

ФГБОУ ВО «КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

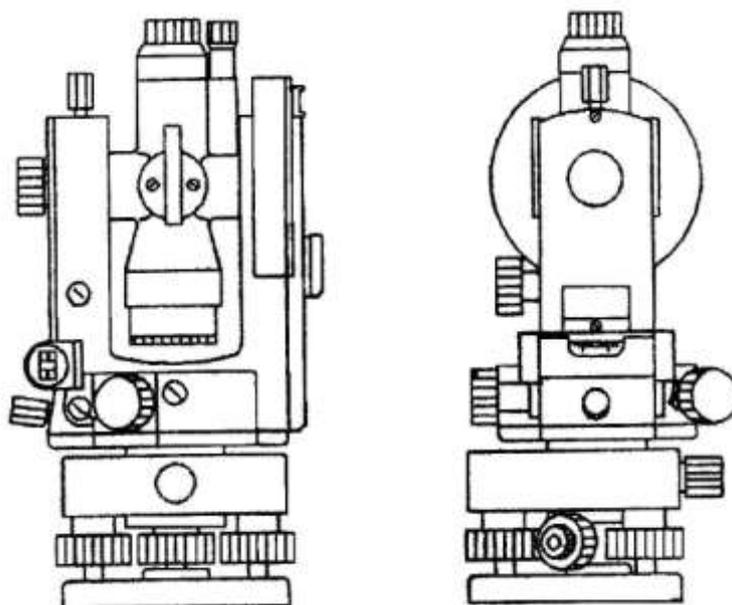
К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов,  
Ю.В. Горбунова, Т.Т. Миллер

## ГЕОДЕЗИЯ

# ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ТЕОДОЛИТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ 4Т30П

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*

*Электронное издание*



Красноярск 2021

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

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

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ТЕОДОЛИТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ 4Т30П**

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*

*Электронное издание*

Красноярск 2021

## *Рецензент*

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

**Шумаев, К.Н.**

**Геодезия. Изучение оптического теодолита технической точности 4Т30П [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова, Т.Т. Миллер; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 39 с.**

Методические указания написаны в соответствии с утверждёнными программами курсов «Геодезия», «Инженерная геодезия». В издании представлен оптико-механический теодолит технической точности 4Т30П. Рассмотрено его устройство, дано описание необходимых поверок и юстировок, изложена методика выполнения измерений при работе на станции при создании съёмочного обоснования.

Предназначены для обучения студентов Института землеустройства, кадастров и природообустройства по направлениям 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 20.03.02 «Природообустройство», 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., Миллер Т.Т., 2021  
© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОПТИЧЕСКИЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ .....	5
2. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА 4Т30П .....	7
3. ОТСЧЁТНОЕ УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА .....	10
4. ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА 4Т30П В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ .....	13
5. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА 4Т30П .....	14
6. РАБОТА НА СТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЁМОМ .....	19
7. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ .....	23
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	26
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ .....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	31
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	36

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

Методические указания составлены в соответствии с действующим стандартом и рабочей программой для студентов направлений 21.03.02, 20.03.02. Могут быть полезны для студентов, обучающихся по направлению «Агроэкология».

## 1. ОПТИЧЕСКИЕ ТЕОДОЛИТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ

*Теодолит* – геодезический инструмент для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов. Состоит из вращающегося на вертикальной оси горизонтального круга с алидадой и скреплённых с нею колонок, на которые опирается горизонтальная ось, несущая зрительную трубу и вертикальный круг.

Первые теодолиты ещё не имели вертикального круга (рис. 1).



*Рисунок 1 – Теодолит малый*

Повторительные теодолиты, имеющие вертикальный круг, цилиндрический уровень и нитяной дальномер, назывались круговыми тахеометрами.

По точности измерений теодолиты можно разделить на четыре группы: высокоточные, повышенной точности, средней точности и технические.

*Теодолиты технические* – обеспечивают точность измерения горизонтального угла одним приёмом со средней квадратической ошибкой  $20''-1'$ .

Наибольшее распространение имеют оптические теодолиты технической точности 2Т30П (рис. 2) и 4Т30П (рис. 3), выпускаемые Уральским оптико-механическим заводом.



*Рисунок 2 – Оптический теодолит 2Т30П*

Теодолиты технические применяются для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний нитяным дальномером при производстве различного рода топографических и разбивочно-привязочных работ. Имеется возможность нивелирования горизонтальным лучом с использованием цилиндриче-

ского уровня при зрительной трубе, определения магнитных азимутов направлений по ориентир-буссоли.



*Рисунок 3 – Оптический теодолит 4Т30П*

## **2. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА 4Т30П**

Теодолит 4Т30П является модификацией теодолитов технической точности 2Т30П (см. прил. А). Данный прибор обеспечивает точность измерения горизонтальных углов одним приё-

мом со средней квадратической ошибкой 20". Устройство теодолита 4Т30П представлено на рисунке 4.

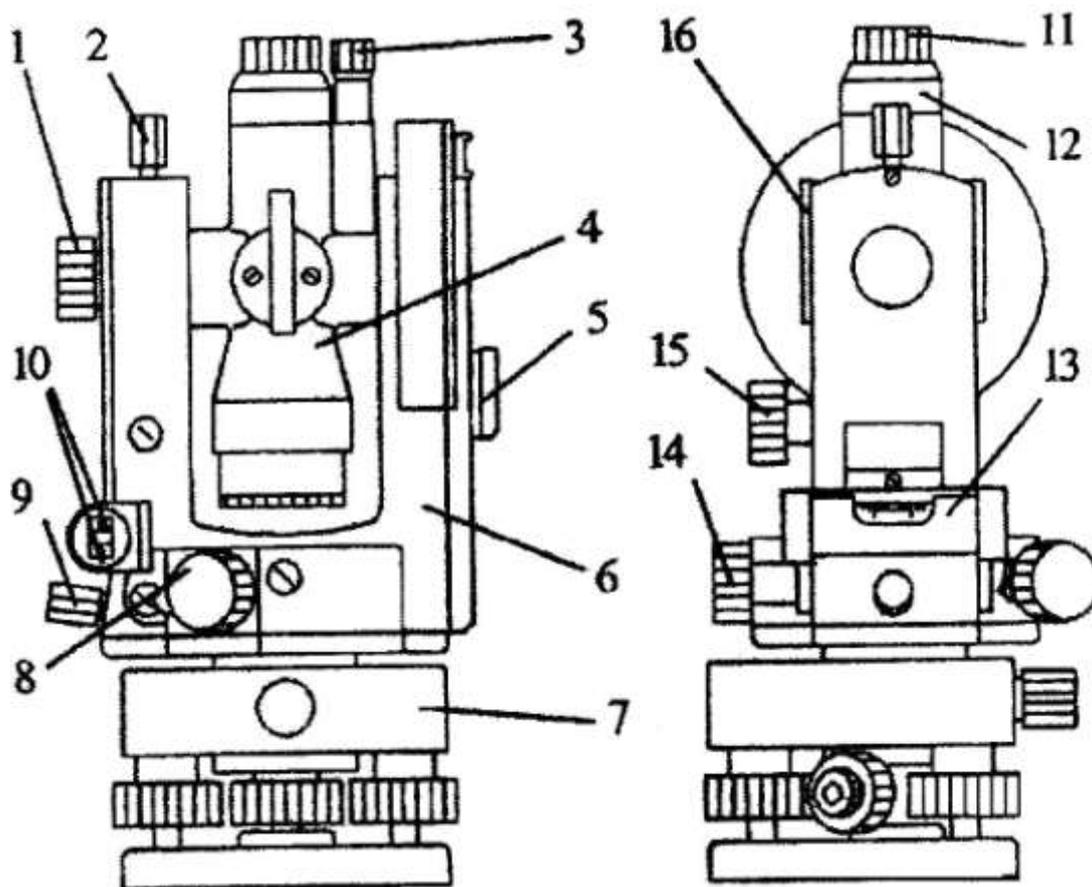


Рисунок 4 – Устройство теодолита 4Т30П:

- 1 – кремальера; 2 – винт трубы закрепительный; 3 – окуляр микроскопа; 4 – зрительная труба; 5 – иллюминатор с зеркалом подсветки; 6 – колонка; 7 – подставка; 8 – рукоятка перевода лимба; 9 – винт алидады закрепительный; 10 – винт юстировочный; 11 – кольцо окуляра зрительной трубы диоптрийное; 12 – колпачок; 13 – уровень на алидаде; 14 – винт алидады наводящий; 15 – винт трубы наводящий; 16 – коллиматорный визир

Теодолит состоит из горизонтального круга, вертикального круга, зрительной трубы и подставки. Подставка у теодолита съёмная. Горизонтальный и вертикальный круги оптических теодолитов выполнены из стекла.

