производства.



*Рисунок 2 – Электронный теодолит VEGA TEO 5B*

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 обращённых друг к другу поверхностях, нанесены кодирующий диск и индексная диафрагма. Они представляют собой концентрические кодовые дорожки с прозрачными и непрозрачными сегментами. Соответственно, отсчёт по кодовому лимбу представляется сочетанием двух сигналов «темно – светло». Двоичный сигнал преобразуется в цифровой код и выводится на дисплей.

В электронном теодолите VEGA TEO-5B используется инкрементальная система считывания углов при угловых измерениях, и за счет встроенного микропрограммного обеспечения реализовано автоматическое выполнение измерений, расчетов, отображение результатов и возможность сохранения их в памяти прибора. Результаты измерений горизонтального и вертикального углов могут отображаться одновременно. Кроме того, вертикальный угол может отображаться в градусах или как уклон в процентах.

Электронный теодолит серии VEGA ТЕО-5В может использоваться для сгущения сетей триангуляции III-IV классов, при создании опорных пунктов на железной дороге, автомагистралях, мостах, природоохранных водных объектов, на карьерах и рудниках, и т.д., в инженерной геодезии, а также в строительстве и при монтаже крупных объектов. Они также используются в кадастровых и топографических съемках и других инженерных съемках.

Электронный теодолит VEGA ТЕО-5В оснащен широким жидкокристаллическим LCD дисплеем и использует энергосберегающее технологическое решение; от четырех щелочных аккумуляторов АА теодолит может работать непрерывно до 20 часов. За счет инкрементальной системы считывания углов полученное в результате измерения значение угла сохраняется в памяти прибора при отключении питания. Это значит, что при следующем включении прибора и визировании той же самой цели полученное ранее значение угла не изменится.

## **2 УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА VEGA ТЕО-5В**

Данный прибор обеспечивает точность измерения горизонтальных углов одним приемом со средней квадратической ошибкой 5". Устройство теодолита VEGA ТЕО 5В представлено на рисунке 3. Техническая характеристика теодолита VEGA ТЕО 5В представлена в таблице 1.

Электронный теодолит VEGA ТЕО 5В состоит из горизонтального круга, вертикального круга, зрительной трубы, подставки и электронной части. 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 теодолита VEGA ТЕО 5В такое же, как и у теодолитов ЗТ5КП и ТЭ5.

При укладке прибора и принадлежностей к нему в футляр следует соблюдать схему размещения (рисунок 4). При укладке прибора в футляр необходимо ослабить закрепительные винты.



а

б

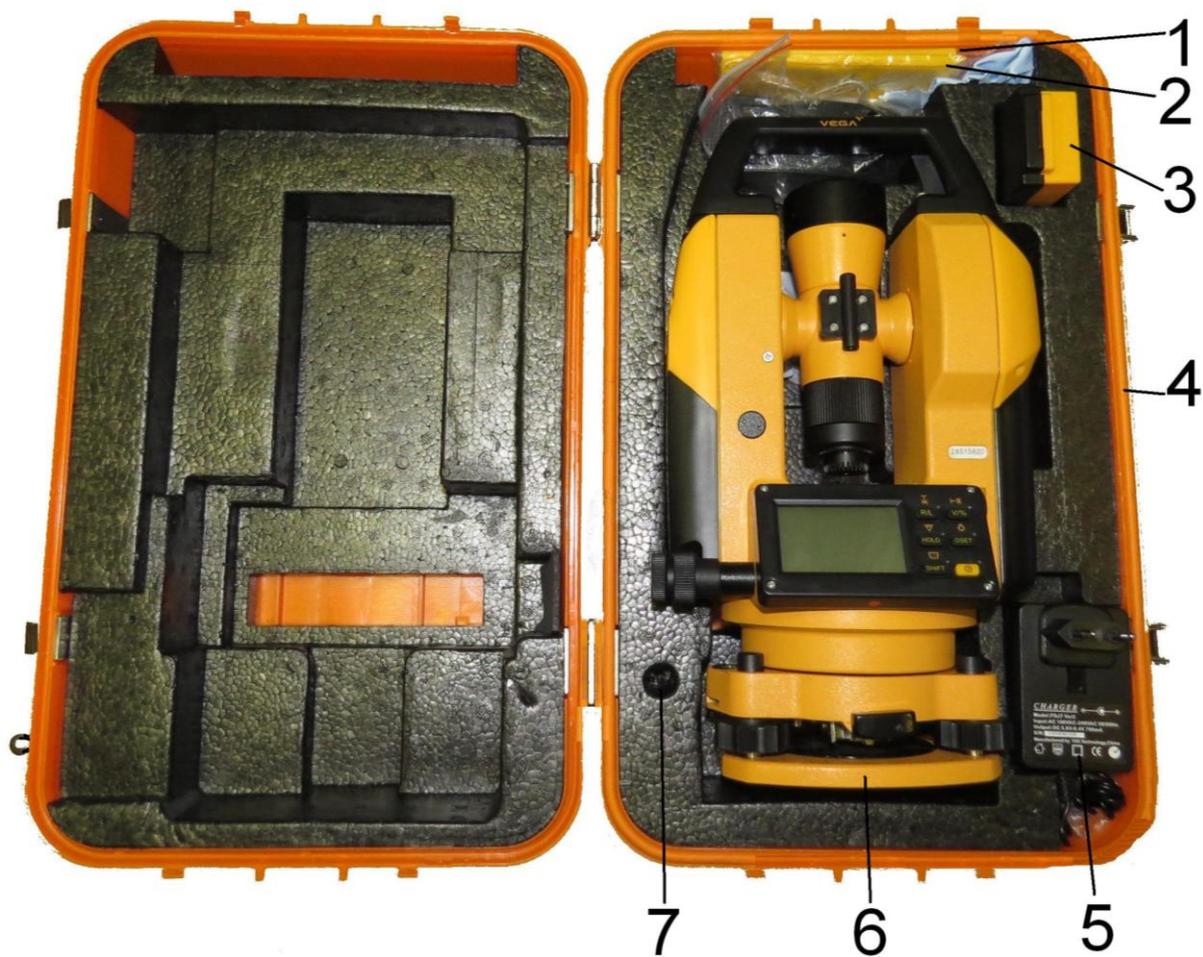
**Рисунок 3 – Устройство электронного теодолита VEGA TEO-5B:**

**а – вид теодолита со стороны окуляра при круге право; б – вид теодолита со стороны объектива при круге право;**

**1 – подъёмный винт; 2 – круглый уровень; 3 – закрепительный винт подставки; 4 – функциональные клавиши; 5 – дисплей; 6 – наводящий винт горизонтального круга; 7 – закрепительный винт горизонтального круга; 8 – кольцо окуляра зрительной трубы диоптрийное; 9 – кремальера (фокусирующее кольцо); 10 – метка высоты инструмента; 11 – основание; 12 – треггер; 13 – последовательный порт RS-232C; 14 – ручка теодолита; 15 – винт ручки теодолита; 16 – коллиматорный визир; 17 – объектив зрительной трубы; 18 – отсек для батарей; 19 – закрепительный винт трубы и вертикального круга; 20 – наводящий винт трубы и вертикального круга; 21 – юстировочный винт цилиндрического уровня; 22 – цилиндрический уровень**

Таблица 1 – Техническая характеристика электронного теодолита VEGA TEO-5B

Элемент теодолита	Параметр	Величина
Зрительная труба	Длина	150 мм
	Объектив	42 мм
	Увеличение, не менее	30 <sup>x</sup>
	Изображение	Прямое
	Угловое поле зрения	1°20'
	Минимальное фокусное расстояние	1.0 м
	Коэффициент нитяного дальномера	100 ± 0.5
Система измерения углов	Диапазон измерения углов	0 ... 360°
	Допускаемая СКО измерения углов, не более	5"
	Минимальный отсчет	1"(0,2 мгон) / 5"(1 мгон)
	Единицы измерения углов	градусы/минуты/секунды или гоны
Трегер	Съёмный	Да
Лазерный отвес	Точность	± 0.8 мм
	Класс лазера	2(IEC 60825 – 1:2001)
	Длина волны лазера	6355 нм
Источник электропитания	Щелочная батарея	4 батарейки, тип АА
	Аккумулятор	Ni-MH перезаряжаемый аккумулятор
	Продолжительность непрерывной работы, не менее	Батарейки: 20 ч; аккумулятор: 20 ч
Подсветка	ЖК дисплей	Да
	Клавиатура	Да
Чувствительность уровня	Круглый уровень	8'/2 мм
	Цилиндрический уровень	30"/2 мм
Другое	Класс пыли- и влагозащиты	IP54
	Диапазон рабочих температур	От -20° до +50°С
	Масса, не более	4.3 кг
	Дисплей	Двусторонний
	Интерфейс	RS-232C
Компенсатор	Датчик наклона	Да
	Диапазон работы компенсатора	± 3'



*Рисунок 4 – Схема размещения в укладочном футляре:  
 1 – руководство пользователя; 2 – чехол от дождя; 3 – аккумулятор;  
 4 – футляр; 5 – зарядное устройство; 6 – теодолит;  
 7 – юстировочные инструменты*

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

### **3 ФУНКЦИИ ДИСПЛЕЯ И КЛАВИШ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА ТЕО-5В**

Внешний вид панели управления представлен на рисунке 5, а её функции – в таблицах 2 и 3. Изображение экрана представлено на рисунке 6.