На вертикальном круге теодолита имеется разъем для установки ориентир-буссоли. При необходимости один из коллиматорных визиров может быть заменён уровнем.

Техническая характеристика теодолита 4Т30П представлена в таблице 1.

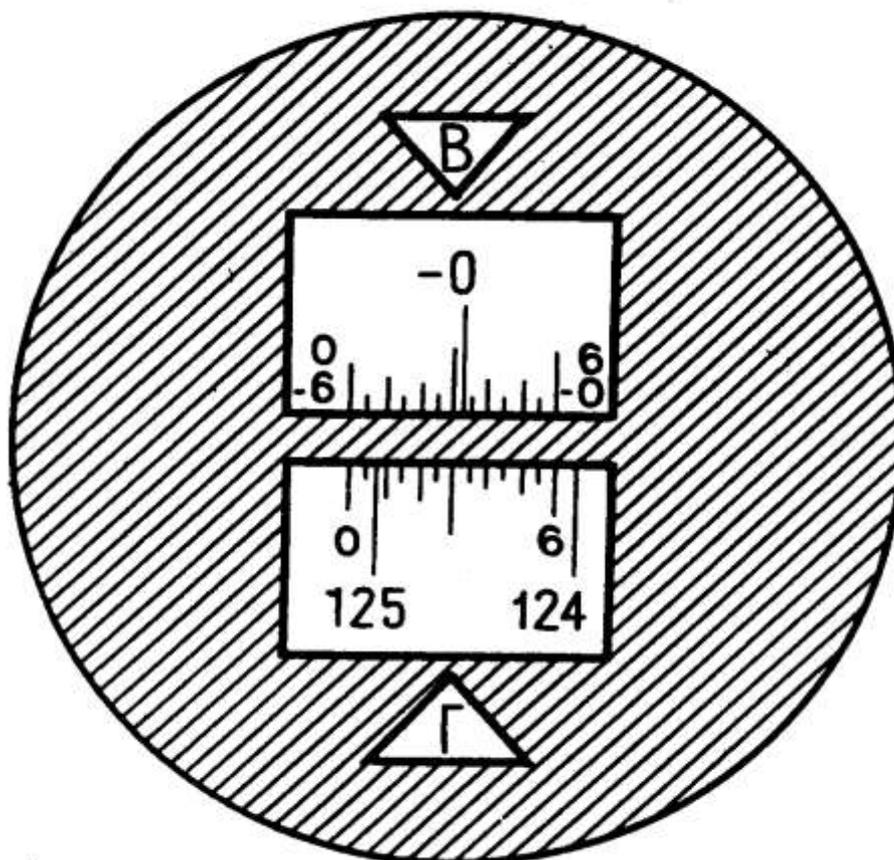
Таблица 1 – Техническая характеристика теодолита 4Т30П

Параметр	Величина
Диапазон измерения горизонтальных углов	0 ... 360°
Предел измерения вертикальных углов	+60° ... -55°
Средняя квадратическая погрешность измерения одним приёмом:	
горизонтального угла	20"
вертикального угла	30"
Погрешность ориентирования по буссоли:	
систематическая	30'
случайная	10'
Зрительная труба:	
изображение	прямое
увеличение, крат	20
поле зрения	2°
пределы визирования, м	1,2 ... ∞
коэффициент дальномера К	100 ± 0,5
постоянное слагаемое С	0
наружный диаметр оправы объектива, мм	38
Отсчётное устройство:	
цена деления лимбов	1°
цена деления шкал микроскопа:	
для варианта а)	5'
для варианта б)	1'
Погрешность снятия показания с лимбов, не более	30"
Цена деления уровня:	
при алидаде	45"
при трубе	20"
Масса, кг:	
теодолита с подставкой	2,3
футляра	1,5
штатива	5,0
Габаритные размеры, мм:	
теодолита	140×130×230
футляра	285×245×220
штатива (в сложенном виде)	Ø140×1000
Диапазон рабочих температур	от -40° до +50°С

### 3. ОТСЧЁТНОЕ УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА

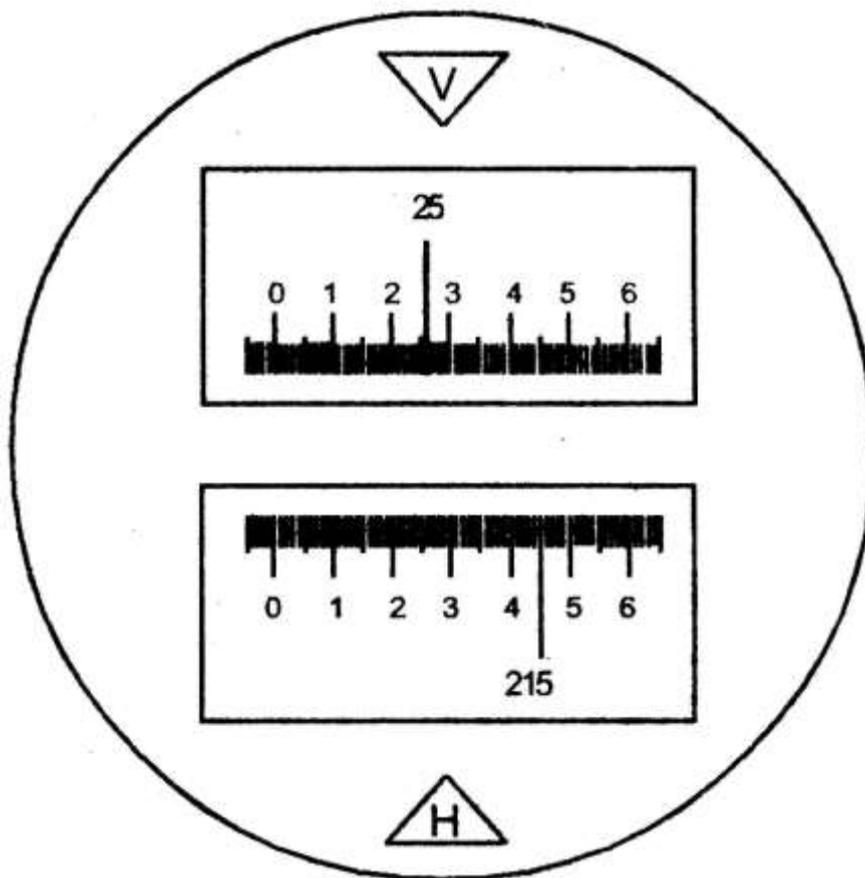
Горизонтальный круг градуирован через один градус и оцифрован от 0 до 360°. Вертикальный круг градуирован через один градус и оцифрован от -0 до -75° и от +0 до +75°.

Шкала алидады горизонтального и вертикального круга имеет угловую величину в 1°. Самым длинным штрихом шкала делится на два отрезка по 30'. Каждый из этих отрезков, штрихами средней высоты, в свою очередь, делится на три отрезка по 10'. Наконец каждый десятиминутный отрезок, самыми короткими штрихами, делится на два отрезка по 5'. Шкала горизонтального круга оцифрована слева направо от 0' до 60' (цифры 0 и 6). Шкала вертикального круга оцифрована слева направо от 0' до 60' (цифры 0 и 6) и справа налево от -0' до -60' (цифры -0 и -6). Также выпускается модель теодолита 4Т30П с ценой наименьшего деления шкалы алидады в 1'. На рисунках 5 и 6 изображено поле зрения микроскопа отсчётного устройства двух вариантов теодолита 4Т30П.



*Рисунок 5 – Поле зрения микроскопа теодолита 4Т30П с ценой деления шкалы 5'*

Отсчёт считывается в следующей последовательности. Вначале определяют оцифровку градусного штриха, который находится в пределах шкалы алидады. Затем считают количество минут от нулевого штриха алидады до градусного штриха лимба, находящегося внутри шкалы алидады. Если выполняется считывание по вертикальному кругу, то необходимо помнить следующее. Если градусный штрих оцифрован положительно, то минуты считают от +0' к +60', до градусного штриха. Если градусный штрих имеет отрицательную оцифровку, то минуты считают от -0' к -60', до градусного штриха. Значения минут внутри пятиминутного отрезка определяются на глаз. Пять минут пропорционально делятся на две части, справа и слева от градусного штриха.



*Рисунок 6 – Поле зрения микроскопа теодолита 4Т30П с ценой деления шкалы 1'*

В верхнем прямоугольнике (рис. 5) под буквой «В» отсчётное устройство вертикального круга. Показание лимба вертикального круга  $-0^{\circ}27'$ . В нижнем прямоугольнике над буквой «Г» отсчётное устройство горизонтального круга. Показания лимба

горизонтального круга  $125^{\circ}07',5$ . Если бы градусный штрих  $125^{\circ}$  на рисунке 5 совпал с нулём на шкале, а градусный штрих  $124^{\circ}$  совпал с цифрой 6, то данный отсчёт составил бы  $125^{\circ}$ .

В верхнем прямоугольнике (рис. 6), под буквой «V» отсчётное устройство вертикального круга. Показание лимба вертикального круга  $25^{\circ}26'$ . В нижнем прямоугольнике над буквой «Н» отсчётное устройство горизонтального круга. Показания лимба горизонтального круга  $215^{\circ}45'$ .

Расстояние можно определить при помощи вертикальной рейки, имеющей сантиметровые деления. Для этого считывают отсчёты по верхней и нижней дальномерным нитям сетки нитей зрительной трубы, наведённой на рейку. Коэффициент нитяного дальномера 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. Поле зрения зрительной трубы теодолита представлено на рисунке 7.

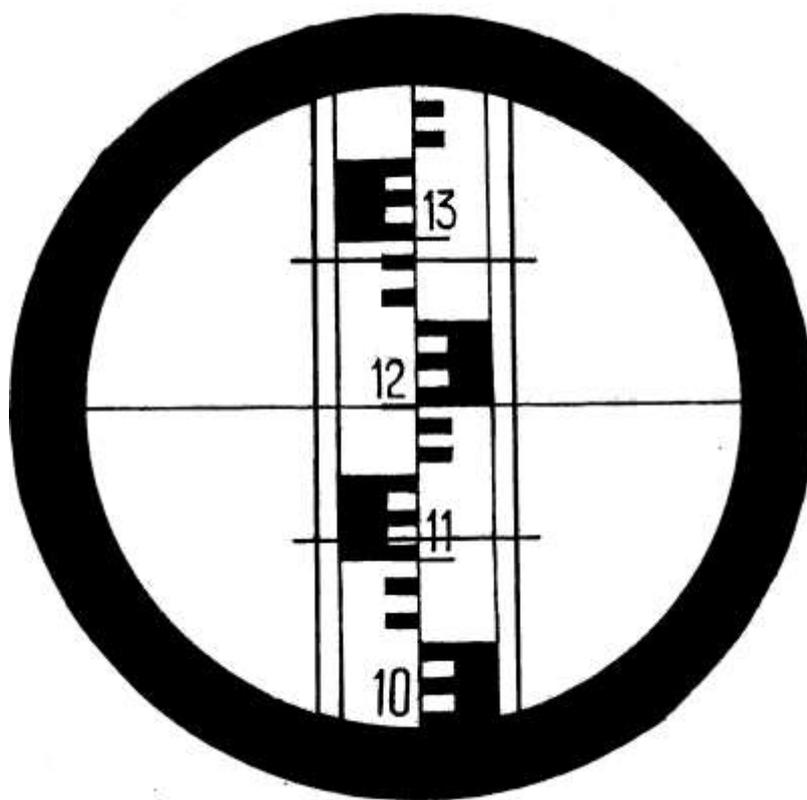


Рисунок 7 – Поле зрения зрительной трубы теодолита 4Т30П

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

$$D = (128,7 - 111,3) \times 100 = 17,4 \text{ м.}$$

#### 4. ПРИВЕДЕНИЕ ТЕОДОЛИТА 4Т30П В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Теодолит в горизонтальное положение, а его вертикальная ось, соответственно, в вертикальное, приводится при помощи трёх подъёмных винтов (рис. 8).

Горизонтальный круг устанавливается таким образом, чтобы ось цилиндрического уровня была параллельна любым двум подъёмным винтам, например, А и В (рис. 8, а).

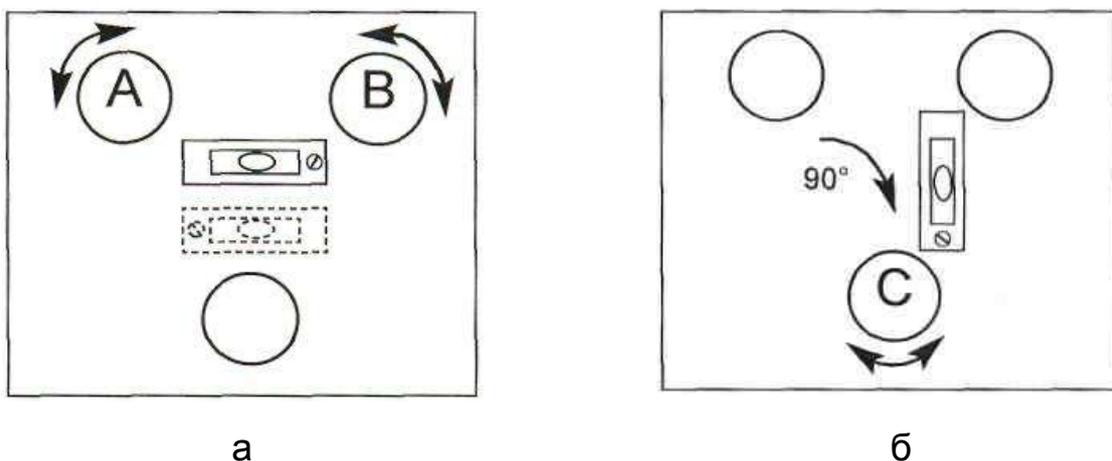


Рисунок 8 – Точное горизонтирование по цилиндрическому уровню

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 8, б). Вращением третьего подъёмного винта С, 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. Повторять горизонтирование необходимо до тех пор, пока пузырёк цилиндрического уровня не будет оставаться в нуль-пункте при любом повороте прибора.

Сетка нитей, расположенная в окулярной части зрительной трубы, фокусируется под зрение наблюдателя при помощи диоптрийного кольца окуляра. Далее, при откреплённых закрепительных винтах алидады горизонтального круга и трубы, зрительная труба по коллиматорному визиру наводится на объект. После чего закрепительными винтами фиксируется положение алидады и трубы. Затем, при помощи наводящих винтов алидады и трубы, пересечение сетки нитей наводится на объект (см. прил. Б).

Микроскоп отсчётного устройства также фокусируется под зрение наблюдателя при помощи фокусирующего кольца на окуляре микроскопа. Если отсчётное устройство микроскопа освещено недостаточно, необходимо открыть иллюминатор и вращением крышки с зеркалом направить луч света в иллюминатор.

Теодолит 4Т30П имеет оптическую систему, позволяющую получать прямое изображение. При выполнении горизонтальной или тахеометрической съёмки в комплекте с ним используется нивелирная рейка с прямой оцифровкой. Визирование по вертикали производится средней горизонтальной нитью сетки нитей на высоту инструмента или высоту визирования, которую, как правило, отмечают на рейке.

## **5. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА 4Т30П**

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 лимба, алидады и зрительной трубы надо зажимать без лишних усилий. При поворотах верхней части прибора следует брать руками за алидадную часть у места расположения закрепительного винта;

3) подъёмные винты не должны иметь шатаний в подставке.