Рисунок 5 – Внешний вид панели управления электронного теодолита VEGA TEO-5B

Таблица 2 – Символы дисплея и соответствующие им текущие функции электронного теодолита TEO-5B

Обозначение на дисплее	Функция
<b>V</b>	Вертикальный угол (отсчет от зенита)
<b>H<sub>R</sub></b>	Символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке (увеличение отсчетов по часовой стрелке)
<b>H<sup>L</sup></b>	Символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки (увеличение отсчетов против часовой стрелки)
	Символ, указывающий уровень заряда батареи
<b>Rep</b>	Повторное измерение углов
<b>Shift</b>	Дополнительный режим функциональных клавиш
<b>Tilt</b>	Режим работы электронного уровня
<b>Hold</b>	Удержание отсчета горизонтального угла
<b>g</b>	Угловые измерения в гонах
<b>%</b>	Символ функции измерения уклона в %
<b>° ' "</b>	Отображение углов в градусах

Таблица 3 – Функциональные клавиши панели управления электронного теодолита VEGA TEO-5B

Клавиша	Первая функция	Вторая функция
<b>R/L</b>	Установка направления измерения горизонтального угла: R – увеличение отсчетов по часовой стрелке, L – увеличение отсчетов против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши	Включение / выключение лазерного отвеса
<b>V%</b>	Выбор режима измерения вертикальных углов: от зенита или уклон в %. Символ «%» появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона	Включение / выключение лазерного целеуказателя
<b>HOLD</b>	Удержание измеренного значения горизонтального угла. Когда нажата эта клавиша, отсчёт горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчёта горизонтального угла	Режим повторных измерений углов
<b>0SET</b>	Обнуление отсчёта горизонтального круга. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчёт 0°00'00" на любое направление	Включение / выключение подсветки экрана и сетки нитей. Повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку
<b>Shift</b>	Активация дополнительного режима функциональных клавиш	Передача данных на другое устройство через RS-232C
<b>ⓘ</b>	Включение / выключение теодолита	

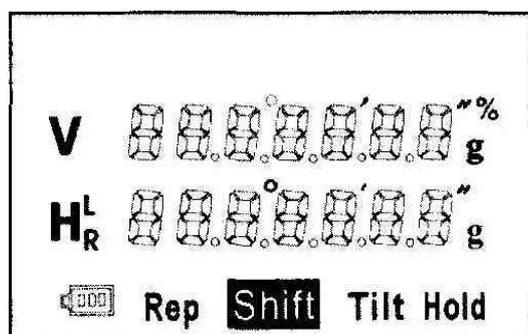


Рисунок 6 – Экран электронного теодолита VEGA TEO-5B

## 4 УСТАНОВКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Источником питания для цифрового теодолита служат 4 щелочные батарейки типа АА или аккумулятор 6 В/1500 мАч.

Для установки аккумулятора следует вставить выступ аккумуляторного блока в паз аккумуляторного блока на теодолите и нажать на него.

Для извлечения аккумулятора следует нажать защелку аккумуляторного блока (рисунок 7) и извлечь блок из теодолита.

Уровень заряда аккумулятора отображается в левом нижнем углу дисплея. Когда все деления индикатора заполнены черным, – аккумулятор полностью заряжен. Когда черных делений мало, аккумулятор необходимо заменить или зарядить.

Продолжительность непрерывной работы теодолита 20 часов.

Необходимо использовать аккумуляторы, предусмотренные для этого инструмента (рисунок 8). В противном случае это может

привести к выходу аккумуляторного блока из строя.

Для подзарядки следует подключить зарядное устройство к источнику переменного тока 100–240 В (50–60 Гц); красная лампочка индикатора начнет мигать.

Вставить штекер зарядного устройства в гнездо аккумуляторного блока, красная лампочка индикатора будет гореть постоянно. Это означает, что идет процесс подзарядки. Выходная мощность – ИБП 6 В постоянного тока, а индекс зарядного устройства – FDJ17.



*Рисунок 7 – Извлечение аккумуляторного блока (стрелкой отмечена защелка)*

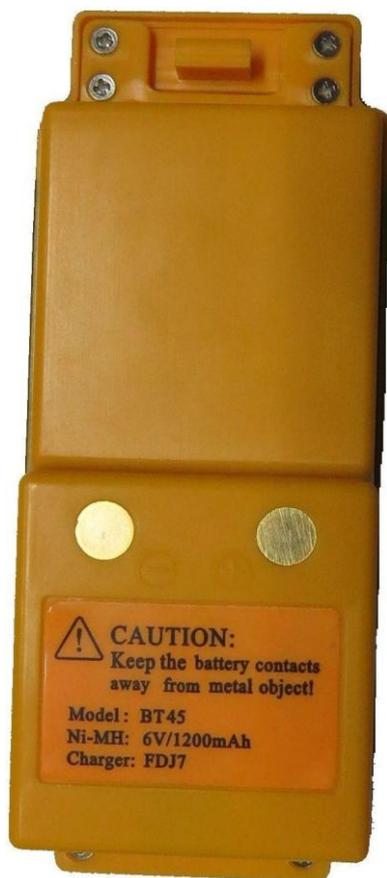


Рисунок 8 –  
Аккумулятор

По завершении подзарядки красная лампочка индикатора снова начнет мигать, это означает, что подзарядка выполнена. Обычно аккумулятор заряжается за 3,5 ч.

Зарядное устройство предназначено для использования только внутри помещения.

Новый аккумулятор (или тот, что не использовался в течение длительного промежутка времени) необходимо подвергнуть нескольким циклам зарядки и разрядки, чтобы добиться оптимального режима подзарядки.

После того как загорится зеленый индикатор, указывающий на завершение процесса зарядки, рекомендуется подождать еще 1–2 часа прежде чем отключать аккумуляторный блок от зарядного устройства.

Режимы светодиодной индикации: красный горит – идет зарядка; зеленый горит – зарядка завершена; красный мигает – ожидание, плохое подключение или неисправен аккумулятор.

Если красный индикатор мигает при подключении зарядного устройства к электросети, следует вынуть вилку из электророзетки и подождать минуту, после чего повторить подключение.

Для установки щелочных батарей АА необходимо выполнить следующие действия:

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

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

в) установка батареек – установить батарейки в положение, показанное на рисунке 9, соблюдая последовательность «+» «-»;

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

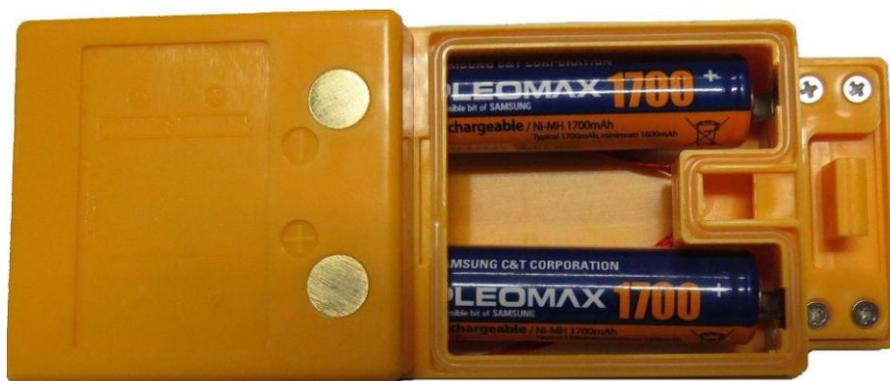


Рисунок 9 – Блок щелочных батарей AA

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

Необходимо заменить все 4 отработавших батарейки на новые одновременно. Не следует использовать старые батарейки с новыми.

В том случае, если прибор не используется в течение длительного времени, необходимо извлечь из него батарейки.

## 5 НАСТРОЙКА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед тем как в первый раз начать работать с данным теодолитом, необходимо настроить некоторые параметры. В том случае, если Ваши пожелания не изменятся, при дальнейшем использовании прибора не нужно будет задавать эти настройки заново.

Вход в режим настроек.

Для включения теодолита нажать клавишу [R/L] и, удерживая ее, нажать кнопку питания «» пока на экране не отобразится SET (режим настроек) (рисунок 10). После звукового сигнала отпустите сначала клавишу [R/L], а затем – кнопку питания. Нажмите клавишу [R/L].



Рисунок 10 – Включение режима настроек

Позиции выбранного режима представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Позиции выбранного режима

Задаваемые параметры	Варианты установок	Описание
1	ON (Вкл)	Система отсчета вертикального угла: 0° от горизонта
	OFF * (Выкл)	Система отсчета вертикального угла: от горизонта ±90°
2	ON * (Вкл)	Автоматическое отключение питания через 20 минут
	OFF (Выкл)	Выключение функции автоматического отключения питания
3	1"*	Выбор дискретности отсчитывания углов: 1"(0.2мгон)
	5"	Выбор дискретности отсчитывания углов: 5"(1мгон)
	10"	Выбор дискретности отсчитывания углов: 10"(2мгон)
4	1*	Выбор единиц измерения углов: градусы
	2	Выбор единиц измерения углов: гоны
	3	Выбор единиц измерения углов: милы
5	ON*	Включение режима работы компенсатора
	OFF	Выключение режима работы компенсатора
6	ON (Вкл)	Установка ГУ на 0 двойным нажатием клавиши [0SET]
	OFF* (Выкл)	Установка ГУ на 0 однократным нажатием клавиши [0SET]

Вариант установки, отмеченный символом\*, означает заводскую установку.

Настройки измерений, на примере режима автоматического отключения питания OFF, выполнить в последовательности, представленной в таблице 5.

Таблица 5 – Последовательность выполнения настроек

Клавиша	Операция	Дисплей
[R/L] + ⓘ	1. Нажать клавишу [R/L] и, удерживая ее, нажать кнопку питания «ⓘ». После звукового сигнала отпустить сначала клавишу [R/L], а затем – кнопку питания. Отобразится SET	1 OFF
[R/L] дважды	2. Нажать дважды клавишу [R/L], чтобы перейти к параметру № 2	2 ON
[V%]	3. Нажать клавишу [V%], чтобы выключить режим автоматического отключения питания	2 OFF
[SHIFT]	4. Нажать клавишу [SHIFT] для сохранения настройки, значения угла и перехода в режим измерений	V: 075°52'37" H <sub>R</sub> : 175°12'03"

## 6 ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

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

Первоначально выполняется приблизительное горизонтирование прибора по круглому уровню (рисунок 11).

Теодолит в горизонтальное положение приводится при помощи трёх подъёмных винтов. Вращая два подъёмных винта А и В (рисунок 11, 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 11, б).