В исправном теодолите взаимное положение его частей и осей должно отвечать определённым геометрическим условиям. Контроль выполнения этих условий называется *поверками*

*теодолита.* У теодолита поверяется положение четырёх осей: вертикальной, горизонтальной, визирной и оси цилиндрического уровня.

*Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита (поверка уровня).*

Для этой поверки лимб устанавливают в горизонтальное положение. Затем поворачивают алидаду на  $180^\circ$  относительно исходного положения, показанного на рисунке 8, а. Если пузырёк уровня останется на середине, то условие поверки считается соблюденным. Если же пузырёк уровня отойдёт от середины больше чем на одно деление, значит, условие не соблюдено и необходимо исправить обнаруженную неперпендикулярность осей, то есть произвести юстировку. Для этого подсчитывают, на сколько делений уровня отклонился пузырёк. Ошибку в размере половины числа делений устраняют исправительным винтом уровня с помощью специальной шпильки. При большом отклонении исправление выполняют постепенно. Поверку и юстировку повторяют несколько раз до полного устранения ошибки.

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

Предварительно, вращением диоптрийного кольца (на оправе окуляра), добиваются чёткого изображения сетки нитей. Затем трубу наводят на какой-либо объект вблизи горизонта. При визировании на точку вертикальный круг может находиться или слева, или справа по отношению к наблюдателю. Поэтому различают наблюдения, выполненные при «круге право» – КП, и наблюдения, выполненные при «круге лево» – КЛ. Для получения чёткого изображения наблюдаемой точки в поле зрения, пользуются кремальерой (фокусирующим кольцом зрительной трубы). Затем на замеченную точку наводят центр сетки нитей трубы теодолита с помощью микрометрического винта алидады и берут отсчёт по лимбу горизонтального круга при положении КЛ. 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. Величина коллимационной ошибки вычисляется по формуле

$$C = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2}. \quad (1)$$

Если она превышает двойную величину точности считывания отсчёта, равную 1' для теодолита 4Т30П, то положение визирной оси желательно исправить.

Для этого определяется отсчёт

$$KP_0 = KP - C. \quad (2)$$

На этот отсчёт при помощи наводящего винта устанавливается алидада горизонтального круга. Одновременно центр сетки нитей 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. 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 отпустить противоположный винт, а затем ввинчивать нужный, чтобы сетка нитей была устойчиво закреплена. После устранения коллимационной ошибки поверку прибора необходимо повторить.

*Горизонтальная и вертикальная оси теодолита должны быть взаимно перпендикулярны.*

Установив теодолит на 10–20 метров от стены здания, нужно навести сетку нитей зрительной трубы на хорошо видимую, высоко расположенную точку. Закрепить алидаду горизонтального круга. Затем зрительная труба наклоняется примерно до горизонтального положения. На стене карандашом отмечают точку, в которую проецируется центр сетки нитей. Затем, ослабив закрепительные винты зрительной трубы и алидады, трубу перевести через зенит. Далее следует навести сетку нитей на ту же высоко расположенную точку и снова наклонить трубу до горизонтального положения. Если центр сетки нитей совпадает с меткой на стене или отклонится не более

чем на две ширины бисектора сетки, то условие выполнено. Устранение значения неперпендикулярности осей теодолита более допустимого выполняется только в специализированной мастерской. Данное условие гарантируется заводом-изготовителем.

*Вертикальная 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, юстировку выполняют путём поворота окулярной части зрительной трубы с сеткой на требуемый угол. Для этого ослабляются четыре винта, крепящие окулярную часть к зрительной трубе. После данной операции требуется повторить определение коллимационной ошибки.

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

Для контроля наблюдают при обоих положениях вертикального круга (КП и КЛ) на две точки местности и дважды вычисляют значение МО по формуле

$$MO = \frac{KP + KL}{2}. \quad (3)$$

Колебания МО при наблюдении на разные точки не должно превышать двойную величину точности считывания отсчёта по вертикальному кругу, или 1'.

Приведение МО к нулю можно выполнить следующим способом. Зрительную трубу наводящим винтом устанавливают на отсчёт, равный вычисленному углу наклона по формуле

$$v = \frac{KP - KL}{2}. \quad (4)$$

После этого вертикальными юстировочными винтами сетки нитей совмещают горизонтальный штрих сетки нитей с изображением наблюдаемой точки. Для контроля выполненных действий желательно вновь определить значение МО. Если юстировка МО не выполнялась, то в процессе определения углов наклона необходимо учитывать значение места нуля.

*Определение рена отсчётного микроскопа. Изображение одного деления угломерного круга должно быть равно 12 делениям шкалы микроскопа. Разность между ними называют реном.*

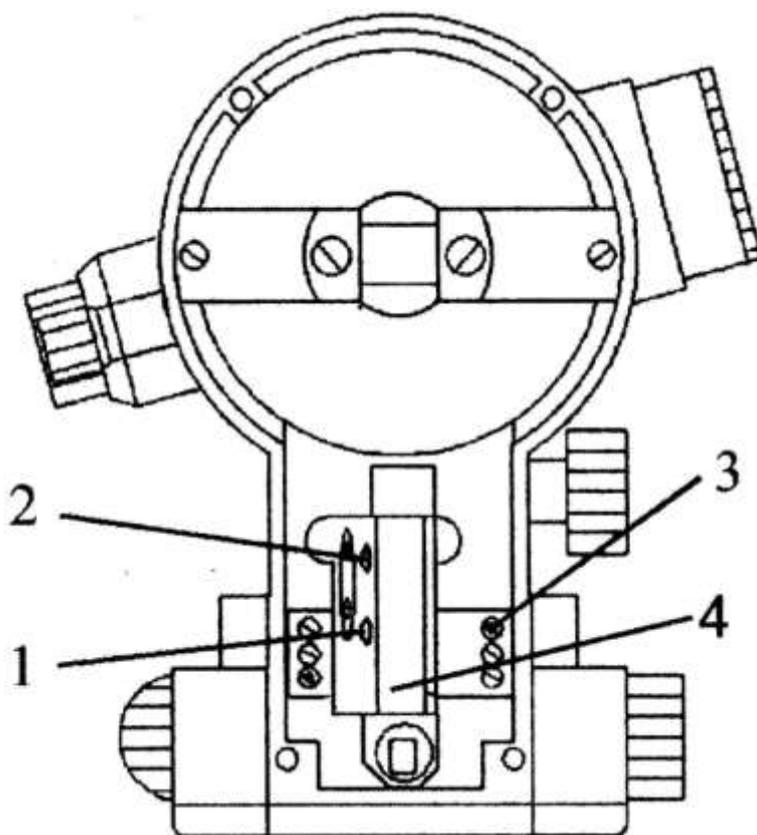
Значение рена определить следующим образом. Совместить какой-либо штрих А лимба с нулевым штрихом отсчётной шкалы микроскопа и снять показание по штриху ( $A - 1^\circ$ ). Вычислить разность показаний по штрихам А и ( $A - 1^\circ$ ), которая равна рену на данном участке лимба.

Рен вертикального лимба определить на участках 0, 2,  $-2^\circ$  при круге слева и справа, рен горизонтального круга – через  $60^\circ$ . Вычислить среднее арифметическое значение рена для каждого круга из шести определений.

Расхождение между значениями рена для разных участков лимба не должно превышать  $30''$ . При среднем значении рена более  $15''$  произвести его исправление.

Предварительно устраняется *параллакс*. Для этого необходимо снять боковую крышку со стороны лимба вертикального круга (рис. 9). Наблюдая в микроскоп, установить окуляр по глазу до получения чёткого изображения шкалы. Слегка открепив винт 2 крепления линз горизонтального круга, перемещением линзы вдоль паза кронштейна добиться чёткого изображения горизонтального лимба, винт закрепить. Аналогично исправляется параллакс вертикального круга нижним винтом, расположенным в глубине боковой продольной прорези.

После устранения параллакса проверить и при необходимости устранить рен. Рен горизонтального и вертикального кругов исправить перемещением обеих линз соответствующих кругов. Если изображение круга необходимо уменьшить, обе линзы необходимо удалить от круга, если увеличить – приблизить. Одновременно следят за отсутствием параллакса между изображениями штрихов лимба и шкалы микроскопа.



*Рисунок 9 – Теодолит 4Т30П без боковой крышки  
1, 2 – винты крепления линз горизонтального круга; 3 – винт крепления кронштейна; 4 – кронштейн*

Поверки и юстировки теодолита в обязательном порядке выполняют перед выходом в поле.

## **6. РАБОТА НА СТАНЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЁМОМ**

Для выполнения измерения теодолит необходимо 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 0,5'.

Процесс измерения угла состоит из отдельных операций.

1. Перед работой теодолит устанавливают над вершиной угла (колышка) таким образом, чтобы нитяной отвес находился примерно над центром точки. Центрирование корректируется передвижением теодолита на штативе (см. прил. В), 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 и навести трубу с помощью оптического коллиматорного визира на заднюю точку угла. Закрепить алидаду и трубу, более точное наведение произвести наводящими (микрометренными) винтами трубы и алидады. Визирование осуществляется на самую нижнюю видимую часть вешки. Этим исключается погрешность за *редукцию*, то есть наклон вешки.

3. Произвести отсчёт по шкале горизонтального круга и записать его.

4. Открепив алидаду, навести трубу на переднюю точку угла, также произвести отсчёт и записать.

5. Вычислить значение угла как разность первого и второго отсчётов, по задней и передней точкам соответственно. Если первый отсчёт получился меньше второго, то к нему необходимо прибавить  $360^\circ$  (занять круг), а затем произвести вычитание.

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 и сбить (изменить) отсчёт по лимбу горизонтального круга на  $2-3^\circ$  с помощью наводящего или перестановочного винта лимба.

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  $1'$ . Если расхождение допустимо, вывести среднее значение угла из двух полуприёмов с точностью до  $0,5'$ . Это будет результат измерения угла полным приёмом. Результаты выполненного измерения записываются в журнал измерения углов, представленный в таблице 2.

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

вторая точка съёмочного обоснования (с.с.2). Измерен правый по ходу лежащий угол в полигоне, при движении по ходу часовой стрелки. При двух положениях круга (КЛ и КП) получены значения измеренных углов вычитанием из значения заднего отсчёта значения отсчёта переднего:

$$119^{\circ}53' - 35^{\circ}09' = 84^{\circ}44';$$

$$299^{\circ}54' - 215^{\circ}09' = 84^{\circ}45'.$$

Расхождение между значениями измеренных углов ( $84^{\circ}44'$  и  $84^{\circ}45'$ ) при разных положениях вертикального круга, относительно зрительной трубы, не превышают двойной точности ( $1'$ ) считывания по лимбу теодолита 4Т30П. Следовательно, можно вычислять среднее значение измеренного угла, которое составляет  $84^{\circ}44,5'$ .

Таблица 2 – Журнал измерения горизонтальных углов

Точка стояния	Точка наблюдения	Положение круга	Отсчёты по гориз. кругу,	Угол,	Средний угол,
с.с.1	п.п.8	КЛ	119 53	84 44	84 44.5
	с.с.2	КЛ	35 09		
	п.п.8	КП	299 54	84 45	
	с.с.2	КП	215 09		
с.с.2	с.с.1	КЛ	90 31	107 19	107 19
	с.с.3	КЛ	343 12		
	с.с.1	КП	120 54	107 19	
	с.с.3	КП	13 35		

При измерении второго угла, в первом полуприёме, отсчёт на заднюю точку численно меньше отсчёта на переднюю точку. В этом случае необходимо занять круг ( $360^{\circ}$ ). Вычисления выполняются следующим образом:

$$90^{\circ}31' + 360^{\circ} - 343^{\circ}12' = 107^{\circ}19'.$$

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

Одновременно с измерением горизонтальных углов выполняют измерения вертикальных углов. Отсчет по вертикальному кругу при визировании на одну и ту же точку при разных положениях вертикального круга относительно зрительной трубы должен иметь одну и ту же величину, но отличаться противоположным знаком. Истинное значение вертикального угла будет при наблюдении в положении КЛ.

Результаты выполненного измерения углов наклона записываются в журнал измерения углов. Фрагмент журнала измерения углов наклона представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Журнал измерения углов, углы наклона

Точки стояния	Точки наблюдения	Положение круга	Отсчёты по вертикальному кругу, ° '
с.с.1	п.п.8	КЛ	1 23
	с.с.2	КЛ	0 55
	п.п.8	КП	-1 23
	с.с.2	КП	-0 55
с.с.2	с.с.1	КЛ	-0 55
	с.с.3	КЛ	-2 14
	с.с.1	КП	0 55
	с.с.3	КП	2 14,5

При наблюдении с точки с.с.1 на точку с.с.2 при КЛ угол наклона положительный, величиной  $0^{\circ}55'$ . При наблюдении в том же направлении, но в положении КП, угол наклона будет иметь противоположный знак и ту же величину  $-0^{\circ}55'$ . Соответственно, истинным принимается значение  $0^{\circ}55'$ , так как численно углы наклона равны.

Для контроля можно выполнить измерение угла наклона с точки с.с.2 на точку с.с.1. При измерении угла наклона линии в противоположных направлениях, знак угла наклона должен иметь противоположный знак. При КЛ угол наклона получен отрицательный, величиной  $-0^{\circ}55'$ . При наблюдении в том же направлении, но в положении КП, угол наклона будет иметь противоположный знак и ту же величину  $0^{\circ}55'$ . Соответственно, истинным принимается значение  $-0^{\circ}55'$ , так как численно углы наклона равны.

При наблюдении с точки с.с.2 на точку с.с.3 при КЛ угол наклона отрицательный, величиной  $-2^{\circ}14'$ . При наблюдении в том же направлении, но в положении КП, угол наклона будет иметь противоположный знак и величину  $2^{\circ}14,5'$ . Расхождение в численном значении угла не превышает двойной величины точности считывания по вертикальному кругу, то есть  $1'$ . Значит, можно вычислить значение измеренного угла наклона как среднее арифметическое, с точностью до  $0,5'$ . Соответственно, истинным, по правилам округления, принимается значение  $-2^{\circ}14'$ . Знак угла наклона всегда принимается по полученному значению при измерении при КЛ.

## **7. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ПРИБОРАМИ**

Необходимыми условиями при изучении приборов и выполнении работ с ними являются строгое соблюдение трудовой дисциплины и правил охраны труда.

Необходимо всегда помнить и соблюдать следующие основные правила:

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

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

- при закреплении прибора на штативе прибор удерживается левой рукой, а правой вворачивается, а после окончания

работ выворачивается стеновой 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 крепежных винтах, так как это может привести к поломке приборов;

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

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

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

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

- запрещается включать вилку осветительного прибора в повреждённую розетку;

- нельзя ставить на электрошнуры тяжёлые или острые предметы;

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

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

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

- в случае травмирования необходимо поставить в известность преподавателя, ведущего занятие, а при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь по телефону **03** или **112**. Оказать первую помощь. Медицинская аптечка находится в деканате и на кафедре геодезии;

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

– при любом возгорании – обесточить щит освещения на этаже, принять меры по эвакуации людей и попытаться погасить пламя огнетушителями, расположенными в аудиториях, в пожарных ящиках на этаже, а также пожарными рукавами, подключенными к гидрантам в пожарных ящиках;

– при сложном возгорании сообщить в службу пожаротушения по городскому телефону **101**, или по сотовому телефону **112**, далее следует выполнить действия, изложенные в предыдущем пункте;

– 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;

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

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

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

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

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

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

– особо бережного отношения при протирке требуют просветлённые оптические поверхности.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

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

*Биссектор* – двойной вертикальный или горизонтальный штрих сетки нитей зрительной трубы.

*Вертикальная ось* – ось вращения алидады горизонтального круга прибора.

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

*Горизонтальная ось* – ось вращения зрительной трубы в вертикальной плоскости.

*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.

*Зрительная труба* – визирное устройство геодезического прибора, содержащее объектив, окуляр и сетку нитей, выполненное из системы линз, призм и зеркал.

*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.

*Круг* – деталь геодезического прибора, несущая лимб.

*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 поверки» либо технологическими инструкциями.

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

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

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

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

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

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

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

*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.