После этого выполняется точное приведение прибора к горизонту (рисунок 12). Горизонтальный круг устанавливается таким образом, чтобы ось цилиндрического уровня была

параллельна любым двум подъёмным винтам А и В (рисунок 12, а).

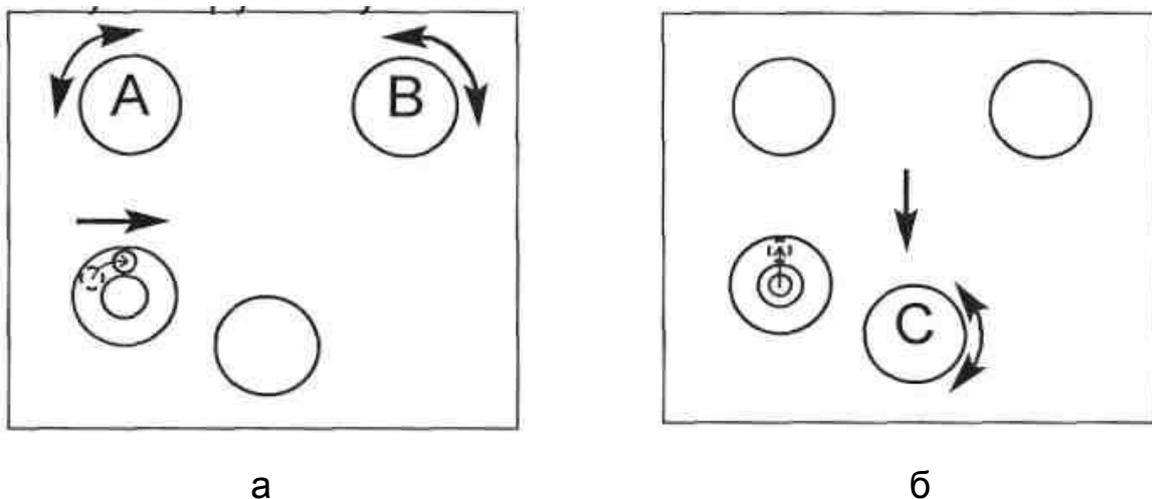


Рисунок 11 – Приблизительное горизонтирование теодолита по круглому уровню

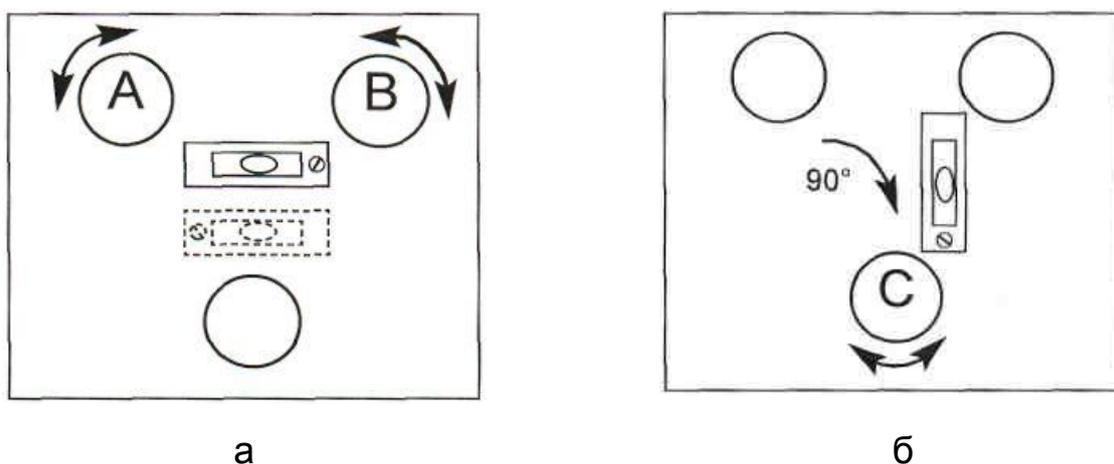


Рисунок 12 – Точное горизонтирование по цилиндрическому уровню

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 12, 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 лазерного отвеса.

#### *Центрирование с помощью лазерного отвеса.*

Включить прибор, нажать клавишу [SHIFT], чтобы активировать вторую функцию рабочих клавиш прибора. Нажать клавишу [R/L], чтобы включить лазерный отвес. На земле на горизонтальной плоскости с точкой центрирования появится пятно лазерного луча.

Ослабить становой винт штатива и сдвинуть трегер по платформе штатива до совпадения лазерной точки с точкой центрирования. Затянуть становой винт. Затем проверяют положение пузырьков круглого и цилиндрического уровней.

Повторять действия по установке до тех пор, пока пузырек не будет оставаться по центру уровня, а лазерная точка совпадать с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга теодолита в любом направлении.

После выполнения центрирования нажать клавишу [R/L] для выключения центрира.

Не допускать попадания лазерного излучения в глаз.

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 (рисунок 13). 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 точно на объект. Стрелка на фокусирующем кольце указывает направление на бесконечность. Необходимо следить, чтобы расстояние между глазом и визиром было небольшим.

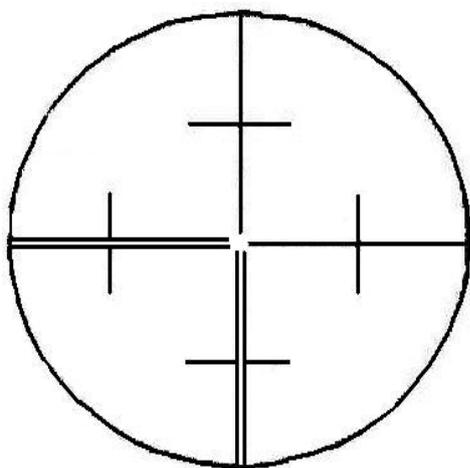


Рисунок 13 – Сетка нитей зрительной трубы

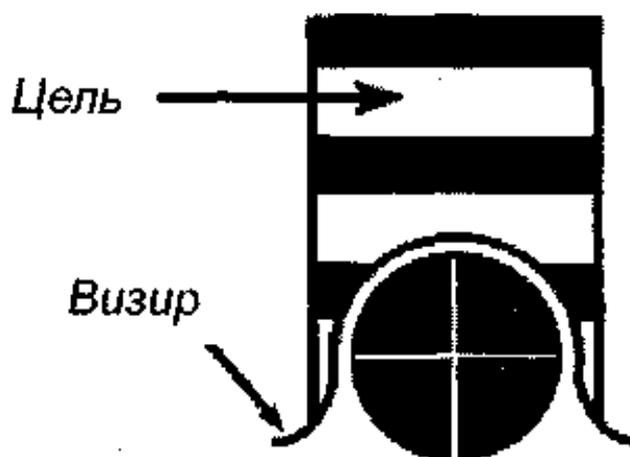


Рисунок 14 – Визирование на цель по коллиматорному визиру

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.

## 7 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА

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 состояние 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 государственную поверку 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 братья 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 средней точности необходимо проводить в следующей последовательности:

1. Поверка и юстировка цилиндрического уровня.
2. Поверка и юстировка круглого уровня.
3. Поверка и юстировка оптического визира.
4. Поверка и юстировка лазерного отвеса.
5. Поверка и юстировка вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы.

6. Поверка и юстировка коллимационной ошибки горизонтального круга С.

7. Поверка и юстировка места нуля вертикального круга теодолита МО.

8. Поверка и юстировка компенсатора.

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 (см. рисунок 12, а). 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  $180^\circ$ ; если пузырёк уровня останется на середине, то условие поверки считается

соблюденым. Если же пузырёк уровня отойдет от середины больше чем на одно деление, значит, условие не соблюдено, и необходимо исправить обнаруженную не перпендикулярность осей, т.е. произвести юстировку. Для этого подсчитывают, на сколько делений уровня отклонился пузырек. Ошибку в размере половины делений устраняют исправительным винтом уровня (рисунок 15) с помощью специальной шпильки. При большом отклонении исправление выполняют постепенно. Поверку и юстировку повторяют несколько раз до полного устранения ошибки.

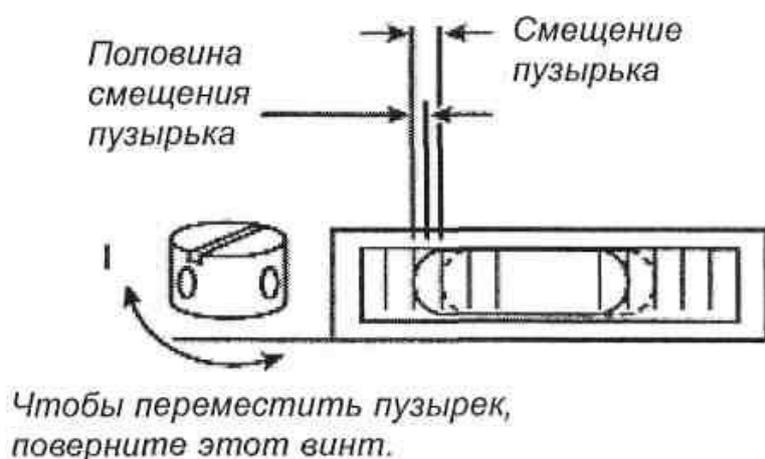
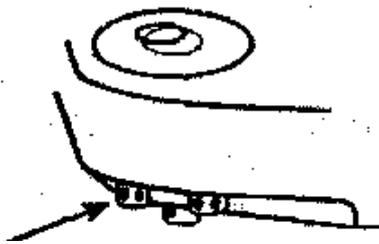


Рисунок 15 – Юстировка цилиндрического уровня

*Поверка круглого уровня. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения теодолита.*

До начала данной поверки 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 16, 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 16, б), а затем затянуть другой винт также на  $\frac{1}{4}$  оборота. После этого поверку повторяют, повернув прибор на  $180^\circ$ .

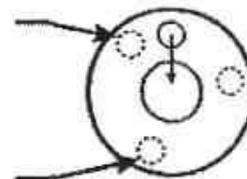


Используйте эти юстировочные винты для приведения пузырька круглого уровня в центр

а

Чтобы пузырек сместился в указанных направлениях:

Затяните  
ЭТОТ ВИНТ



Ослабьте  
ЭТОТ ВИНТ

б

Рисунок 16 – Юстировка круглого уровня

*Проверка оптического визира. Проекция центра сетки оптического коллиматорного визира должна совпадать с проекцией центра сетки нитей зрительной трубы.*

Установить теодолит на штатив и привести его в рабочее положение. Установить визирную марку на расстоянии 50 м от прибора. С помощью зрительной трубы навести перекрестье сетки нитей зрительной трубы на центр марки.

Убедитесь, что оптический коллиматорный визир (рисунок 17) наведен на центр марки. Если это так, то условие соблюдено и юстировка не требуется. Если нет, необходимо выполнить юстировку.

Для юстировки необходимо ослабить 4 фиксирующих винта оптического коллиматорного визира. Затем привести оптический визир в правильное положение, то есть совместить проекцию центра сетки



Рисунок 17 – Оптический коллиматорный визир

оптического коллиматорного визира с центром визирной марки. После чего затянуть 4 винта, фиксирующих визир.

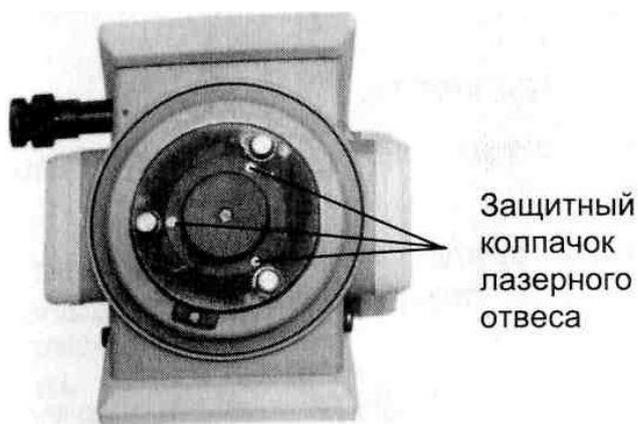
*Проверка лазерного отвеса. Луч лазерного отвеса должен совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.*

Установить теодолит на штатив и привести его в рабочее положение. Повернуть кольцо переключателя, чтобы включить лазер и точно сфокусировать его. Навести лазерный отвес на точку центрирования, перемещая штатив, или, ослабив становой винт, передвинуть теодолит по головке штатива к точке центрирования. Вновь привести его в рабочее положение. Затем повернуть теодолит на  $180^\circ$  (200 гон). Если точка лазерного пятна находится в центре точки центрирования или они различаются менее чем на 2 мм, то условие соблюдено и юстировка не требуется. В противном случае необходима юстировка.

Для этого следует снять защитный колпачок лазерного отвеса (рисунок 18). Регулируя два юстировочных винта с помощью шестигранного ключа, переместить лазерную точку на половину расстояния до точки центрирования. Лазерный отвес имеет три юстировочных винта, но только два из них используются для юстировки (рисунок 19).

Повторять действия проверки и юстировки до тех пор, пока теодолит не будет оставаться отгоризонтированным, а лазерная точка не будет совпадать с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга теодолита в любом направлении. Установить защитный колпачок лазерного отвеса.

*Проверка сетки нитей зрительной трубы. Верти-*



*Рисунок 18 – Лазерный отвес (Теодолит. Вид снизу)*



*Рисунок 19 – Юстировочные винты лазерного отвеса*

кальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита.

Наводится вертикальная нить сетки на чётко видимую, удалённую точку. Вращая трубу микрометрическим (наводящим) винтом вертикального круга теодолита, наблюдают прохождение вертикальной нити через искомую точку. Если вертикальная нить и точка в ходе вращения трубы взаимно отклоняются (рисунок 20), юстировку выполняют путем поворота окулярной части зрительной трубы с сеткой на требуемый угол.

Для этого снимают защитный колпачок с окуляра, ослабляются четыре юстировочных винта, крепящие окулярную часть к зрительной трубе. После поворота юстировочные винты закрепляются. Повторять действия проверки и юстировки до тех пор, пока вертикальная нить и точка в ходе

вращения зрительной трубы не будут взаимно отклоняться.

*Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита. (Проверка коллимационной ошибки горизонтального круга.)*

Зрительную трубу центром сетки нитей наводят на какой-либо удаленный объект вблизи горизонта. Затем берут отсчёт по лимбу горизонтального круга при положении КП. Переводят трубу через зенит. Наводят зрительную трубу на ту же точку и берут отсчёт, но в уже в положении КП. Разность между отсчётами даёт угол, соответствующий двойной коллимационной ошибке. Тогда величина коллимационной ошибки вычисляется по формуле

$$C = \frac{KЛ - КП \pm 180^\circ}{2}.$$



Рисунок 20 –  
Юстировочные винты  
сетки нитей

Если она превышает двойную величину точности считывания отсчёта, равную 10" для теодолита ТЕО-5В, то положение визирной оси желательно исправить.

Для этого определяется отсчёт:

$$КП_0 = КП + С.$$

На этот отсчёт, при помощи наводящего винта, устанавливается алидада горизонтального круга. Одновременно центр сетки нитей трубы сместится с наблюдаемой точки. Наводить на эту точку центр сетки нитей необходимо исправительными винтами сетки нитей. Исправление производят следующим образом. Откручивают защитный колпачок с окуляра зрительной трубы, под которым расположены четыре юстировочных (исправительных) винта (рисунок 21).

Отпустив вертикальные винты, вращением горизонтальных винтов перемещают сетку нитей до тех пор, пока её центр не совпадёт с наблюдаемой точкой. В процессе исправления рекомендуется сначала несколько отпустить противоположный винт, а затем ввинчивать нужный, чтобы сетка нитей была устойчиво закреплена. После устранения коллимационной ошибки поверку прибора необходимо повторить.

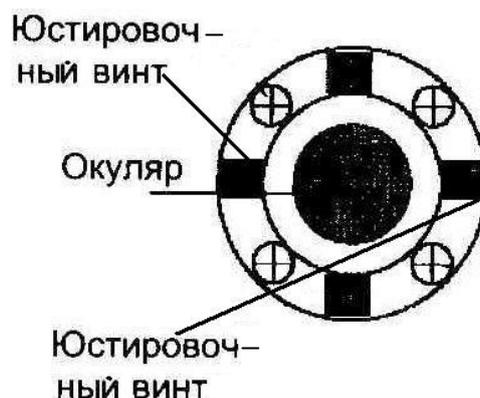


Рисунок 21 –  
Юстировочные винты  
сетки (коллимационная  
ошибка)

*Определение места нуля (МО) вертикального круга теодолита. При горизонтальном положении зрительной трубы отсчёт по вертикальному кругу должен быть равен нулю.*

Навести зрительную трубу теодолита на перекрестье сетки нитей коллиматора или выбранную точку. Она должна размещаться в пределах  $\pm 10^\circ$  от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы теодолита. Затем считывают значение вертикального угла при круге Лево (КЛ) и при круге Право (КП).

Вычисляется значение места нуля вертикального круга по формуле

$$MO = \frac{KL + KP - 360^\circ}{2}$$

Если  $MO \leq 15''$ , юстировка не требуется.

Если  $MO > 15''$ , необходимо выполнить.

*Юстировка места нуля вертикального круга.*

Последовательность действий при установке места нуля электронного теодолита средней точности ТЕО-5В представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Последовательность действий при установке места нуля электронного теодолита VEGA ТЕО-5В

Операция	Дисплей
<i>Точное горизонтирование теодолита</i>	
Нажать клавишу питания и, удерживая её, нажать клавишу «V%»	Нажмите  + [V/%]
На дисплее появится режим установки места нуля вертикального круга. На экране отобразится «SET F1». Повернуть зрительную трубу в вертикальной плоскости для инициализации вертикального круга. Навести теодолит на выбранную точку, расположенную близко к горизонту. Затем нажать клавишу [R/L]. Данные для первой точки будут сохранены	SET F1 H <sub>R</sub> 091°51'37"
На дисплее появится «SET F2». Перевести зрительную трубу через зенит и снова визировать её на выбранную точку	SET F2 H <sub>R</sub> 271°51'32"
На дисплее отобразится «SET». Затем нажать клавишу [R/L], чтобы сохранить скорректированное значение места нуля. Данные для второй точки будут сохранены, и место нуля вертикального круга будет установлено	SET H <sub>R</sub> 271°51'32"
После нажатия клавиши (предыдущая операция) прибор вернётся в режим обычных измерений	V : 075°52'37" H <sub>R</sub> : 175°12'03"

После корректировки места нуля проверить его значение, повторив поверку.

Если в экране корректировки места нуля нажать клавишу [SHIFT], то можно сразу перейти в режим измерений. Скорректированное значение места нуля в этом случае не сохранится.

*Поверка и юстировка компенсатора.*

Последовательность действий при поверке компенсатора электронного теодолита средней точности ТЕО-5В представлена в таблице 7. Тщательно привести теодолит к горизонту с помощью цилиндрического уровня. Установить визирную марку в пределах  $\pm 10^\circ$  от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы.

Таблица 7 – Последовательность действий при поверке компенсатора электронного теодолита VEGA ТЕО-5В

Операция	Дисплей
Повернуть прибор так, чтобы дисплей располагался примерно параллельно линии, соединяющей любые два подъемных винта. Включить и проинициализировать прибор. Выполнить визирование на перекрестье сетки нитей коллиматора или установленную визирную марку. Снять отсчет по вертикальному кругу $v_1$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> V : 090° 00' 21"  H<sub>R</sub>: 000° 00' 00" </div>
Повернуть наводящий винт вертикального круга, чтобы увеличить или уменьшить вертикальный угол на 3'	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> V : 090° 03' 21"  H<sub>R</sub>: 000° 00' 00" </div>
Используя третий подъемный винт, снова навести зрительную трубу на точку, снять отсчет по вертикальному кругу $v_2$	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> V : 090° 00' 16"  H<sub>R</sub>: 000° 00' 00" </div>

Вычислить разницу между отсчетами  $v_1$  и  $v_2$ :

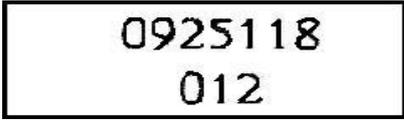
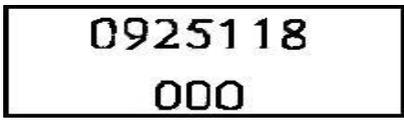
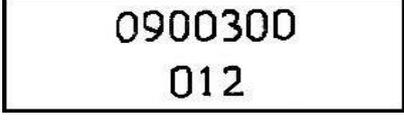
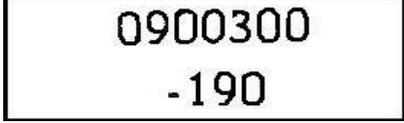
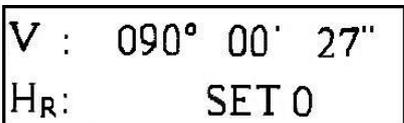
$$dv = v_2 - v_1.$$

Если значение  $dv$  не превышает 3", юстировка не требуется. В противном случае необходима юстировка.

### Юстировка.

Последовательность действий при юстировке компенсатора электронного теодолита представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Последовательность действий при юстировке компенсатора электронного теодолита VEGA TEO-5B

Операция	Дисплей
Повернуть прибор так, чтобы дисплей располагался примерно параллельно линии, соединяющей любые два подъемных винта. Нажать и удерживать клавишу <b>[SHIFT]</b> , затем нажать и удерживать в течение 2 секунд клавишу питания <b>[⏻]</b> . Отпустить клавишу питания <b>[⏻]</b> , на дисплее отобразится "SET 0", отпустить клавишу <b>[SHIFT]</b> , и теодолит перейдет в режим юстировки наклона	
Повернуть зрительную трубу для инициализации вертикального круга. В первой строке дисплея отобразится вертикальный угол, а во второй строке – значение наклона	
Повернуть третий подъемный винт до тех пор, чтобы значение наклона стало равно 000	
Выполнить визирование на перекрестье сетки нитей коллиматора или марку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы. Снять отсчет по вертикальному кругу $v$	
Повернуть наводящий винт вертикального круга, чтобы увеличить или уменьшить вертикальный угол на 3'	
Выполнить визирование на перекрестье сетки нитей коллиматора или установленную визирную марку. Снять отсчет по вертикальному кругу $v$	
Используя третий подъемный винт, снова навести зрительную трубу на точку. После стабилизации значения нажать клавишу питания <b>[⏻]</b> , и прибор автоматически перейдет в режим измерения углов	

Примечание:

1. После юстировки компенсатора снова необходимо выполнить поверку места нуля.
2. В том случае, если выбран режим индексации горизонтального круга, для перехода в режим измерения углов потребуется выполнить инициализацию.

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 лазерного отвеса.
8. Определение СКО измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Пункты 1, 2 и 4 определяются только при первичной поверке.

## **8 РАБОТА С ПРИБОРОМ**

### **8.1 Включение прибора**

Нажмите клавишу питания [⏻] и продолжайте удерживать ее, пока не отобразятся все символы ЖК-дисплея, после чего отпустите клавишу [⏻], – прибор перейдет в режим измерений.

### **8.2 Выключение прибора**

Нажмите и удерживайте клавишу питания [⏻] до тех пор, пока на дисплее не отобразится "OFF" (Выкл.), отпустите клавишу, после чего теодолит выключится.

### 8.3 Включение подсветки экрана

Нажмите клавишу [SHIFT], чтобы активировать дополнительный режим функциональных клавиш. Для включения подсветки экрана нажмите клавишу [0SET].

### 8.4 Выключение подсветки экрана

Для выключения подсветки экрана нажмите повторно клавишу [0SET], когда активен дополнительный режим функциональных клавиш.

### 8.5 Изменение направления отсчета горизонтального угла право/лево (R/L)

После включения и инициализации прибора горизонтальный угол отобразится как «H<sub>R</sub> xxx° xx' xx"», – это значит, что горизонтальный угол будет увеличиваться при вращении теодолита по часовой стрелке (рисунок 22).

Нажмите и отпустите клавишу R/L, отображение горизонтального угла изменится на «H<sup>L</sup> xxx° xx' xx"», это значит, что горизонтальный угол будет увеличиваться при вращении теодолита против часовой стрелки.



Рисунок 22 – Смена режима измерения горизонтального угла

### 8.6 Обнуление отсчета горизонтального круга ([0SET])

Нажмите клавишу [0SET], затем отпустите ее, значение горизонтального угла начнет мигать. Нажмите [0SET] еще раз, и значение горизонтального угла изменится на 000° 00' 00" (рисунок 23).

В режиме настроек, если для 6-го параметра задано "OFF" (Выкл), однократным нажатием [0SET] можно сразу выставить горизонтальный угол на 000° 00' 00".

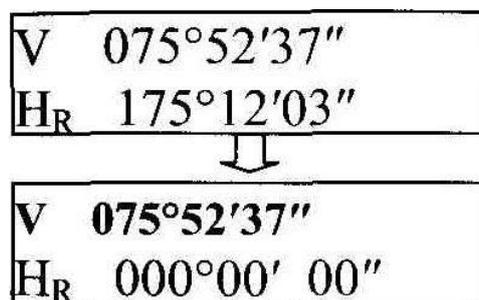


Рисунок 23 – Обнуление отсчета горизонтального круга

## 8.7 Переключение режима измерения вертикального угла: от зенита/уклон в % ([V/%])

(1) Режим измерения углов от зенита ( $V_z$ )

После включения и инициализации теодолита режим измерения вертикальных углов от зенита устанавливается автоматически. Диапазон значений углов – от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . Например, в 1-й строке отображается «V 058°52'20"» (рисунок 24).

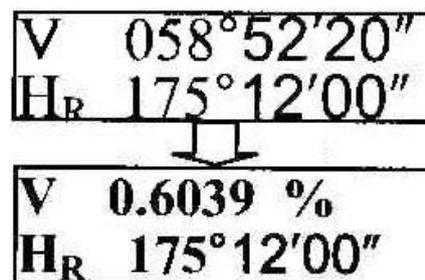


Рисунок 24 – Смена режима измерения вертикального угла

(2) Режим измерения углов в виде уклона

При выбранном режиме измерения вертикальных углов от зенита (V) нажмите и отпустите клавишу [V/%], – установится режим измерения уклона (V %). В примере экрана показано, что в 1-й строке отображается «V 0/6039%». Диапазон значений уклона – от  $-100\%$  до  $+100\%$ , что соответствует диапазону углов от  $-45^\circ$  до  $+45^\circ$ , горизонт – 0.0000 (рисунок 25). В случае если значение уклона выходит за пределы указанного диапазона, на дисплее отображается сообщение об ошибке «error».



Рисунок 25 – Диапазоны измерения вертикального угла

Чтобы вернуться обратно в режим измерения углов от зенита, нажмите и отпустите клавишу [V/%].

## 8.8 Удержание значения горизонтального угла и задание его произвольного значения (HOLD)

(1) Удержание значения горизонтального угла

Нажмите клавишу [HOLD] и отпустите ее, раздастся звуковой сигнал, а в нижней строке экрана отобразится слово "Hold" (рисунок 26). При таком положении считанное значение горизонтального угла сохраняется неизменным при вращении алидады. Нажмите клавишу [HOLD] снова, – прибор вернется в обычный режим, а горизонтальный угол будет изменяться при вращении теодолита.

(2) Задание произвольного значения  
 Вращайте наводящий винт горизонтального круга теодолита до тех пор, пока на экране не отобразится необходимое значение, нажмите клавишу [HOLD] и отпустите ее. Значение угла удержится, и отобразится сообщение ("Hold") об удержании значения. Вращая теодолит, выполните визирование на цель, нажмите и отпустите клавишу [HOLD] снова, функция удержания значения отключится, и можно выполнять следующие измерение.

### 8.9 Включение дополнительного режима функциональных клавиш

Все клавиши теодолита имеют по 2 функции. Основная функция обозначена на клавише, а дополнительная, – над клавишей. В обычном режиме работы активны основные функции клавиш, а в режиме "Shift" активируются дополнительные функции.

Нажмите клавишу [Shift] и отпустите ее, раздастся звуковой сигнал, а в нижней строке экрана отобразится слово "Shift", – включится дополнительный режим функциональных клавиш (рисунок 27). Нажмите клавишу [Shift] снова, – прибор вернется в обычный режим (основной режим функциональных клавиш).

**8.10 Выбор единиц измерения углов:** градусы/гоны/милы (Пример: единицы измерения – гоны)

Последовательность действий при изменении единиц измерения углов теодолита представлена в таблице 9.

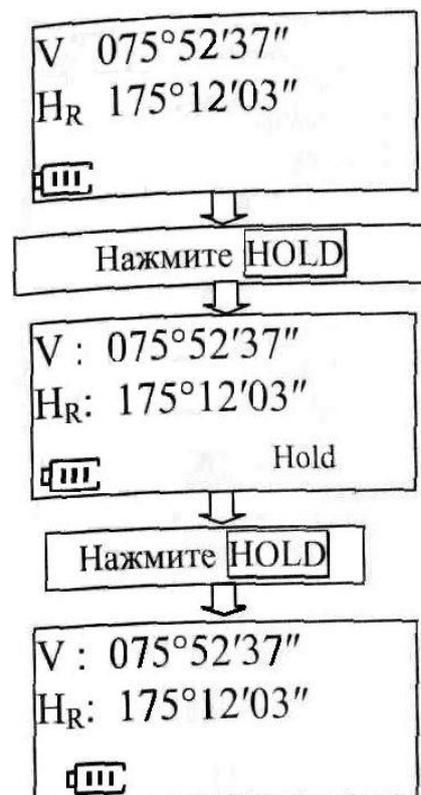


Рисунок 26 – Удержание значения горизонтального угла

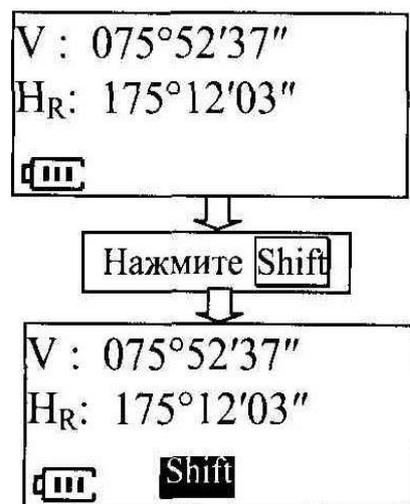


Рисунок 27 – Активация дополнительного режима функциональных клавиш

Таблица 9 – Последовательность действий при изменении единиц измерения углов электронного теодолита VEGA TEO-5B

Операция	Дисплей
Нажмите клавишу [R/L] и клавишу питания [ⓘ]. После звукового сигнала отпустите клавишу [R/L], затем клавишу питания [ⓘ]. Отобразится SET. Нажмите [R/L]	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <span style="float: left;">1</span> <span style="float: right;">OFF</span> </div>
Нажмите четыре раза [R/L], чтобы перейти к параметру № 4	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <span style="float: left;">4</span> <span style="float: right;">1</span> </div>
Нажмите клавишу [V/%], чтобы включить режим отображения углов в гонах (вариант установки № 2)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <span style="float: left;">4</span> <span style="float: right;">2</span> </div>
Нажмите клавишу [SHIFT] для сохранения настройки, значения угла и перехода в режим измерений	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> V: 104.0800 g  H<sub>R</sub>: 176.1200 g </div>

## 9 ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ

### 9.1 Измерение горизонтальных углов

Схема действий при измерении горизонтальных углов представлена на рисунке 28. Необходимо навести зрительную трубу теодолита на точку А (приложение А).

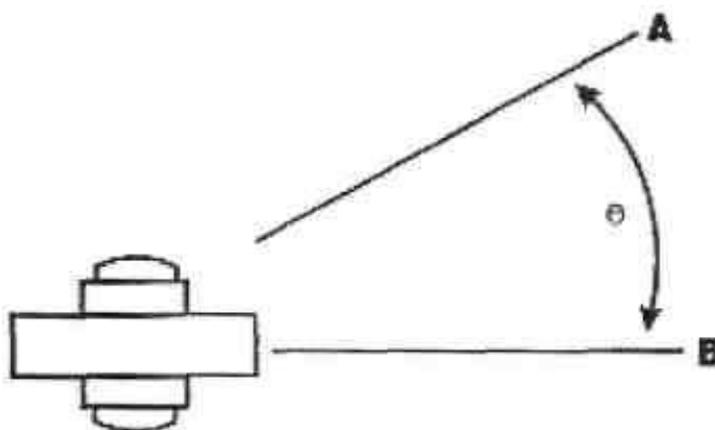


Рисунок 28 – Схема измерения горизонтального угла

Далее нажать клавишу «0SET», чтобы обнулить отсчёт горизонтального круга. После чего, отпустив закрепительный винт горизонтального круга и зрительной трубы, навести зрительную трубу на вторую точку (B). На дисплее высветится значение измеренного угла между направлениями на точки A и B. Символ «H<sub>R</sub>» на дисплее означает, что измерение угла выполнено по ходу часовой стрелки. Символ «H<sup>L</sup>» на дисплее означает, что измерение угла выполнено против хода часовой стрелки.

## 9.2 Измерение вертикальных углов

Измерение вертикальных углов в электронных теодолитах выполняется одновременно с измерением горизонтальных углов. В процессе настройки выбираются единицы измерения углов. Выбор единиц рассмотрен в разделе 8.10 «Выбор единиц измерения углов». Далее при наведении на объект визирования на дисплее отображается значение угла наклона исходя из выбранной системы.

## 9.3 Измерение уклона

При выбранном режиме измерения вертикальных углов от зенита (V) нажмите и отпустите клавишу [V/%] – установится режим измерения уклона (V %), в диапазоне от 0 до 100%. Режим измерения уклона отмечен на дисплее символом «%» (см. рисунок 24). Схема направления счёта величины уклонов представлена на рисунке 29.

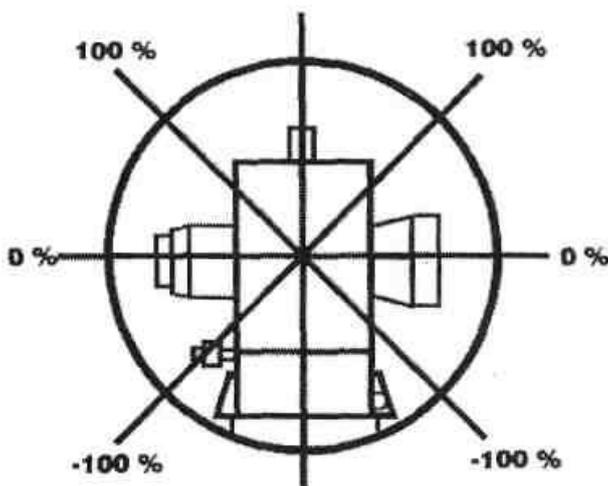


Рисунок 29 – Схема направления счёта величины уклона

## 9.4 Измерение расстояния по дальномерным нитям

Расстояние можно определить при помощи вертикальной нивелирной рейки, имеющей сантиметровые деления (приложение Б). Для этого считывают отсчёты по верхней и нижней дальномерным нитям сетки нитей зрительной трубы, наведённой на рейку (рисунок 30).

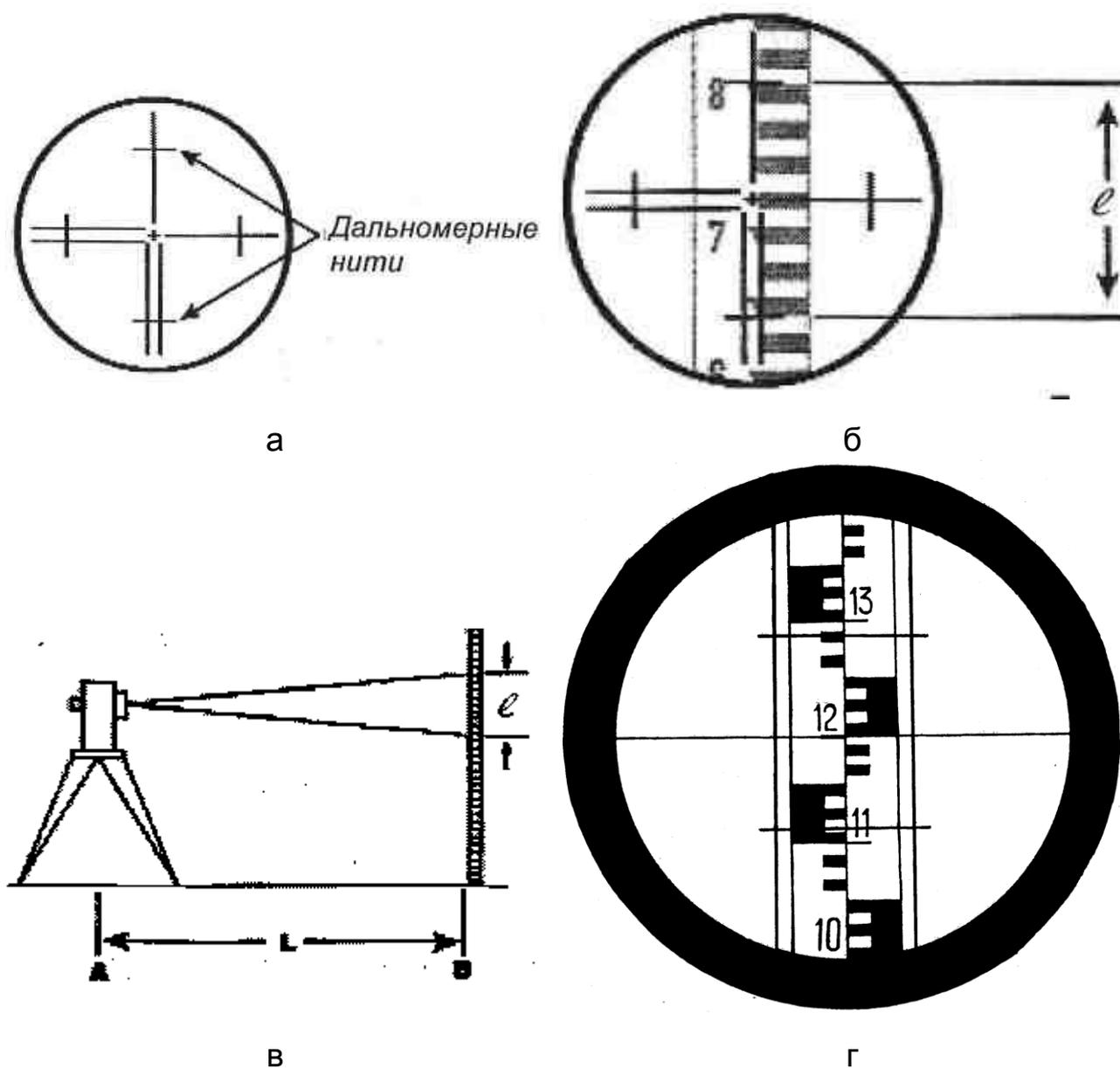


Рисунок 30 – Схема измерения расстояния по дальномерным нитям: а – схема разметки сетки нитей; б – расстояние на рейке между дальномерными нитями; в – схема измерения расстояния; г – поле зрения теодолита с отсчётами по дальномерным нитям

Коэффициент нитяного дальномера электронного теодолита равен 100, то есть 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.

Расстояние можно определить как разность отсчётов по верхней и нижней нитям, помноженную на коэффициент дальномера, то есть:

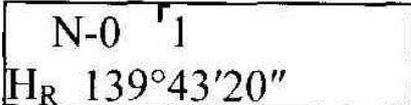
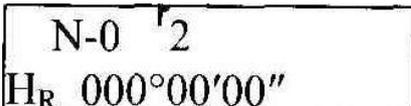
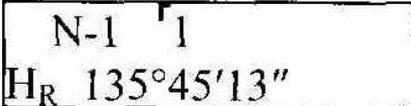
$$D = (128.7 - 111.3) \times 100 = 17.4 \text{ м.}$$

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

## 9.5 Повторные измерения углов

Последовательность действий при повторных измерениях углов теодолитом представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Последовательность действий при повторных измерениях углов электронным теодолитом VEGA TEO-5B

Операция	Дисплей
Нажмите клавишу [SHIFT], чтобы включить дополнительный режим функциональных клавиш, затем нажмите клавишу [HOLD], чтобы включить режим повторных измерений горизонтальных углов. С помощью наводящего винта горизонтального круга наведите на 1-ю визирную цель	
Нажмите клавишу [0SET], чтобы выставить на 0 отсчет по горизонтальному кругу	
С помощью наводящего винта горизонтального круга наведите на 2-ю визирную цель. Нажмите клавишу [HOLD]	

Операция	Дисплей
Повторно наведите на 1-ю визирную цель Нажмите клавишу [0SET], чтобы выставить на 0 отсчет по горизонтальному кругу	N-1 '2 H <sub>R</sub> 000°00'00"
Повторно наведите на 2-ю визирную цель. Нажмите клавишу [HOLD], на экране отобразится среднее значение горизонтального угла между 1-й и 2-й визирными целями	N-2 '1 H <sub>R</sub> 135°45'11"

Для получения более точного значения горизонтального угла между двумя визирными целями повторите вышеуказанные действия несколько раз.

## 9.6 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. Далее зрительная труба наводится на начальную точку, от которой будет откладываться угол. Вновь нажимается клавиша «HOLD». Теперь горизонтальный угол будет отсчитываться от установленного значения.

## 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.

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), круговых приёмов и другие.

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  $1''/5$ .

Процесс измерения угла состоит из отдельных операций.

1. Перед работой теодолит установить над вершиной угла (колышка) таким образом, чтобы лазерный 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 коллиматорного визира на левую 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 правую точку угла (при измеряемых правых углах).

5. Записать в журнал полученное значение угла.

Описанные выше операции представляют первый полуприём, выполненный при КЛ или КП.

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 (КЛ и КП) не должно превышать **10"**. 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 11.

Таблица 11 – 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 25
	с.с.2	КЛ	84 44 20		
	п.п.8	КП	0 00 00	84 44 30	
	с.с.2	КП	84 44 30		
с.с.4	с.с.5	КЛ	0 00 00	123 15 40	123 15 40
	с.с.3	КЛ	123 15 40		
	с.с.5	КП	0 00 00	123 15 40	
	с.с.3	КП	123 15 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 против хода часовой стрелки. При двух положениях круга (КЛ и КП) получены значения измеренных углов.

Расхождение между значениями измеренных углов на первой точке съёмочного обоснования ( $84^{\circ}44'20''$  и  $84^{\circ}44'30''$ ) при разных положениях вертикального круга, относительно зрительной трубы, не превышают допустимой точности ( $10''$ ). Следовательно, можно вычислять среднее значение измеренного угла, которое составляет  $84^{\circ}44'25''$ .

При недопустимом расхождении значений измеренного угла при КЛ и КП 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 31.

Поворотом закрепительного винта против часовой стрелки на  $180^{\circ}$  освобождается прибор (рисунок 31, а). После этого он вынимается из трегера. Чтобы установить новый прибор, необходимо соеди-

нить выступ инструмента с выемкой трегера (рисунок 31, б). Затем повернуть закрепительный винт на  $180^{\circ}$  по часовой стрелке. Затянуть стопорный винт. Проверить надёжность закрепления.

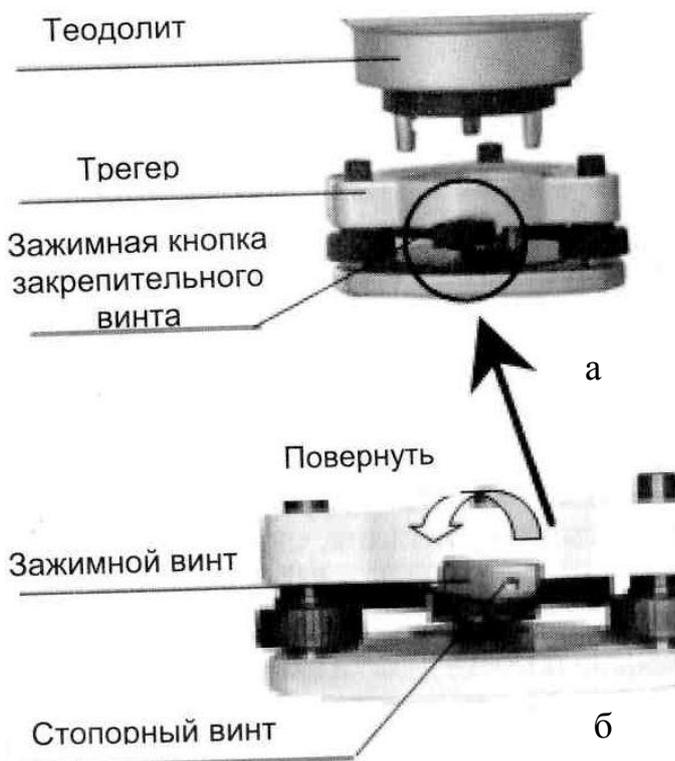


Рисунок 31 – Замена инструмента на подставке

## 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  $180^\circ$ . Этому отвечает перевод трубы через зенит и наблюдение при втором положении вертикального круга. Переставлять лимб между полуприёмами на величину, близкую к  $90^\circ$ , 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 И ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ**

Необходимым условием при изучении приборов и выполнении работ с ними являются 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 берется за специальную ручку или колонку, а нивелир за подставку;

- при закреплении прибора на штативе прибор удерживается левой рукой, а правой вворачивается, а 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, так как это 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;

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

- запрещается включать адаптер зарядного устройства теодолита или калькулятора в поврежденную розетку;

- нельзя ставить на электрошнуры тяжелые 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 и картографии;
- 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**;
- камеральные 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.

## **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 средним?
5. Каково назначение теодолита?
6. Перечислите основные элементы теодолита.
7. Опишите устройство теодолита VEGA ТЕО 5В.
8. Дайте техническую характеристику электронного теодолита VEGA ТЕО 5В.
9. На какие требования необходимо обратить внимание при испытании взаимодействия деталей прибора?
10. Как включить прибор?
11. Как выключить прибор?
12. Как включить подсветку экрана?
13. Как выключить подсветку экрана?
14. Что такое поверка геодезических приборов?
15. Что такое юстировка геодезических приборов?
16. Для чего необходимо выполнять поверки?
17. Сколько поверок необходимо выполнить электронному теодолиту средней точности?
18. Как поверяется цилиндрический уровень?
19. Как поверяется круглый уровень?
20. Как поверяется оптический визир?
21. Как поверяется лазерный отвес?
22. Как поверяется коллимационная ошибка?
23. Как устанавливается место нуля?
24. Какова последовательность действий при установке места нуля электронного теодолита VEGA ТЕО-5В?
25. Как поверяется положение сетки нитей?

26. Как поверяется компенсатор?
27. Какова последовательность действий при юстировке компенсатора электронного теодолита VEGA ТЕО-5В?
28. Как исправляется параллакс?
29. Как выполняется приведение электронного теодолита в рабочее положение?
30. Как выполняется центрирование электронного теодолита с помощью лазерного отвеса?
31. Что служит контролем приведения электронного теодолита в рабочее положение?
32. Как градуирован горизонтальный круг электронного теодолита?
33. Как градуирован вертикальный круг электронного теодолита?
34. В чём отличие системы измерения угла горизонтального и вертикального круга?
35. Назовите дискретность считывания теодолита VEGA ТЕО 5В.
36. При помощи какого элемента осуществляется предварительное грубое наведение прибора на объект?
37. Какими винтами осуществляется точное наведение прибора на объект?
38. Перечислите символы дисплея и соответствующие им текущие функции электронного теодолита ТЕО-5В.
39. Назовите функциональные клавиши панели управления электронного теодолита VEGA ТЕО-5В.
40. Каковы требования к обеспечению электропитания?
41. Каковы режимы светодиодной индикации зарядного устройства?
42. Какие действия необходимо выполнить для установки щелочных батарей АА?
43. Какой клавишей осуществляется обнуление лимба горизонтального круга электронного теодолита?
44. Как выполнить настройки измерений?
45. Как изменить направления отсчета горизонтального угла право/лево?
46. Как выполнить удержание значения горизонтального угла?

47. Как выполнить задание значения горизонтального угла?
48. Как выполнить включение дополнительного режима функциональных клавиш?
49. Как выполнить выбор единиц измерения углов?
50. Из каких действий состоит измерение теодолитом горизонтального угла полным приёмом?
51. Назовите допустимую величину расхождения между значениями измеренных углов, полученных в разных полуприёмах одного полного приёма.
52. Как измерить расстояние теодолитом, используя рейку и дальномерные нити сетки нитей?
53. Назовите последовательность действий при повторных измерениях углов теодолитом?
54. Как осуществляется вынос проектного горизонтального угла?
55. Какие имеются рекомендации по пользованию электронными теодолитами?
56. Перечислите основные требования безопасной работы с приборами.
57. Перечислите основные требования безопасной работы при работе в камеральных условиях.
58. Назовите меры защиты глаз.
59. Установите теодолит VEGA ТЕО-5В на штатив и приведите его в рабочее положение.
60. Изменяя положение зрительной трубы теодолита, посчитайте отчёты по отсчётным устройствам горизонтального и вертикального круга не менее чем в пяти направлениях.
61. Выполните теодолиту поверку цилиндрического уровня и при необходимости юстировку.
62. Выполните теодолиту поверку круглого уровня и при необходимости юстировку.
63. Выполните теодолиту установку места нуля и при необходимости юстировку.
64. Выберите систему измерения вертикальных углов.
65. Выберите две точки и измерьте между ними правый по ходу лежащий угол двумя полуприёмами. Выполните измерение двух-трёх углов.

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

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

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

*Бисектор* – 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.

*Лазерный центрир* – лазерный инструмент для центрирования теодолита, встроенный в корпус теодолита.

*Лимб* – рабочая мера теодолита в виде круговой шкалы.

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

*Метрологическое обслуживание* – это комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на осуществление метрологического обеспечения на различных этапах существования 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 проверки» 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 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, лазерного центрира, цилиндрического и круглого уровней.

*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 соответствии с требованиями нормативных технических документов; устранение несоответствия необходимых геометрических условий геодезического прибора.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ / В.В. Авакян. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с.

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

3. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: энциклопедия. В 2-х т. Т. 1. – М.: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.

4. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: энциклопедия. В 2-х т. Т. 2. – М.: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.

5. Гиршберг, М.А. Геодезия: учеб. / М.А. Гиршберг. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 384 с.

6. Дьяков, Б.Н. Основы геодезии и топографии: учеб. пособие / Б.Н. Дьяков, В.Ф. Ковязин, А.Н. Соловьёв. – СПб.: Лань, 2011. – 272 с.

7. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра: учеб. для студ. вузов / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2015. – 414 с.
8. Инженерная геодезия: учеб. / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. – М.: Академия, 2010. – 496 с..
9. Инженерная геодезия: учеб. для студ. вузов / А.Г. Парамонов [и др.]. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 368 с.
10. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс: учеб. для студ. вузов. – СПб.: Лань, 2015. – 286 с.
11. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1985. – 152 с.
12. Киселёв, М.И. Геодезия: учеб. / М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев. – М.: Академия, 2004. – 384 с.
13. Курошев, Г.Д. Геодезия и топография: учеб. для вузов / Г.Д. Курошев, Л.Е. Смирнов. – М.: Академия, 2006. – 176 с.
14. Куштин, И.Ф. Инженерная геодезия: учеб. / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин.– Ростов-н/Д: Феникс, 2002.– 416 с.
15. Маслов, А.В. Геодезия. / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.
16. Нестеренок, М.С. Геодезия: учеб. / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск: Университетское, 2001. – 310 с.
17. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учеб. пособие/ Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.
18. Охрана труда: путеводитель по нормативным документам / Комитет труда администрации Красноярского края. – Красноярск, 2002. – 512 с.
19. Перфилов, В.Ф. Геодезия: учеб. для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М.: Высш. шк., 2006. – 350 с.
20. Поклад Г.Г. Геодезия: учеб. пособие для студ. вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2013. – 539 с.
21. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах: справочное пособие (ПТБ-88) / ГУГК. – М.: Недра, 1991. – 303 с.

22. Практикум по геодезии: учеб. пособ. для студ. вузов / под ред. Г.Г. Поклада. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2015. – 487 с.
23. Сайт «Геостройизыскания» / [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.gsi.ru/>.
24. Сайт «Leica Geosystems» / [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.Leica-geosystems.ru/>.
25. Сафонов, А.Я. Топография: учеб. пособие / А.Я. Сафонов, К.Н. Шумаев, Т.Т. Миллер; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 222 с.
26. Справочник стандартных и употребляемых (распространённых) терминов по геодезии, картографии, топографии, геоинформационным системам, пространственным данным. – М.: Братишка, 2007. – 736 с.
27. Уставич, Г.А. Геодезия: учеб. Кн. 1 / Г.А. Уставич.– Новосибирск: СГГА, 2012.– 352 с.
28. Уставич, Г.А. Геодезия: учеб. Кн. 2 / Г.А. Уставич.– Новосибирск: СГГА, 2014.– 536 с.
29. Фельдман В.Д. Основы инженерной геодезии: учеб. / В.Д. Фельдман, Д.Ш. Михелев. – М.: Высш. шк., 2001. – 314 с.
30. Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ.
31. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. № 4871-1.
32. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учеб. для студ. вузов / Г.А. Федотов. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 479 с.
33. Шумаев, К.Н. Геодезия. Курс лекций: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов. – Красноярск: Гротеск, 2004. – 80 с.
34. Шумаев, К.Н. Геодезия. Охрана труда при выполнении топографо-геодезических работ: метод. указания к выполнению полевых и камеральных работ / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Т.Т. Миллер; Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2013.– 55 с.
35. Шумаев, К.Н. Геодезия: справ. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2006. – 152 с.

36. Шумаев, К.Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в землеустройстве: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2007. – 180 с.

37. Шумаев, К.Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в мелиорации: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 192 с.

38. Шумаев, К.Н. Практика по инженерной геодезии: метод. указания / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 50 с.

39. Шумаев, К.Н. Топографо-геодезические инструменты уходящей эпохи: учеб. пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ф.Н. Мойсеёнок; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – 164 с.

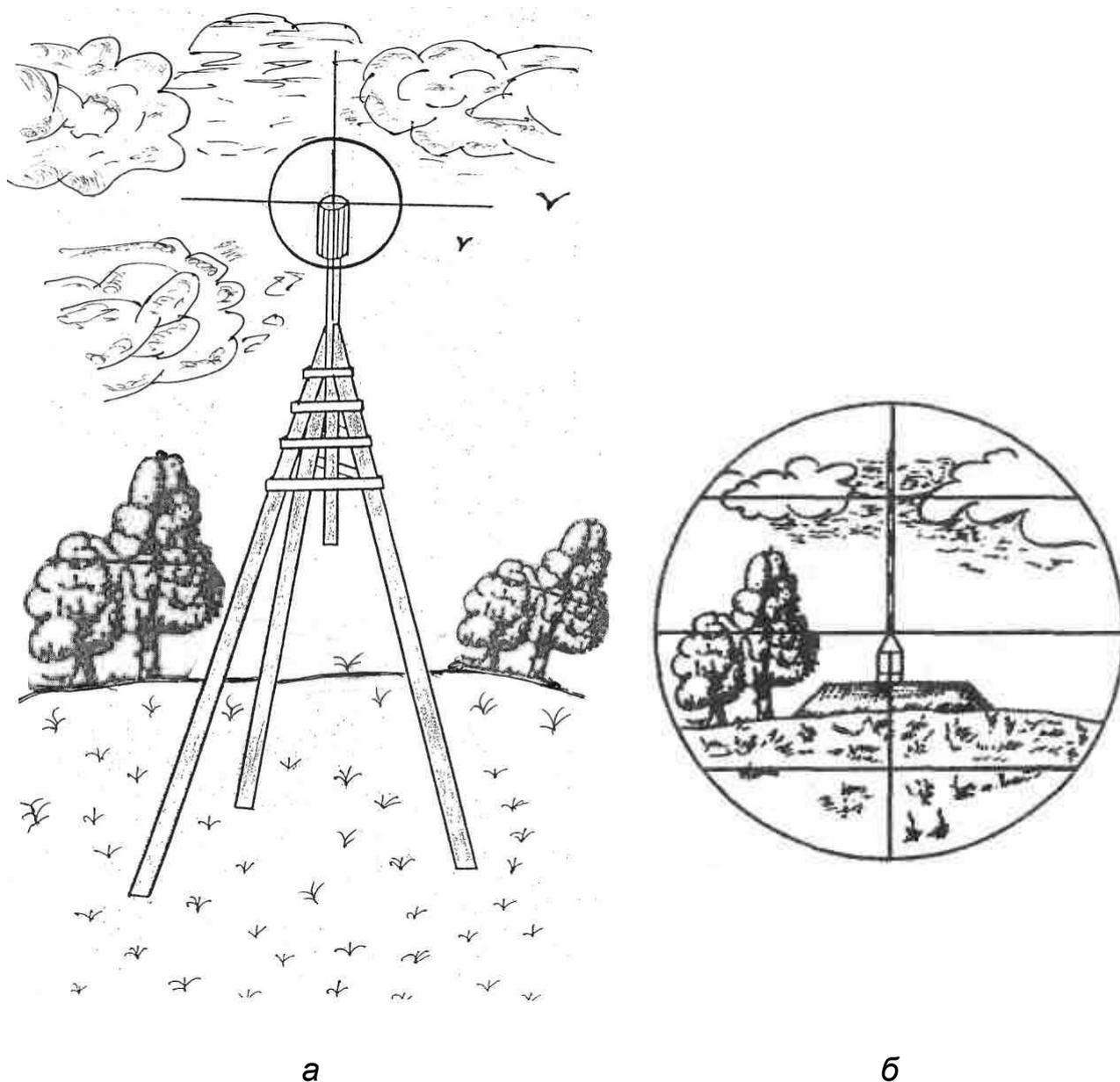
40. Шумаев, К.Н. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков научно-исследовательской деятельности: метод. указания / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 53 с.

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

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### НАВЕДЕНИЕ НА ОБЪЕКТ ВИЗИРОВАНИЯ



*Рисунок А.1 – Наведение электронного теодолита VEGA TEO-5B на объект визирования:  
а – на пирамиду государственной геодезической сети; б – на вешку на межевом знаке*

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К ТЕОДОЛИТУ



а

б

в

*Рисунок Б.1 – Дополнительное оборудование к теодолиту  
VEGA TEO-5B:*

*а – штатив раздвижной PFW1B-E; б – веха металлическая 67-4308TM;  
в – рейка нивелирная телескопическая TS4-4E (основная сторона)*

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕОДОЛИТ ТЕО-5В**

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*

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

*Редактор И.Н. Крицына*

Подписано в свет 22.10.2018 г. Регистрационный номер 175

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного  
аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117