*Поверка эксплуатационная* – проводится на месте работ в полевых условиях.

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

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

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

*Рен* – разность между изображением одного деления угломерного круга и 12 делениями шкалы микроскопа.

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

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

*Цена деления лимба* – величина дуги лимба между ближайшими штрихами.

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

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

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

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Что такое теодолит?
2. Какие измерения можно выполнить теодолитом?
3. Как делятся теодолиты по точности?
4. Какие теодолиты относятся к техническим?
5. Перечислите основные элементы теодолита.
6. Опишите устройство теодолита 4Т30П.
7. Что такое поверка геодезических приборов?
8. Что такое юстировка геодезических приборов?
9. Для чего необходимо выполнять поверки?
10. Сколько поверок необходимо выполнить теодолиту технической точности?
11. Как поверяется цилиндрический уровень?
12. Как поверяется коллимационная ошибка?
13. Как поверяется место нуля?
14. Как поверяется положение сетки нитей?

15. Что такое рен?
16. Как поверяется рен?
17. Как исправляется параллакс?
18. Что служит контролем приведения прибора 4Т30П в рабочее положение?
19. Как оцифрован горизонтальный круг теодолита 4Т30П?
20. Как оцифрован вертикальный круг теодолита 4Т30П?
21. В чём отличие оцифровки шкалы горизонтального и вертикального круга?
22. Назовите цену наименьшего деления шкалы теодолита 2Т30П.
23. Назовите цену наименьшего деления шкалы теодолита 4Т30П.
24. При помощи какого элемента осуществляется предварительное грубое наведение прибора на объект?
25. Какими винтами осуществляется точное наведение прибора на объект?
26. Каким винтом осуществляется перестановка лимба горизонтального круга теодолита 4Т30П?
27. Какая защита предусмотрена на перестановочном винте лимба горизонтального круга теодолита 4Т30П?
28. При помощи чего можно измерить магнитный азимут линии?
29. Из каких действий состоит измерение теодолитом горизонтального угла полным приёмом?
30. Назовите допустимую величину расхождения, между значениями измеренных углов, полученных в разных полуприёмах одного полного приёма.
31. Как измерить расстояние теодолитом, используя рейку нивелирную и дальномерные нити сетки нитей?
32. Перечислите основные требования безопасной работы с приборами.
33. Перечислите основные требования охраны труда при работе в камеральных условиях.
34. Назовите меры защиты глаз.
35. Установить теодолит 2Т30П или 4Т30П на штатив и привести его в рабочее положение.

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

37. Выполнить теодолиту поверку цилиндрического уровня и при необходимости юстировку.

38. Выполнить теодолиту поверку коллимационной ошибки и при необходимости юстировку.

39. Выполнить теодолиту поверку вертикальной и горизонтальной осей.

40. Выполнить теодолиту поверку сетки нитей и при необходимости юстировку.

41. Выполнить теодолиту поверку места нуля и при необходимости юстировку.

42. Выбрать две точки и измерить между ними правый по ходу лежащий угол двумя полуприёмами. Выполнить измерение двух-трёх углов.

43. Установить нивелирную рейку, и пользуясь дальними штрихами сетки нитей, определить расстояние между прибором и рейкой. Выполнить не менее пяти измерений.

44. Выполнить измерения вертикальных углов при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП) на пять различных точек. Вычислить средние значения для каждого угла.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «О геодезии и картографии» от 26 декабря 1995 № 209-ФЗ.
2. Федеральный закон «О геодезии и картографии» от 26 декабря 1995 № 209-ФЗ.
3. Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30 декабря 2015 № 431-ФЗ.
4. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 № 4871-1.
5. Авакян, В. В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ / В. В. Авакян. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 588 с.
6. Букринский, В. А. Геодезия и маркшейдерия / В. А. Букринский, В. Н. Попов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 453 с.
7. Булдакова, М. Б. Геодезия. Тахеометрическая съёмка и построение геодезической сети: учебное пособие / М. Б. Булдакова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2000. – 136 с.
8. Геодезия: учебник для вузов / А. Г. Юнусов, А. Б. Беликов, В. Н. Баранов, Ю. Ю. Каширкин. – Москва: Академический проект; Трикста, 2015. – 411 с.
9. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. Т. 1. – Москва: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
10. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. Т. 2. – Москва: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
11. Гиршберг, М. А. Геодезия: учебник / М. А. Гиршберг. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 384 с.
12. Дьяков, Б. Н. Основы геодезии и топографии: учебное пособие / Б. Н. Дьяков, В. Ф. Ковязин, А. Н. Соловьёв. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 272 с.
13. Золотова, Е. В. Геодезия с основами кадастра: учебник для вузов / Е. В. Золотова, Р. Н. Скогорева. – Москва: Академический Проект; Трикста, 2015. – 414 с.
14. Инженерная геодезия: учебник / Е. Б. Ключин, М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – Москва: Академия, 2010. – 496 с.
15. Инженерная геодезия: учебник для высших учебных заведений / Е. В. Ключин, М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – Москва: Академия, 2006. – 480 с.

16. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов / А. Г. Парамонов и др. – Москва: МАКС Пресс, 2014. – 368 с.
17. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс: учебник для студентов вузов / редактор В. А. Коугия. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 286 с.
18. Инструкция о порядке контроля и приёмки геодезических, топографических и картографических работ (ГКИНП (ГНТА)-17-004-99) / Федеральная служба геодезии и картографии России. – Москва: ЦНИИГАиК, 1999.
19. Киселев, М. И. Геодезия: учебник / М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 384 с.
20. Киселёв, М. И. Основы геодезии: учебник / М. И. Киселёв, Д. Ш. Михелев. – Москва: Высшая школа, 2001. – 368 с.
21. Костылев, В. А. Геодезия: учебно-методическое пособие по учебной геодезической практике / В. А. Костылев, В. В. Шумейко, К. Г. Барсуков. – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 77 с.
22. Курошев, Г. Д. Геодезия и топография: учебник для вузов / Г. Д. Курошев, Л. Е. Смирнов. – Москва: Академия, 2006. – 176 с.
23. Куштин, И. Ф. Инженерная геодезия: учебник / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 416 с.
24. Маслов, А. В. Геодезия: учебник для вузов / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – Москва: Недра, 1993. – 480 с.
25. Маслов, А. В. Геодезия. / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.
26. Михайлов, А. Ю. Инженерная геодезия в вопросах и ответах / А. Ю. Михайлов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 200 с.
27. Нестеренок, М. С. Геодезия: учебник / М. С. Нестеренок, В. Ф. Нестеренок, А. С. Позняк. – Минск: Университетское, 2001. – 310 с.
28. Неумывакин, Ю. К. Практикум по геодезии: учебное пособие / Ю. К. Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
29. Неумывакин, Ю. К. Практикум по геодезии: учебное пособие / Ю. К. Неумывакин, А. С. Смирнов. – Москва: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.

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

44. Ходоров, С. Н. Геодезия – это очень просто. Введение в специальность / С. Н. Ходоров. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 176 с.
45. Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учебное пособие для вузов / С. И. Чекалин. – М.: Академический Проект, 2009. – 393 с.
46. Чурилова, Е. А. Картография с основами топографии. Практикум: учебное пособие для вузов / Е. А. Чурилова, Н. Н. Колосова. – Москва: Дрофа, 2004. – 128 с.
47. Шумаев, К. Н. Геодезия. Изучение оптического теодолита 4Т30П: методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова, Т. Т. Миллер; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2016. – 36 с.
48. Шумаев, К. Н. Краткий топографо-геодезический справочник землеустроителя: учебное пособие / К. Н. Шумаев, Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2002. – 110 с.
49. Шумаев, К. Н. Геодезия. Курс лекций: учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов. – Красноярск: Гротеск, 2004. – 80 с.
50. Шумаев, К. Н. Геодезия. Охрана труда при ведении топографо-геодезических работ: методические указания к проведению учебных и производственных практик / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Т. Т. Миллер, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 56 с.
51. Шумаев, К. Н. Организация учебной геодезической практики: методические указания / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Т. Т. Миллер; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 1996. – 14 с.
52. Шумаев, К. Н. Геодезия: справочное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2006. – 152 с.
53. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические инструменты уходящей эпохи: учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ф. Н. Мойсеёнок; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2005. – 164 с.

54. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в землеустройстве: учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2009. – 180 с.
55. Шумаев, К. Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в мелиорации: учебное пособие / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2007. – 192 с.
56. Шумаев, К. Н. Геодезия. Электронные теодолиты технической точности ТЕО 20 и 56-BDT30: методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2015. – 54 с.
57. Шумаев, К. Н. Исполнительская практика: методические указания к учебной практике / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 64 с.
58. Шумаев, К. Н. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по инженерной геодезии: методические указания к учебной практике / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 55 с.
59. Шумаев, К. Н. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков (35.03.10): методические указания к выполнению полевых и камеральных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2019. – 99 с.
60. Шумаев, К. Н. Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков научно-исследовательской деятельности: методические указания / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 53 с.
61. Южанининов, В. С. Картография с основами топографии / В. С. Южанининов. – Москва: Высшая школа, 2001. – 303 с.
62. Южанининов, В. С. Картография с основами топографии / В. С. Южанининов. – Москва: Высшая школа, 2005. – 302 с.
63. Ямбаев, Х. К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учебное пособие для студентов вузов / Х. К. Ямбаев. – Москва: МИИГАиК, 2012. – 461 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА 2Т30П

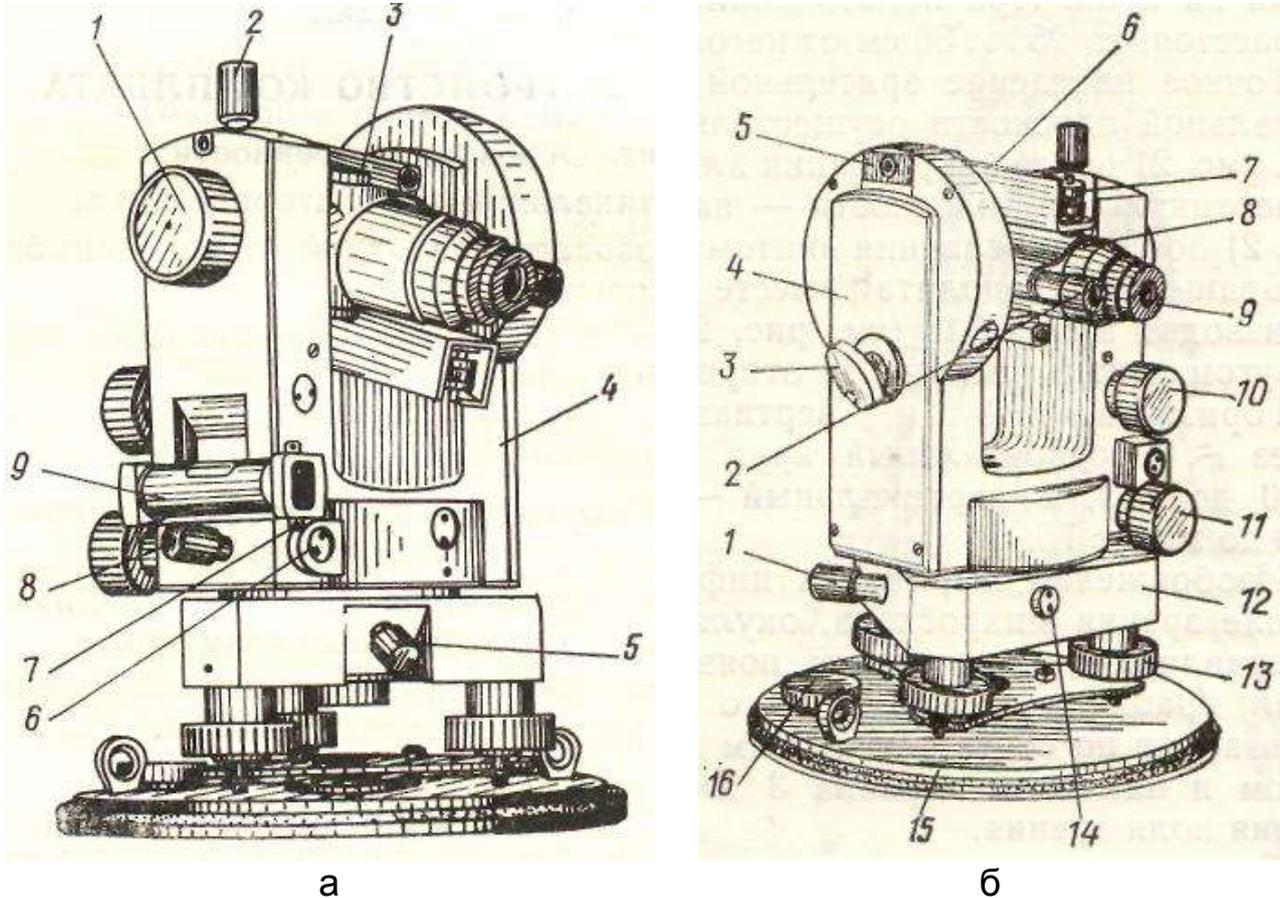


Рисунок А.1 – Устройство теодолита 2Т30П

а – вид со стороны кремальеры: 1 – кремальера;

2 - закрепительный винт трубы; 3 – визир; 4 – колонка;

5 - закрепительный винт горизонтального круга; 6 – гильза;

7 – юстировочный винт; 8 – закрепительный винт алидады;

9 – уровень при алидаде;

б – вид со стороны вертикального круга:

1 – наводящий винт горизонтального круга; 2 – окуляр микроскопа;

3 – зеркало подсветки; 4 – боковая крышка; 5 – посадочный паз для

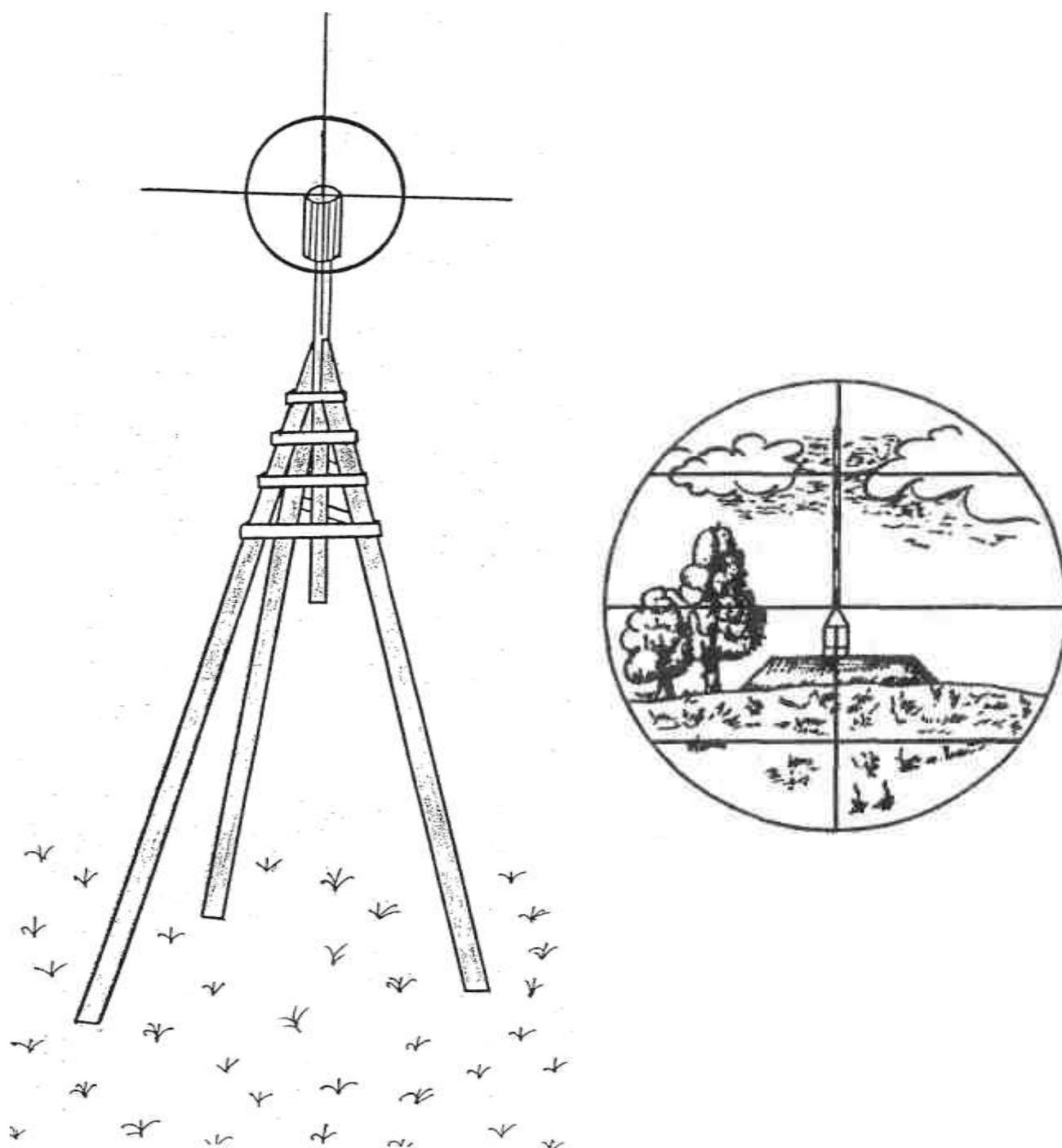
буссоли; 6 – уровень при трубе; 7 – юстировочная гайка; 8 – колпачок;

9 – диоптрийное кольцо окуляра; 10 – наводящий винт трубы;

11 – наводящий винт алидады; 12 – подставка; 13 – подъёмные винты;

14 – втулка; 15 – основание; 16 – крышка

## НАВЕДЕНИЕ НА ОБЪЕКТ ВИЗИРОВАНИЯ

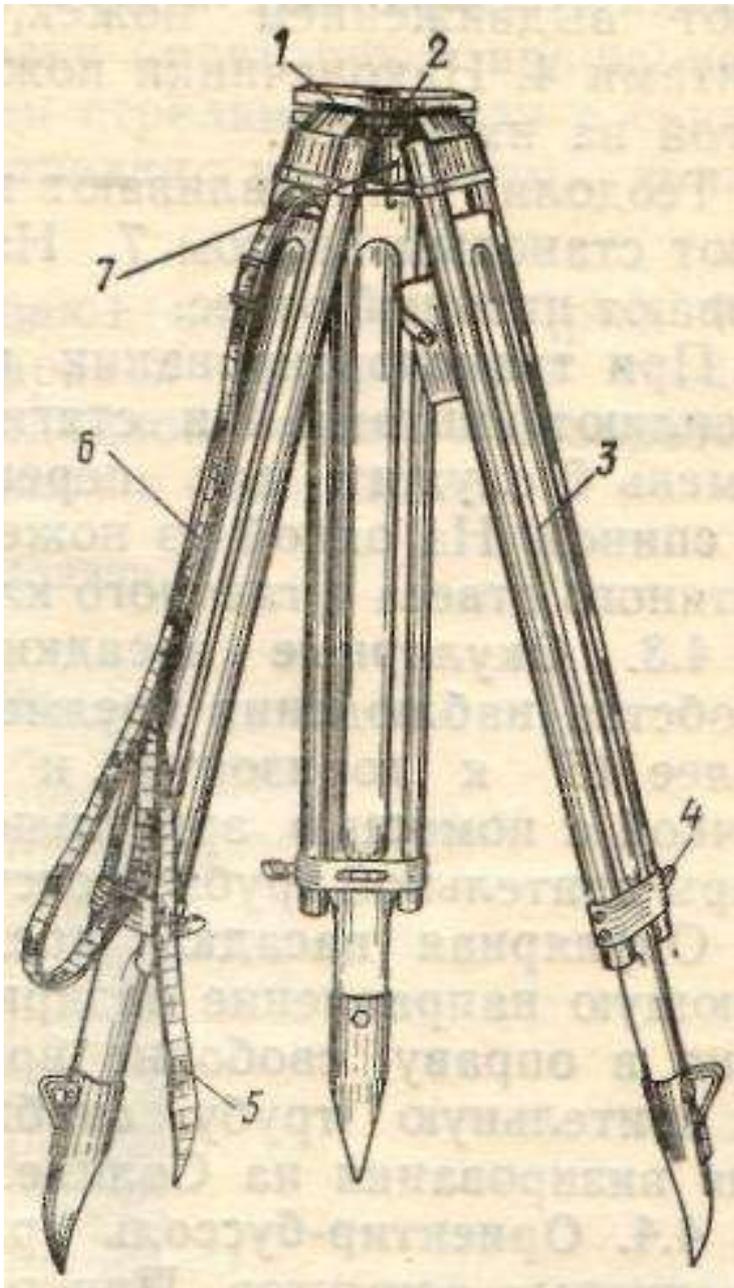


а

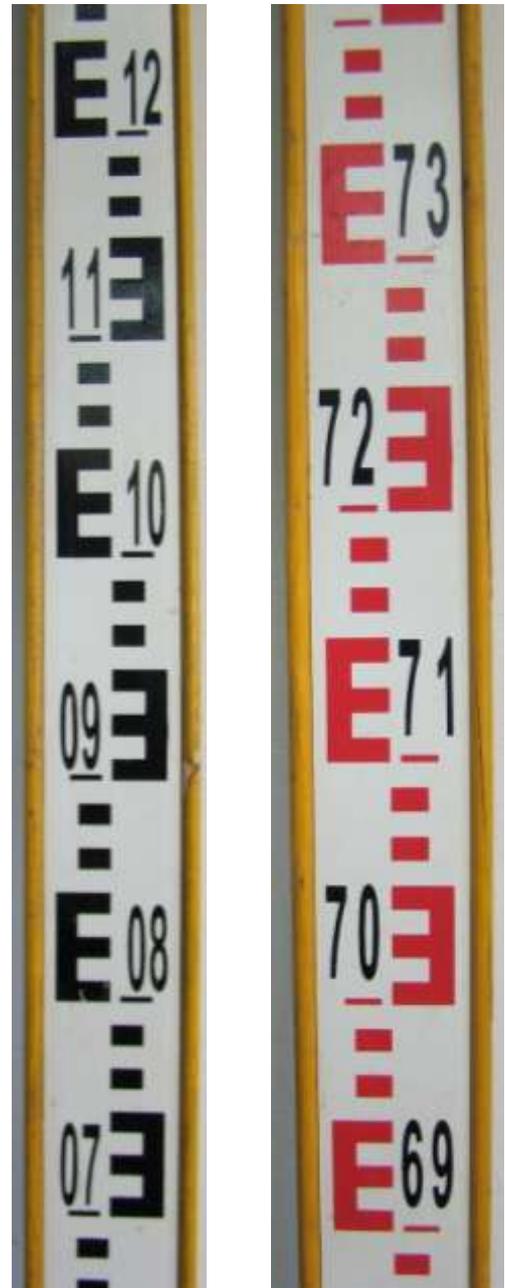
б

*Рисунок Б.1 – Наведение теодолита 2Т30П и 4Т30П  
на объект визирования:  
а – на пирамиду государственной геодезической сети;  
б – на вешку на межевом знаке*

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К ТЕОДОЛИТУ



а



б

*Рисунок В.1 – Дополнительное оборудование к теодолиту 2Т30П и 4Т30П:*

*а – штатив раздвижной ШР-140: 1 – головка; 2 – болт; 3 – ножка; 4 – винт; 5, 6 – ремни; 7 – становой винт; б – рейка нивелирная РН-3-3000СП, чёрная и красная сторона*

# **ГЕОДЕЗИЯ**

## **ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ТЕОДОЛИТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ 4Т30П**

*Методические указания к выполнению  
лабораторных работ*

*Электронное издание*

***Шумаев Константин Николаевич  
Сафонов Александр Яковлевич  
Горбунова Юлия Викторовна  
Миллер Татьяна Тимофеевна***

*Редактор В. И. Тонкая*

Подписано в свет 21.01.2021. Регистрационный номер 136  
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного уни-  
верситета 660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru