# Теодолиты. МИ 08-00.
# Методика поверки.

gost.e-ecolog.ru

2000 г.

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА « ЗНАК ПОЧЕТА» НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ, АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ им. Ф.Н.КРАСОВСКОГО

СОГЛАСОВАНО
Главным метрологом
Роскартографии
А.Н. Прусаковым
(№ 4-09-1188 от 20.04.2000)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЦНИИГАиК
Н.Л. Макаренко
«5» мая 2000 г.

**МЕТОДИКА ИНСТИТУТА**
**Теодолиты. Методика поверки**

**МИ 08-00**

СОГЛАСОВАНО:
Главный метролог ГОМС
А.А. Синдеев
« 05 » мая 2000 г.

Москва ЦНИИГАиК 2000

# Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Центральным ордена «Знак Почета» научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии им.Ф.Н.Красовского (ЦНИИГАиК).

| | |
|---|---|
| Директор института | Н.Л.Макаренко |
| Главный метролог | А.А.Синдеев |
| Руководитель темы, зав. ОСМОГИ | А.И.Спиридонов |
| Исполнители: | Т.И.Киселева н.с. |
| | П.В.Викулов н.с. |
| | С.В.Соловьев м.н.с. |

Соисполнители: ГП «Аэрогеодезия», Новгородское АГП, Забайкальское АГП, Московское АГП

2. РАССМОТРЕН И ОДОБРЕН подкомитетом по стандартизации ПК4 Технического комитета ТК 404 «Геодезия и картография» (протокол №2 от 30.11.99).

3. СОГЛАСОВАН Роскартографией 20.04.2000 № 4-09-1188

4. ВВЕДЕН взамен МИ БГЕИ 08-90 с 01.06.2000
Приказом ГОМС № 114 от 05 мая 2000 г

**Методика института**

| Теодолиты. Методика поверки | МИ Взамен МИ БГЕИ 08-90 |
|---|---|

Настоящая методика института (МИ) распространяется на теодолиты, предназначенные для измерения углов со средней квадратической погрешностью 1-60" и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Межповерочный интервал (МПИ) периодической поверки теодолитов первоначально устанавливается по результатам испытаний для целей утверждения типа, а в дальнейшем корректируется метрологической службой организации-владельца теодолитов по согласованию с территориальным органом ГМС; при отсутствии такового МПИ принимается равным 1 году.

## 1. Нормативные ссылки

ГОСТ 23543-88 Геодезические приборы. Общие технические условия

ГОСТ 10529-96 Теодолиты. Общие технические условия

ПР 50.2.006-94 Порядок проведения поверки средств измерений.

ПР 50 2.012 - 94 Порядок аттестации поверителей средств измерений

ПТБ-88 Правила техники безопасности на топографо-геодезических работах.

Перечень буквенных обозначений и сокращений, встречающихся в МИ, приведен в приложении А.

## 2. Операции поверки

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операций | Типы теодолитов | Пункты методики поверки | Обязательность проведения операций при | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 Внешний осмотр и проверка комплектности | Все типы | 7.1 | Да | Да |
| 2 Опробование | Все типы | 7.2 | Да | Да |
| 3. Определение метрологических характеристик: | | | | |
| 3.1 Определение рена отсчетной системы | Все типы, кроме электронных теодолитов и теодолитов с простым микроскопом | 7.3 | Да | Да |
| 3.2 Определение цены деления окулярного микрометра зрительной трубы | Т1 | 7.4 | Да | Нет |
| 3.3 Определение коэффициента нитяного дальномера | Все типы, кроме Т1 | 7.5 | Да | Нет |
| 3.4 Определение эксцентриситета алидады горизонтального круга | Теодолиты с односторонним отсчетом | 7.6 | Да | Нет |
| 3.5 Определение эксцентриситета горизонтального круга | То же | 7.7 | Да | Нет |
| 3.6 Определение максимального влияния эксцентриситета вертикального круга | Теодолиты с односторонним отсчетом по кругу | 7.8 | Да | Да |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| .7 Проверка неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси теодолита | У теодолитов, используемых при работе с углами наклона $>5^0$ | 7.9 | Да | Да |
| .8 Определение диапазона и погрешности работы компенсатора углов наклона при вертикальном круге | Теодолиты с компенсатором при вертикальном круге | 7.10 | Да | Да |
| .9 Определение СКП измерения горизонтального угла | Все типы | 7.11 | Да | Да |
| .10 Определение СКП вертикального угла | Все типы | 7.12 | Да | Да |
| .11 Проверка погрешности оптического центрира | Теодолиты со встроенным центриром | 7.13 | Да | Да |
| .12 Проверка непараллельности оси уровня и визирной оси зрительной трубы | Теодолиты с уровнем на зрительной трубе | 7.14 | Да | Да |

2 2 Допустимые значения метрологических характеристик теодолитов приведены в приложении Б.

**3. Средства поверки**

3.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

| Номер пункта МИ | Наименование СИ или вспомогательного средства поверки и их основные метрологические характеристики |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 7.2.4<br>7.2.5<br>7.2.6 | Визирная марка или коллиматор (К) с фокусным расстоянием не менее 500 мм, или автоколлиматор АК-0, 2У, АК-0,5У ГОСТ 11899 (АК), или геодезический коллиматорный стенд (ГКС) |
| 7.4 | Экзаменатор с ценой деления 1" (типа ЭГЕМ) |
| 7.5 | Контрольный базис длиной 120-150м, число отрезков 6-8 с относительной погрешностью не менее 1/ 3000, ГСК, или для теодолитов типа Т5. Т15, Т30 и Т60 - эталонный теодолит типа Т1 или Т2 |
| 7.6 | АК-0, 2У или АК-0,5У или АК- 0,25, угловая мера призматическая с числом граней 6,8,12 или 24, класса 0 или 1, ГОСТ 2875 |
| 7.7 и 7.8 | К или АК ( по 2 шт.), или ГКС; для теодолитов типа Т5,Т15 ,Т30 и Т60 |
| 7.9 | К или АК (по 3 шт.), или ГКС; для теодолитов типа Т15, Т30 и Т60 визирная марка и линейка длиной 20 см по ГОСТ 427 |
| 7.10 | Экзаменатор с ценой деления 1" типа ЭГЕМ, АК-0,2У или АК-0,25 или ГКС |
| 7.11 | К или АК (по 4 шт.), или ГКС, или сеть микротриангуляции с погрешностью углов не менее чем в 2.5 раза меньше чем средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом поверяемого теодолита ; для теодолитов Т5, Т15, Т30, Т60 - эталонный теодолит типа Т1, или Т2 и К, или АК ( по 3 шт. ) |
| 7.12 | К или АК ( по 6 шт. ); для теодолитов типа Т5, Т15, Т30, Т60 - эталонный теодолит Т1 и К, или АК (по 4 шт.), или ГКС |
| 7.13 | Лист миллиметровой бумаги размером 10х10см |
| 7.14 | Нивелирная линия длиной 40-60 метров |

3.2 Допускается применение автоматизированных рабочих мест для поверки теодолитов (АРМ-ПТ) при условии обеспечения объема поверочных работ, указанных в таблице 1.

**4. Требование к квалификации поверителей**

К проведению поверки теодолитов допускаются лица, имеющие среднее специальное или высшее геодезическое образование и стаж работы с приборами не менее 2 лет, изучившие эксплуатационные документы на теодолиты и аттестованные в качестве поверители в соответствии с правилами по метрологии (ПР50.2.012 - 94).

**5. Требования безопасности**

При проведении поверки теодолитов меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационным документам на теодолиты и поверочное оборудование, правилам по технике безопасности , действующим на месте проведения работ, и правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ (ПТБ-88, издательство Недра М 1991 г).

**6. Условия поверки и подготовка к ней**

6.1 При проведении поверки в лабораторном помещении должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 10)^0$С;
- относительная влажность (60 ±20) %.

Изменение температуры воздуха в помещении должно быть не более $1^0$/ч.

6.2 При выполнении поверки вне помещения должны соблюдаться следующие условия:

- температура воздуха от $0^0$С до $+30^0$С;
- относительная влажность воздуха не более 90%.

Условия видимости должны быть благоприятными (отсутствие заметной дымки, колебания изображения должны быть минимальными, полное отсутствие осадков), на прибор не должны попадать прямые солнечные лучи, освещенность визирных целей должна быть равномерной и достаточной для проведения измерений, скорость ветра не должна превышать 4м/с.

6.3 До начала измерений теодолит и средства поверки должны быть установлены на прочных и устойчивых основаниях (столбах, штативах), которые должны быть свободны от вибраций, деформаций, сдвигов и других механических воздействий, и выдержаны на рабочих местах не менее 1 часа.

6.4 Перед началом поверки теодолит и средства поверки должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с технической документацией на них.

**7. Проведение поверки**

7.1 Внешний осмотр и проверка комплектности

Проверку внешнего состояния и комплектности теодолита проводят визуальным осмотром. При проведении осмотра следует установить соответствие теодолита следующим требованиям

- маркировка прибора и укладочного футляра должна соответствовать требованиям ГОСТ 23543 и ГОСТ 10529, а также технической документации на конкретный тип теодолита;
- комплектность теодолита должна соответствовать перечню комплекта поставки в прилагаемой эксплуатационной документации (паспорт, техническое описание и инструкция по эксплуатации) и отвечать установленным требованиям качества их функционирования;
- прибор и футляр не должны иметь механических повреждений, следов коррозии и других дефектов, затрудняющих работу с прибором;
- поверхности оптических деталей должны быть чистыми, без пятен, царапин, следов расклейки, сколов, равномерно освещены и т д

7.2 Опробование.

7.2.1 Проверка работоспособности и взаимодействия подвижных узлов теодолита выполняется опробованием.

При опробовании должны быть проверены:

- работоспособность замков, прижимов и винтов, фиксирующих прибор в футляре;

- работоспособность установочных приспособлений и плавность вращения всех подвижных частей ;

- фиксация зеркала подсветки и поворотной призмы контактного уровня в заданном положении;

- надежность электрических контактов и равномерность электрического освещения (в теодолитах с электроподсветкой и в электронных теодолитах);

- оптические системы теодолита должны обеспечивать четкие и контрастные изображения наблюдаемых объектов;

- освещение полей зрения должно быть равномерным и достаточным для уверенного отсчета по шкалам; у электронных теодолитов проверяют работу табло и программы подготовительных процедур (тест-контроль);

- параллакс отсчетного микроскопа

Примечание: в случае обнаружения недостаточного качества оптических изображений (визирных целей, отсчетных шкал) допускается юстировка оптических систем, предусмотренная ИЭ.

7.2 2 При опробовании должна быть проверена правильность установки оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга, которая должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора. Для этого ампулу уровня поворотом алидады располагают параллельно двум подъемным винтам подставки, этими подъемными винтами приводят пузырек уровня в среднее положение и фиксируют отсчет по одному из концов пузырька уровня, а затем выполняют поворот алидады точно на $180^0$ и после успокоения пузырька уровня фиксируют отсчет по тому же концу пузырька уровня. Разность отсчетов должна быть не более одного деления.

В противном случае пузырек уровня приводят в первоначальное положение, при этом половина отклонения устраняется подъемными винтами, а вторая половина- исправительными винтами уровня. Затем поворачивают алидаду теодолита на $90^0$ и третьим подъемным винтом приводят пузырек уровня в среднее положение. Затем поверку выполняют вновь. Проверка установочного ( круглого ) уровня производится аналогично.

7 2 3 Проверку правильности работы вертикальной оси производят по уровню при алидаде горизонтального круга. Для этого в пределах одного полного оборота на установках алидады через шаг $\Delta\varphi$=60° фиксируют положение пузырька уровня относительно шкалы уровня, делая отсчеты по одному или двум его концам. Колебания отсчетов должны быть в пределах одного деления шкалы уровня. Перед проверкой добиваются перпендикулярности оси уровня к оси вращения алидады по п.7.2.2 с погрешностью не более 0.5 деления шкалы уровня.

7.2.4 При опробовании должна быть проверена правильность установки сетки нитей зрительной трубы теодолита. Для этого горизонтальную нить сетки нитей теодолита наводят на четкую видимую точку или изображение перекрестия сетки нитей коллиматора или автоколлиматора Затем вращают алидаду теодолита микрометренным винтом, при этом изображение выбранной точки не должно сходить с горизонтальной нити сетки нитей теодолита по всей ее длине более чем на двойную толщину этой нити. В случае невыполнения условия сетку нитей поворачивают на половину угла расхождения, и проверку выполняют вновь

7.2 5 При опробовании должно быть проверено смещение визирной оси зрительной трубы вследствие перефокусирования трубы с помощью фокусирующего устройства.

Для проверки зрительную трубу, отфокусированную на бесконечность, наводят на сетку нитей коллиматора или на визирную цель. При перефокусировке трубы вращением головки фокусирующего устройства по ходу и против хода часовой стрелки наблюдают за положением

изображения сетки. Смещение изображения сетки нитей не должно превышать двойной толщены штриха сетки зрительной трубы.

7.2.6 При опробовании определяют коллимационную погрешность и место нуля вертикального круга в соответствии с эксплуатационной документацией на прибор. В случае необходимости производят их приведение к оптимальным значениям.

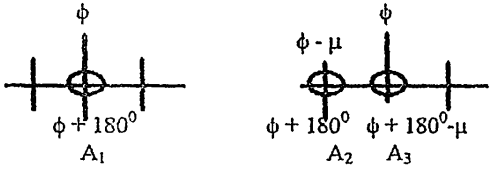
7.3 Определение рена отсчетной системы

7.3.1 Определение рена отсчетной системы теодолитов с двусторонним отсчетом.

Рен отсчетной системы горизонтального круга определяют на установках алидады через $45^0+\mu$ в прямом и обратном ходах, причем установки обратного хода отличаются на $22^0+2\mu$ от установок прямого хода. Рен отсчетной системы вертикального круга определяют в пределах $\pm 10^0$ на восьми симметричных установках прямого и обратного ходов (всего на 16 установках). Установки алидады горизонтального круга и установки вертикального круга по типам теодолитов приведены в приложении В.

Измерения на каждой установке горизонтального круга должны выполняться в следующей последовательности:

- вращением головки оптического микрометра устанавливают отсчет по его шкале, близкий к нулю;
- механизмом перестановки горизонтального круга или наклоном трубы (при определении рена вертикального круга) устанавливают отсчет, близкий к требуемой таблицей установке (см. приложение В);
- наводящим винтом алидады совмещают изображения диаметрально противоположных штрихов;
- вращением головки оптического микрометра по часовой стрелке точно совмещают диаметрально противоположные штрихи $\varphi$ и $(\varphi + 180^0)$ и отсчитывают по шкале микрометра, получая отсчет $A_1$ (рис. 1 а) в начале шкалы микрометра;




а) б)

Рис. 1

*Эллипсом отмечены вертикальные штрихи, совмещаемые при взятии отсчета.*

- вращением головки оптического микрометра по часовой стрелке точно совмещают штрихи $(\varphi-\mu)$ и $(\varphi+180^0)$ и отсчитывают по шкале микрометра, получая отсчет $A_2$ (рис. 1 б) в конце шкалы микрометра;
- вращением головки микрометра против часовой стрелки сбивают совмещение штрихов, затем вращением по часовой стрелке совмещают штрихи $\varphi$ и $(\varphi + 180^0-\mu)$ и отсчитывают по шкале микрометра, получив отсчет $A_3$ (рис. 1 б);
- действия, описанные выше, выполняют дважды и вычисляют среднее значение одноименных отсчетов $A_i$ ($\underline{A}_1$, $\underline{A}_2$, $\underline{A}_3$).

Для каждой из 16 установок вычисляют значение рена для верхнего $r_в$ и нижнего $r_н$ изображений

$$r_{iв} = \underline{A}_{1i} - \underline{A}_{2i}$$
$$r_{iн} = \underline{A}_{1i} - \underline{A}_{3i} \quad ,$$

- среднее значение рена для прямого $\underline{r}_в$ и обратного $\underline{r}_н$ изображений

$$\underline{r}_в = (\Sigma r_{iв})/16, \qquad (i = 1, ..., 16),$$
$$\underline{r}_н = (\Sigma r_{iн})/16, \qquad (i = 1, ..., 16),$$

- значение рена отсчетной системы r и разномасштабности изображений $\Delta r$

$$r = (\underline{r}_в + \underline{r}_н)/2,$$
$$\Delta r = \underline{r}_в - \underline{r}_н.$$

Пример определения рена отсчетной системы горизонтального круга приведен в приложении Г.

Рен отсчетной системы вертикального круга определяют аналогичным образом.

7.3.2 Определение рена отсчетной системы теодолитов с односторонним отсчетом по кругам.

Рен отсчетной системы определяют в прямом и обратном ходах. Установки круга приведены в приложении В.

Для измерения на каждой установке совмещают (наводящим винтом алидады или трубы) штрих φ круга со штрихом "0" отсчетной шкалы, далее, используя штрих $\varphi - 1^0$ как индекс (рис. 1), отсчитывают по шкале, получая отсчет $a_i$.

Значение рена на каждой i-ой установке вычисляют по формуле:

$$r_i = a_0 - a_i, \qquad i = (1, ..., n),$$

где $a_0$- номинальное значение длины шкалы в угловой мере, например 60';

$a_i$- отсчет по шкале относительно штриха $\varphi - 1^0$ на i -ой установке, n - число установок.

Окончательное значение рена вычисляют по формуле:

$$r = (\Sigma r_i)/n; \qquad (i = 1, ..., n)$$

7.4 Определение цены деления окулярного микрометра зрительной трубы.

Цену деления окулярного микрометра зрительной трубы теодолита Т1 определяют из измерений направления на удаленную цель ( в лабораторных условиях - на сетку нитей коллиматора).

Таблица 3.

| № приема | Установка круга | Установка оптического микрометра | Установка окулярного микрометра, дел. |
|---|---|---|---|
| 1 | $0^0 00'$ | 1′ | 30-15 - 0-85 |
| 2 | 45 15 | 2 | 25-10 - 95-80 |
| 3 | 90 30 | 3 | 20-5 - 90-75 |
| 4 | 135 45 | 4 | 15-0 -85-70 |

Программа измерений состоит из 4-х приемов с перестановкой лимба, оптического микрометра и установками окулярного микрометра в соответствии с табл 3 Отклонения в установках окулярного микрометра не должны быть более 2 делений. Каждый j-й прием измерений состоит из прямого и обратного ходов. Наведение зрительной трубы на цель сопровождают тремя отсчетами окулярного микрометра $M_i$ (i = 1, 2, 3)) и двумя отсчетами по горизонтальному кругу $A_i$.(i = 1, 2).

При обработке результатов измерений вычисляют.

средние значения отсчетов M и A для каждой k-й установки в приеме

$$M_k = (\sum_{i=1}^{3} M_{ik})/3, \qquad A_k = (\sum_{i=1}^{2} A_{ik})/2, \qquad k = (1, ., 4)$$

среднее значение $\underline{M}$ и $\underline{A}$ в приеме

$$\underline{M} = (\Sigma M_k)/4; \qquad \underline{A} = (\Sigma A_k)/4; \qquad k = (1,..., 4)$$

где к - число установок окулярного микрометра в приеме.

- цену деления окулярного микрометра в приеме

где $\Delta M_x = M_{ср} - M_x$; $\Delta A_x = A_{ср} - A_x$; $\alpha$ - вертикальный угол визирной цели);

$$\tau_{мj} = \frac{\sum \Delta M \times \Delta A}{\sum \Delta A^2};$$

- цену деления окулярного микрометра и среднюю квадратическую погрешность его определения

$$\tau_м = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} R_j .$$

Пример определения цены деления окулярного микрометра приведен в приложении Д.

7.5 В полевых условиях коэффициент дальномера определяют измерением дальномером интервалов контрольного базиса 120-150 м, имеющего 6-8 интервалов, с относительной погрешностью не менее 1:3000. По нивелирной рейке РН-3 берут отсчеты по нижней (Н) и верхней (В) нитям дальномера.

Коэффициент дальномера для каждого i-го отрезка определяют по формуле

$$K_g = \frac{S_i - C}{(H - B)_i},$$

где (Н-В) - значение из разности отсчетов по верхнему и нижнему штрихам сетки ,мм;

С - постоянное слагаемое дальномера взятое из паспорта;

S - длина базиса , мм.

Среднее значение коэффициента $K_g$ вычисляют по формуле

$$K_g = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i ,$$

где n - число отрезков, для которых вычислялся коэффициент.

В лабораторных условиях коэффициент нитяного дальномера теодолитов типа Т5, Т15 и Т30 определяют при помощи эталонного теодолита типа Т2, Т1 по ГОСТ 10529 путем измерения вертикального угла $\alpha$ между верхней и нижней нитями с погрешностью не более 1.5″, т.е. не менее, чем 2-мя приемами для Т1 и 3-мя приемами для Т2.

При выполнении измерений трубы образцового и поверяемого теодолитов должны быть отфокусированы на «бесконечность» и установлены соосно (рис.3).

Коэффициент дальномера вычисляют по формуле

$$K_g = \operatorname{ctg}\alpha ,$$

где $\alpha$ - среднее значение вертикального угла.

7 6 Определение эксцентриситета алидады горизонтального круга

Эксцентриситет алидады горизонтального круга теодолитов определяют из измерения углов аттестованной многогранной призмы с помощью АК. Число к граней призмы должно быть четным.

Перед выполнением измерений проводят их подготовку: снимают с теодолита ручку и коллиматорный визир, затем на место последнего устанавливают с помощью специального

столика многогранную призму с числом граней к=12 или к=8. Автоколлиматор и теодолит располагают согласно рис.2.

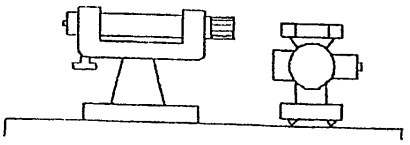


Рис.2

Приводят теодолит в рабочее положение, затем установкой трубы АК, наводящим винтом движения трубы по высоте и подъемным винтом столика добиваются того, чтобы при вращении алидады теодолита на $360^0$ от каждой грани призмы в трубе АК наблюдалось автоколлимационное изображение.

Измерения выполняют в следующей последовательности:

1. Устанавливают теодолит в положение "круг лево" (исходное положение).

2. Вращением алидады теодолита получают от какой-либо грани (принимаемой за грань № 1) призмы автоколлимационное изображение, затем устанавливают отсчет горизонтального круга близкий к $0^0$.

Примечание: Отсчет по кругу устанавливают либо головкой перестановки лимба, либо с использованием повторительной системы, либо поворотом алидады до получения начального отсчета (0°) и возвратом теодолита вместе с подставкой в исходное положение.

3. Наблюдая в трубу АК, вращением наводящего винта алидады горизонтального круга, совмещают сетку нитей автоколлимационного изображения с сеткой нитей АК и отсчитывают по горизонтальному кругу теодолита - получают отсчет $\varphi^{\pi}$.

4. Повернув алидаду теодолита на $180^0$, выполняют действия по предыдущему подпункту, отсчитывают по горизонтальному кругу и получают отсчет $\varphi^{\pi}$.

5. Повернув алидаду теодолита на $180^0$ и в исходное положение (круг лево), затем еще вращают его по часовой стрелке (прямой ход) на угол шага призмы ($30^0$ или $45^0$), выполняют действия по подпунктам 3 и 4 до тех пор, пока призма не совершит полный оборот.

6. Указанные выше действия по подпунктам 1-4 осуществляют на протяжении двух прямых оборотов и двух обратных оборотов, причем сохраняют последовательность измерений, всегда начиная с грани №1.

При обработке результатов измерений вычисляют:

- отличие $\delta i$ измеренного угла между противоположными гранями от аттестованного значения для каждой установки алидады в одном обороте:

$$\delta i = [(\varphi^{\pi} - \varphi^{\pi}) - \beta_o], \qquad (i = 1, .., n),$$

где $\beta_0$ - значение аттестованного угла между гранями призмы;

- значение $\delta_{max}$, значение $\underline{\delta}_i$ среднее для каждой установки из прямого и обратного хода в двух оборотах

$$\underline{\delta}_i = (\Sigma \delta_{ij})/k \qquad (i = 1,..., n;\ j = 1,.. , 4),$$

- значение углового эксцентриситета алидады $e_a$

$$e_a = Y^2 + Z^2,$$

где $Y = (\Sigma \underline{\delta}_i \sin\varphi_i)\cdot 2/n, \qquad Z = (\Sigma \underline{\delta}_i \cos\varphi_i)\cdot 2/n \cdot, \qquad (i = 1, .. , n)$

Примеры записи в журнале и обработки результатов приведены в приложении 1.

Эксцентриситет алидады допускается определять в полевых условиях по колебаниям значений 2C=L-R, полученных при визировании на марки, расположенные в одном горизонте через шаг $\Delta\varphi=45^0$.

7.7 Определение эксцентриситета горизонтального круга

Эксцентриситет горизонтального круга теодолитов определяют по измерениям горизонтального угла β, близкого к $180^0$, который задается двумя АК или К, установленными соосно; при этом поверяемый теодолит располагается в створе между АК.

Измерение угла между АК осуществляется теодолитом при одном положении вертикального круга относительно вертикальной оси на установках горизонтального круга через $45^0$ в пределах прямого и обратного оборотов. При обработке результатов для каждой установки вычисляют измеренное значение угла $\beta_i$, среднее значение угла $\beta_i$, а также $\delta_i$ и $\delta_{max}$ по формулам:

$$\beta_i = (\beta_{i1} + \beta_{i2})/2, \qquad \delta_i = \beta_i - (\Sigma\,\beta_i)/n, \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

где n- число установок круга.

Кроме того, вычисляется размах $\Delta_5$

$$\Delta_5 = (\delta_i)_{max} - (\delta_i)_{min}$$

Допускается определять эксцентриситет горизонтального круга также по изменению двойной коллимационной погрешности 2C, определяемой на различных установках круга через $45^0$, при этом значения $\delta_i$ и $\Delta_5$ вычисляются по формулам:

$$\delta_i = КЛ_i - КП_i \pm 180^0,$$

$$\Delta_5 = (\delta_i)_{max} - (\delta_i)_{min}.$$

Пример записи измерений при определении эксцентриситета алидады горизонтального круга приведен в приложении Е.

7.8 Определение максимального влияния эксцентриситета вертикального круга на результат измерений.

Максимальное влияние эксцентриситета вертикального круга у теодолитов с односторонним отсчетом определяют по одной паре коллиматоров, установленных горизонтально (т.е. ν=0 ) и соосно, при установке теодолита в створе между ними. Схема установки приборов аналогична приведенной на рис.4 с той лишь разницей, что для данной операции поверки используются одна пара горизонтально расположенных коллиматоров.

Измерения проводят в следующей последовательности:

1. Наводят при круге лево трубу теодолита на горизонтальную нить коллиматора 1 и делают отсчет $Л_i$ по вертикальному кругу;

2. Вращением трубы вокруг горизонтальной оси наводят ее на горизонтальную нить коллиматора 2 (при этом алидада горизонтального круга остается неподвижной) и делают отсчет $П_i$ по вертикальному кругу.

Операции по подпунктам 1, 2 составляющие один прием, выполняют не менее 2 раз для теодолитов 5"-15" точности и не менее 3 раз для теодолитов более меньшей точности.

Максимальное влияние эксцентриситета вертикального круга вычисляют

$$\delta_e = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(Л_i - П_i) \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

где n - число приемов.

Пример определения максимального влияния эксцентриситета вертикального круга приведен в приложении Ж.

7.9 Проверка перпендикулярности оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси теодолита.

Для проведения этой операции устанавливают теодолит на расстоянии D не более 30 м от стены здания или сооружения

Вертикальную ось теодолита тщательно приводят в отвесное положение. Наводят трубу на марку (точку), расположенную максимально высоко. После каждого наведения при двух положениях круга, составляющих один прием, проецируют центр сетки нитей на шкалу линейки или штриховой меры, установленной примерно на уровне горизонта прибора, перпендикулярно к линии визирования. При проецировании берут отсчеты $a_1$ и $a_2$ по шкале в мм. Значение i - отклонения от перпендикулярности - вычисляют по формуле

$$i = ctg\alpha \cdot (a_1 - a_2)\rho \frac{1}{2D},$$

где D - расстояние от прибора до шкалы в мм; $\rho = 206265''$,

$\alpha$ - угол наклона визирной оси к горизонту при наведении на марку.

Выполняют не менее 2 приемов, при этом высота расположения марки не должна изменяться. За окончательное значение неперпендикулярности горизонтальной оси к вертикальной оси вращения теодолита принимается среднее значение из всех приемов.

7.10 Определение диапазона и погрешности работы компенсатора углов наклона при вертикальном круге.

Определение диапазона и погрешности работы компенсатора выполняют по отклонениям отсчета вертикального круга при наведении трубы на изображения горизонтальной нити сетки коллиматора (эталонного теодолита) при наклонах вертикальной оси поверяемого теодолита в направлении линии визирования. Для проведения поверки теодолит устанавливают на экзаменатор таким образом, чтобы визирная ось зрительной трубы была параллельна оси экзаменатора. Схема установки приборов приведена на рис.3.

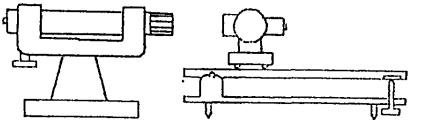


Рис 3

7.10.1 Определение диапазона функционирования компенсатора: вывинчиванием и ввинчиванием винта экзаменатора выводят вертикальную ось поверяемого теодолита за пределы диапазона работы компенсатора, при этом на лимбе винта экзаменатора замечают и записывают отсчеты $Э_{мин}$ и $Э_{макс}$, при которых компенсатор перестает работать;

7.10.2 Определение погрешности работы компенсатора начинают с вычисления установочных значений на лимбе экзаменатора:

- вычисляют значение, равное $0{,}5(Э_{мин}+Э_{макс})$, и выбирают близкое к нему и удобное значение $Э_0$ на лимбе экзаменатора, которое принимается за условный нуль экзаменатора (оно соответствует исходному положению вертикальной оси вращения прибора когда наклон оси $\gamma=0$);

- от условного нуля с шагом 1' вычисляют установки лимба экзаменатора в пределах, указанных в паспорте поверяемого прибора.

7.10.3 Процесс измерений для определения погрешности работы компенсатора:

- на лимбе экзаменатора устанавливают очередной (i-вый) установочный отсчет, трубу поверяемого теодолита наводят на горизонтальную нить коллиматора и записывают отсчет $b_{j1}$ по вертикальному кругу поверяемого теодолита, затем сбивают отсчет на лимбе экзаменатора, снова его устанавливают, снова наводят теодолит и берут второй отсчет $b_{j2}$ по вертикальному кругу поверяемого теодолита (j=1,..., n), где n - число установочных отсчетов;

- первый установочный отсчет выбирают вблизи нижнего предела установленного в паспорте и заканчивают измерения на симметричном установочном отсчете у верхней границы;

- по завершении прямого хода начинают обратный, последовательно получая отсчеты $b^*_{j1}$ и $b^*_{j2}$.

7.10.4 Обработка измерений предусматривает для всех j = 1,..., n вычисления:

- значений

$$\underline{b}_j = 0{,}5(b_{j1} + b_{j2}), \qquad \underline{b}^*_j = (b^*_{j1} + b^*_{j2}), \qquad b_j = \frac{1}{2}(\underline{b}_j + \underline{b}^*_j);$$

- разности средних отсчетов $\Delta bj$, полученных для одного и того же угла наклона вертикальной оси поверяемого теодолита в прямом и обратных ходах

$$\Delta bj = b^*j - bj;$$

- средних значений из отсчетов прямого и обратного ходов

$$\underline{B}_j = 0{,}5(\underline{b}_j + \underline{b}^*_j);$$

- уклонений каждого их этих средних значений от среднего значения $B^0$, соответствующего положения вертикальной оси $\gamma$=0

$$\Delta B_j = \underline{B}_j - \underline{B}^0.$$

7.10.5 Находят рабочий диапазон компенсатора - тот симметричный относительно условного нуля диапазон, в котором для любой установки соблюдается условие

$$\Delta B_i - i\,10'' \le \sigma_k,$$

где i - номер установки по отношению к условному нулю;

$\sigma_k$ - нормируемая допустимая погрешность компенсатора для данного теодолита.

Числовое значение рабочего диапазона записывают в виде РД = ± Д, где Д - половина рабочего диапазона, выраженная в минутах дуги.

7.10.6 Систематическую погрешность $\delta_c$ работы компенсатора находят, используя разность крайних отсчетов в рабочем диапазоне по поверяемому теодолиту

$$\delta_c = \frac{\left(\underline{B}^+ - \underline{B}^-\right)}{2Д},$$

где $\underline{B}^+$ и $\underline{B}^-$ - средние значения по пункту 7.10 4, взятые для крайних точек в рабочем диапазоне. Чтобы уменьшить влияние случайных погрешностей используют три симметричные пары отсчетов на краю рабочего диапазона. Среднее принимается за окончательное значение $\delta_c$.

Случайную составляющую средней квадратической погрешности компенсации углов наклона вычисляют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} \Delta b_j^2}{2n}},$$

где $\Delta b_j$ вычисляется по пункту 7.10.4.

Пример определения диапазона работы и погрешности компенсатора приведен в приложении 3.

7.11 Определение средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла.

Среднюю квадратическую погрешность $m_\beta$ горизонтального угла определяют по результатам измерения горизонтального угла $\beta$, образованного направлениями на два коллиматора (автоколлиматора) или визирные марки. Угол $\beta$ должен быть в пределах $60^0$ - $120^0$, а разность

вертикальных углов двух визирных целей, между которыми измеряется угол - не менее $20^0$. Измерения проводятся 6 приемами с перестановкой лимба через $30^0$.

Перед проведением измерений теодолит устанавливают соосно с АК и приводят его в рабочее положение.

Измерение угла одним приемом производят в следующей последовательности:

а) наводят зрительную трубу теодолита на первую визирную цель и отсчитывают по горизонтальному кругу;

б) поворачивают алидаду по ходу часовой стрелки на величину измеряемого угла, наводят зрительную трубу на вторую визирную цель, отсчитывают по горизонтальному кругу;

в) переводят зрительную трубу через зенит, поворачивают алидаду по ходу часовой стрелки на $180^0$, наводят зрительную трубу на вторую цель и отсчитывают по кругу;

г) поворачивают алидаду по ходу часовой стрелки на величину дополнения измеряемого угла до $360^0$,наводят зрительную трубу на первую визирную цель и отсчитывают по кругу;

д) переставляют круг теодолита на $30^0$ и приступают к выполнению действий, описанных выше.

При выполнении измерений теодолитами типа Т15,Т30 и Т60 действия по подпунктам в и г не выполняются, а при выполнении действия по подпункту д перестановку осуществляют поворотом теодолита в подставке или с помощью повторительного устройства.

Значение $m_\beta$ вычисляют по формуле

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum \nu^2}{n-1}},$$

где $\nu$ уклонение каждого результата измерений горизонтального угла от его среднего значения;

n - число приемов.

Пример записи в журнале наблюдений и вычислений приведен в приложении И.

Значения $m_\beta$ допускается определять по величине отклонения от $360^0$ суммы трех углов $(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)$. В этом случае углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, образуются направлениями на вертикальные штрихи сеток коллиматоров ( автоколлиматоров ) или марок, устанавливаемых в точках $A_1$, $A_2$, $A_3$ на разных высотах с разницей углов наклона между направлениями в пределах от $-20^0$ до $+20^0$. Величины горизонтальных углов должны быть в пределах $90^0$ - $150^0$.

Измерения горизонтальных углов $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ выполняют двумя сериями по 3 приема в каждой. В серии лимб переставляют между приемами на $60^0$, а между сериями дополнительно на $30^0$.

Погрешность $\Delta\beta_i = (\beta_{1i} + \beta_{2i} + \beta_{3i}) - 360^0$, $\quad i=(1, .., 6)$

где $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \beta_{3i}$ - значения измеренных углов в каждом приеме.

Значение $m_\beta$ вычисляют по формуле

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta\beta^2}{3n}},$$

где n=6 - количество приемов.

В полевых условиях значение $m_\beta$ определяют по невязкам треугольников в контрольно-поверочной сети ( микротриангуляции ) по формуле

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i^2}{3n}},$$

где $W^2$- угловая невязка в треугольнике, полученная в $i$-м приеме;

n - число приемов.

7.12 Определение средней квадратической погрешности измерения вертикального угла.

Среднюю квадратическую погрешность $m_\alpha$ измерения вертикальных углов ($k \geq 3$) определяют в диапазоне от $-30^0$ до $+30^0$. Каждый угол задают парой коллиматоров, которые образуют одну оптическую ось и располагаются по обе стороны от теодолита.

Перед выполнением измерений теодолит устанавливают в створе коллиматоров соосно с ними в рабочее положение. Схема установки приборов приведена на рис. 4

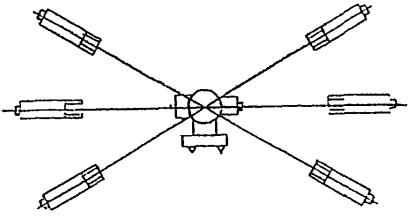


Рис.4

Измерение угла одним приемом производят в следующей последовательности:

- наводят последовательно трубу теодолита при круге лево на горизонтальные нити коллиматоров $К_{11}$, $К_{21}$, $К_{31}$, и после каждого наведения отсчитывают по вертикальному кругу, получая отсчеты $М'_{11}, М'_{21}, М'_{31}$;

- наводят трубу теодолита на горизонтальные нити сеток коллиматоров $К_{32}$, $К_{22}$, $К_{12}$, и после каждого наведения отсчитывают по вертикальному кругу, получая отсчеты $М'_{32}, М'_{22}, М'_{12}$;

- переводят трубу через зенит, поворачивают алидаду теодолита по ходу часовой стрелки на $180^0$, последовательно наводят зрительную трубу на коллиматоры $К_{12}$,$К_{22}$,$К_{32}$, затем после перевода зрительной трубы через зенит и после каждого наведения на $К_{31}$, $К_{21}$, $К_{11}$ отсчитывают по вертикальному кругу, получая отсчеты $М_{ij}$.

Выполняют 4 приема измерений.

При обработке результатов измерений вычисляют:

- место зенита (нуля) по формулам, приведенным в ИЭ;

- значение вертикального угла $\alpha_{i1,i2}$ для каждого коллиматора по формулам, приведенными в ИЭ, (здесь i - индекс взаимообратного направления);

- значения $m_\alpha$ по формуле:

$$m_\alpha = \sqrt{\frac{\sum \nu_i^2}{2nk}},$$

где $\nu_i = |\alpha_{i1}| - |\alpha_{i2}|$, $k$ - число углов, n - число приемов,

$\alpha_{i1,i2}$ - взаимообратные углы наклона.

При определении $m_\alpha$ для теодолитов типа Т5, Т15, Т30 и Т60 при вычислении вертикального угла $\alpha_{ji}$ необходимо ввести поправку за влияние эксцентриситета

Пример определения средней квадратической погрешности измерения вертикальных углов приведена в приложении И

Для теодолитов типов Т5, Т15, Т30 и Т60 допускается определять $m_\alpha$ по результатам измерения эталонных углов между коллиматорами. Погрешность измерения эталонного угла должна быть в 3 раза меньше допускаемой погрешности измерения угла поверяемым теодолитом При этом количество углов должно быть не менее 3, количество приемов - не менее 3

При обработке результатов измерений углов вводят поправки за влияние эксцентриситета вертикального круга. Значение $m_\alpha$ вычисляют по формуле

$$m_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta\alpha^2}{kn}},$$

где $\Delta\alpha_i = \alpha_{изм} - \alpha_{од}$, здесь $\alpha_{изм}$ - измеренное значение угла с учетом поправки за эксцентриситет;

$\alpha_o$ - эталонное значение угла;

n - число приемов; к - число углов.

Допускается уменьшенное количество к углов до 1-2 при условии наблюдений по выбранным направлениям тремя штрихами сетки (средней и дальномерными)

7.13 Проверка оптического отвеса.

Для проведения проверки теодолит устанавливают на штативе на высоте 1.5м над опорной поверхностью. Теодолит приводят в рабочее положение. На опорной поверхности в поле зрения оптического центрира кладут лист бумаги с миллиметровой оцифровкой.

При проведении проверки фиксируют на миллиметровой бумаге проекцию креста нитей оптического центрира, затем повернув алидаду на $180^0$, повторно отмечают положение проекции креста нитей. Линейное расстояние между двумя зафиксированными точками должно быть не более 1 мм.

В случае невыполнения этого требования выполняют юстировку сетки нитей отвеса и повторяют проверку.

7.14 Определение угла между визирной осью зрительной трубы и осью уровня при трубе

Методика проверки аналогична определению угла i у нивелиров, ниже приведен один из способов ее осуществления.

В полевых условиях угол i определяют нивелированием точек 1 и 2, закрепленных на линии 40-60 м. Теодолит устанавливают посредине линии приводят в рабочее положение, наводят средней нитью теодолита на рейки, при этом пузырек уровня на трубе должен быть в середине ампулы, и берут отсчеты по рейкам $l_1$ и $l_2$. Устанавливают теодолит в точку 3, удаленную от точки 2 на 5-8 м, и берут отсчеты $l_1'$, $l_2'$ по рейкам.

Значение угла i вычисляют по формуле

$$i = \frac{\left[\left(l_1' - l_2'\right) - \left(l_1 - l_2\right)\right]\rho''}{D_1 - D_2},$$

где $D_1$ - расстояние от нивелира до точки 1;

$D_2$ - расстояние от нивелира до точки 2.

Точку 3 можно располагать между точками 1 и 2 или на продолжении их створа (за т. 2)

## 8. Оформление результатов поверки

8.1 Результаты поверки заносятся в протоколы, форма которых дана в рекомендуемом приложении И.

8.2 На основании положительных результатов поверки теодолит признается годным к применению и на него устанавливают нормы с указанием фактических результатов определения метрологических характеристик.

8.3 Отрицательные результаты поверки влекут за собой запрещение применения теодолита в эксплуатации на основании извещения о непригодности, оформляемого в соответствии с ПР 50.2.006-94. Свидетельство о предыдущей поверке аннулируется.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А
(справочное)

**Перечень буквенных обозначений и сокращений, встречающихся в МИ**

| Буквенное обозначение | Полное название |
|---|---|
| $\beta$ | Горизонтальный угол |
| $\alpha$ | Вертикальный угол |
| $\mu$ | Цена деления шкалы (лимба) |
| $\tau$ | Цена деления уровня |
| $r_г$, $r_в$ | Рен отсчетной системы |
| $\tau_м$ | Цена деления окулярного микрометра |
| $Л_у$, $П_у$ | Отсчеты по левому и правому концам ампулы уровня |
| Л, П | Отсчет по лимбу |
| КЛ, КП | Отсчеты по лимбу при положении вертикального круга слева и справа |
| АК | Автоколлиматор, ГМС |
| К | Коллиматор |
| ИЭ | Инструкция по эксплуатации СИ |
| С | Коллимационная погрешность |
| МО | Место нуля вертикального круга |
| МЗ | Место зенита |
| D | Расстояние (длина линии) |
| СКП | Средняя квадратическая погрешность измерений |
| $\upsilon$ | Уклонение результата в отдельном цикле от среднего их n приемов |
| $\Delta$ | Истинная погрешность |
| W | Невязка |
| n | Число приемов |
| к | Число направлений, углов, граней призмы |
| $К_д$ | Коэффициент дальномера |
| $\varphi$ | Установка лимба |
| $i$ | Неперпендикулярность горизонтальной и вертикальной осей теодолита |

## Допустимые значения метрологических характеристик теодолитов

| Наименование характеристики | Т1 | 2Т2 | 3Т2 | 2Т5 | 3Т5 | Т15 | Т30 | 2Т30 | Т60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Цен отсчетной системы | | | | | | | | | |
| гор. г" | 0 6 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 6.0 | - | 15 | - |
| вер. г" | 0.8 | 2.0 | 2.0 | 2 0 | 2.0 | 6.0 | - | 15 | - |
| Эксцентриситет алидады горизонтального круга | 20 | 45 | 45 | 45 | 45 | 30 | | | 60 |
| Эксцентриситет горизонтального круга | 10 | 15 | 15 | 15 | 30 | 30 | 30 | 30 | 60 |
| Максимальное влияние эксцентриситета вертикального круга | | | | 10 | 10 | 15 | 30 | 30 | 45 |
| Диапазон работы компенсатора | - | - | ±4 | ±4 | ±4 | - | - | - | - |
| Систематическая погрешность работы компенсатора на 1' наклона | | | 0.8" | 2" | 1.5" | | | | - |
| Коэффициент нитяного дальномера | | 100±1 | 100±1 | 100±1 | 100±1 | 100±1 | 100±1 | 100±1 | 100±1 |
| Непараллельность виз. оси центрира оси вращения на S=1.5 м, мм алидады | - | 0.5 | 0.5 | 0 5 | 0.5 | 0.5 | - | - | - |
| СКП измерения: | | | | | | | | | |
| гор. угла | 1 3 | 2 0 | 2.0 | 5 | 5 | 15 | 30 | 20 | 60 |
| вер. угла | 2 | 3 | 2.5 | 10 | 7 | 20 | 45 | 30 | 60 |

## Установки горизонтального круга по типам теодолитов

Таблица 1

| Номер становки | Прямой ход | | Номер установок | Обратный ход | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Т1,УВК | Т2 | | Т1,УВК | Т2 |
| 1 | $0^0 00'$ | $0^0 00'$ | 16 | $22^0 40'$ | $22^0 20'$ |
| 2 | 45 10 | 45 20 | 15 | 67 50 | 67 40 |
| 3 | 90 20 | 90 40 | 14 | 112 00 | 112 00 |
| 4 | 135 00 | 135 00 | 13 | 157 10 | 157 10 |
| 5 | 180 40 | 180 20 | 12 | 202 20 | 202 40 |
| 6 | 225 50 | 225 40 | 11 | 247 30 | 247 00 |
| 7 | 270 00 | 270 00 | 10 | 292 40 | 292 20 |
| 8 | 315 10 | 315 20 | 9 | 337 50 | 337 40 |

Таблица 2

| Номер установки | Прямой ход установки | | Номер установки | Обратный ход установки | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Т1, УВК | Т2 | | Т1, УВК | Т2 |
| 1 | $80^0 00'$ | $80^0 00'$ | 16 | $83^0 40'$ | $83^0 20'$ |
| 2 | 82 10 | 82 20 | 15 | 85 50 | 85 40 |
| 3 | 84 20 | 84 40 | 14 | 87 00 | 87 00 |
| 4 | 86 30 | 86 00 | 13 | 89 10 | 89 20 |
| 5 | 88 40 | 88 20 | 12 | 91 20 | 91 40 |
| 6 | 90 50 | 90 40 | 11 | 93 30 | 93 00 |
| 7 | 92 00 | 92 00 | 10 | 95 40 | 95 20 |
| 8 | 94 10 | 94 20 | 9 | 97 50 | 97 40 |

## Пример определения рена

Дата: 24. 12.99

Теодолит Т1 №0005
Горизонтальный круг
$\mu = 10'$

| Прямой ход | | | | | | Обратный ход | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varphi$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $r_{1в}$<br>$r_{1н}$ | $\lvert\delta A_j\rvert$ | $\varphi$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $r_{1в}$<br>$r_{1н}$ | $\lvert\delta A_j\rvert$ |
| $0^0 00'$ | 59.0" | 0.4" | 0.0" | | 0.4" | $22^0 40'$ | 0.8" | 0.9" | 0.7" | | 0.7 |
| | 59.4 | 0.1 | 0 4 | | 0 3 | | 0.2 | 0 9 | 0.5 | | 0.0 |
| | | | | | 0 4 | | | | | | 0.4 |
| | 59.2 | 0.2 | 0.2 | -1.0" | | | 0.5 | 0.9 | 0.6 | -0.4' | |
| | | | | -1.0 | | | | | | -0.1 | |
| $45^0 10'$ | 58.9 | 59.5 | 59.4 | | 0.1 | $67^0 50'$ | 0.7 | 1.2 | 1.0 | | 0.3 |
| | 59.0 | 58 5 | 59.1 | | 0 5 | | 0 4 | 1.4 | 0.9 | | 0.2 |
| | 58.8 | 58.8 | 59.2 | 0 0 | 0.3 | | 0.6 | 1.3 | 1.0 | -0.7 | 0.1 |
| | | | | -0.4 | | | | | | -0.4 | |
| $90^0 20'$ | 0.2 | 1.0 | 0.8 | | 0.2 | $112^0 00'$ | 0.0 | 1.2 | 0.9 | | 0.5 |
| | 0.4 | 0.6 | 0.5 | | 0.4 | | 0.5 | 0 7 | 0.7 | | 0.5 |
| | 0.3 | 0.8 | 0.6 | -0.5 | 0.3 | | 0.2 | 1.0 | 0.8 | -0.8 | 0.2 |
| | | | | -0.3 | | | | | | -0.6 | |
| $315^0 10'$ | 0.6 | 1.4 | 1.1 | | 0.3 | $337^0 50'$ | 0.1 | 0.2 | 0.6 | | 0.1 |
| | 0 3 | 1.2 | 0 7 | | 0.2 | | 0.2 | 0.4 | 0.3 | | 0.2 |
| | 0.4 | 1.3 | 0.9 | -0 9 | 0.4 | | 0.2 | 0.3 | 0.4 | -0.1 | 0.3 |
| | | | | -0.5 | | | | | | -0.2 | |

$\Sigma\delta A_j = 3,12"$

$\Sigma r_{1в} = -5,12$
$\Sigma r_{1н} = -4,16$

Рен верхнего изображения $r_в = -0,32$
Рен нижнего изображения $r_н = -0,26$
$\Delta r = -0,06$
Среднее значение рена горизонтального круга
$r = -0,29"$

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

## Пример определения цены деления окулярного микрометра

Дата: 17.12.99

Теодолит Т1 № 0004
$\tau = 1''$
$\alpha = 0^0 00'$

II прием
$\varphi = 45^0 15'$ $A = 2'$

| Прямой ход | | Обратный ход | | Среднее | | $\Delta M_к$ | $\Delta A_к$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_i$ | Ai | M | A | $M_{ср}$ | $A_{ср}$ | | |
| $M_к$ | $A_к$ | $M_к$ | $A_к$ | | | | |
| 26.6 | 13.0 | 25.3 | 13.4 | | | | |
| 25.2 | 13.4 | 25.7 | 13.6 | | | | |
| 25.2 | | 25.2 | | | | | |
| 25.00 | 13.20 | 25.40 | 13.50 | 25.20 | 13.35 | +22 71 | -23.00 |
| .... | | | | 10.05 | 28.85 | +7.56 | -7.50 |
| .... | | | | 95.12 | 43.80 | -7.37 | +7.45 |
| 79.7 | 59.2 | 79.4 | 59.6 | | | | |
| 79.8 | 58.8 | 779.2 | 00.0 | | | | |
| 79.8 | | 79.7 | | | | | |
| 79.77 | 59.00 | 79.43 | 59.80 | 79.60 | 59.40 | -22.89 | +23.05 |

$\Sigma \Delta M_к \times \Delta A_к = 1161.551$
$\Sigma \Delta A^2_к = 1151.168$

$\underline{M} = 02\ 49$
$\underline{A} = 36\ 35''$

Цена деления $\tau_{мj}$ окулярного микрометра во II приеме:

$$\tau_{мj} = \frac{\sum \Delta M \times \Delta A}{\sum \Delta A^2} = \frac{1161.551}{1151.168} = 1.009$$

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

## Пример записи измерений при определении эксцентриситета алидады горизонтального круга

Дата: 15.11.99

Теодолит Т5 № 02114
Автоколлиматор АК-0.25
№ 05
Многогранная призма с
n=8 гранями

| Номера установки | Прямой ход | | | Обратный ход | | | $\beta_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\varphi_i$ | $\varphi'_{i+180}$ | $\delta^{n}_{i}$ | $\varphi_i$ | $\varphi'_{i+180}$ | $\delta_i^{обр}$ | |
| $0^0$ | 0′52″ | 1′42″ | +50″ | 0′49″ | 1′39″ | +50″ | +40″ |
| 45 | 50″ | 46″ | +56″ | 48″ | 48″ | +60″ | +36″ |
| 90 | 48″ | 48″ | +60″ | 42″ | 46″ | +64″ | +52″ |
| 135 | 50″ | 0′22″ | -28″ | 45″ | 0′17″ | -28″ | -26″ |
| ... | | | | | | | |
| ... | | | | | | | |
| 315 | 40″ | 1′03″ | +28″ | 44″ | 1′14″ | +30″ | +26″ |

Вычисление значений $\delta_i$

| Номера установки | $\delta^{1n}_{i}$ | $\delta^{2n}_{i}$ | $\delta^{1обр}_{i}$ | $\delta^{2обр}_{i}$ | $\delta^{ср}_{i}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | +10 | +14 | +14 | +10 | +12 |
| 45 | +20 | +26 | +26 | +24 | +24 |
| 90 | +8 | +8 | +12 | +12 | +10 |
| 135 | -2 | -6 | -6 | -2 | -4 |
| ... | | | | | |
| ... | | | | | |
| 315 | +2 | +6 | +4 | +4 | +4 |

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

## Пример определения максимального влияния эксцентриситета вертикального круга

Дата: 15.11.99

Теодолит Т5 № 02114
Коллиматор 1-АК-0.23 №
Коллиматор 2-АК-0.25 №
$\alpha=0^0 16'$

минуты

| № приема | $Л_i$ | $П_i$ | $Л_i-П_i$ | $\Delta\varepsilon_{max}=\frac{1}{2}(Л_i-П_i)$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 15.6 | 16.2 | -0.6 | -0.30 |
| 2 | 15.7 | 16.1 | -0.4 | -0.20 |
| 3 | 15.6 | 16.1 | -0.5 | -0.25 |
| 4 | 15.8 | 16.2 | -0.4 | -0.20 |
| 5 | 15.8 | 16.1 | -0.3 | -0.15 |
| 6 | 15.6 | 16.0 | -0.4 | -0.20 |

Среднее $\varepsilon_{max} = -0.22' = -13.2''$

Поправка за влияние эксцентриситета на угол, измеренный при двух положениях вертикального круга

$$\varepsilon_{ВК} = \varepsilon_{max} \times \cos\alpha = -13'' \cos\alpha$$

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

## Пример определения диапазона работы и погрешности работы компенсатора углов наклона при вертикальном круге

ата 20.12.99

Теодолит 3Т5КП № 12501
Автоколлиматор АК-0.25
Наклон с помощью экзаменатора через интервал 0.5′

| | | Наклон в продольном направлении | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Прямой ход | | | Обратный ход | | | | | |
| | $\vartheta_i$ | $\nu_1'$ | $\nu_2'$ | $\nu_j'$ | $\nu_1''$ | $\nu_2''$ | $\nu_j''$ | $\nu_j$ | $\delta\nu_j$ | $\Delta\nu_j$ |
| | +4′ | 8.3″ | 7.9″ | 8.1″ | 8.0 | 9.4″ | 8.7″ | 8.4″ | +2.0″ | -0.6 |
| | +3.5 | 8.2 | 9.6 | 8.9 | 8.9 | 8.0 | 8.4 | 8.6 | +2.2 | +0.5 |
| | +3 | 8.0 | 7.5 | 7.8 | 7.0 | 7.8 | 7.4 | 7.6 | +1.2 | +0.4 |
| | +2.5 | 6.3 | 5.6 | 6.0 | 8.4 | 8.0 | 8.2 | 7.1 | +0.7 | -1.8 |
| 4 | +2 | 5.9 | 7.5 | 6.7 | 6.0 | 7.8 | 6.9 | 6.8 | +0.4 | -0.2 |
| 5 | +1.5 | 8.2 | 6.4 | 7.3 | 6.0 | 6.6 | 6.3 | 6.8 | +0.4 | +1.0 |
| 7 | +1 | 7.2 | 6.1 | 6.6 | 7.0 | 8.1 | 6.0 | 6.3 | -0.1 | +0.6 |
| 8 | +0.5 | 5.4 | 7.4 | 6.4 | 7.0 | 6.4 | 6.7 | 6.6 | +0.2 | -0.3 |
| 9 | 0 | 6.2 | 6.8 | 6.5 | 6.0 | 6.9 | 6.4 | 6.4 | 0.0 | +0.1 |
| 10 | -0.5 | 6.3 | 5.6 | 6.0 | 7.4 | 6.5 | 7.0 | 6.5 | +0.1 | -1.0 |
| 11 | -1 | 5.5 | 6.6 | 6.0 | 7.1 | 5.9 | 6.5 | 6.2 | -0.2 | -0.5 |
| 12 | -1.5 | 6.0 | 5.5 | 5.8 | 5.6 | 7.2 | 6.4 | 6.1 | -0.3 | -0.6 |
| 13 | -2 | 7.2 | 6.7 | 7.0 | 5.9 | 4.3 | 5.1 | 6.0 | -0.4 | +1.9 |
| 14 | -2.5 | 6.1 | 5.3 | 5.7 | 5.0 | 5.2 | 5.1 | 5.4 | -1.0 | +0.6 |
| 15 | -3 | 4.0 | 5.8 | 4.9 | 5.9 | 5.2 | 5.6 | 5.2 | -1.2 | -0.7 |
| 16 | -3.5 | 4.7 | 5.5 | 5.1 | 5.4 | 4.9 | 5.2 | 5.2 | -1.2 | 0.1 |
| 17 | -4 | 4.0 | 5.4 | 4.7 | 3.6 | 4.3 | 4.0 | 4.4 | -2.0 | +0.7 |

Характеристики компенсатора, вычисляемые в соответствии с п.7.10

ДК = ±4′ $\qquad |\delta\nu_j| \le 6''$

$\delta_c = 0.6''$

$m_\kappa = 0.6''$

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Приложение И
(рекомендуемое)

## Пример определения средней квадратической погрешности $m_\beta$ измерения горизонтального угла

Дата:12.10.99
Время: $10^h30^m$
$T=+20.5^0$

Теодолит Т2 № 102015
Угол $\beta=85°40'$ задан
двумя коллиматорами
$\alpha_1=+0°02'$
$\alpha_2=+25°16'$

а) Пример записи в журнале измерений
(фрагмент)

| № приема | Коллиматор | Отсчеты горизонтального круга Л ° ′ ″ | П ° ′ ″ | Л-П | $\frac{1}{2}$(Л-П) | β |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IV | 1 | 00 00 16.4 | 210 00 18.2 | -1.8″ | 17.3″ | 08.3″ |
| | 2 | 115 40 23.7 | 295 40 27.5 | -3.8 | 25 6 | |
| V | 1 | 45 01 12.2 | 225 01 14.4 | -2.2 | 13.3 | 10.4 |
| | 2 | 130 41 21.7 | 310 41 25.7 | -4.0 | 23.7 | |

б) Вычисление средней квадратической погрешности

| № приема | β | υ |
|---|---|---|
| 1 | 85° 40′ 06 8″ | -2.4″ |
| 2 | 07.2 | -2.0 |
| 3 | 09.7 | +0.5 |
| 4 | 08.3 | -0.9 |
| 5 | 10.4 | +1 2 |
| 6 | 09.2 | -0.0 |
| 7 | 10.6 | +1.4 |
| 8 | 12.0 | +2.8 |
| 9 | 11.2 | +2.0 |
| 10 | 09.2 | -0.0 |
| 11 | 07.2 | -2.0 |
| 12 | 08.4 | -0.8 |
| | $\beta_{ср}=85^040'09.2''$ | $[\upsilon^2]$ 31 70 |

$m=\pm1.7''$

Вычисления произвел _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Вычисления проверил _____ (Подпись) _____ (Имя, отчество, фамилия)

Приложение К

Протокол поверки №_____ от _____

Геодолит №_____
Принадлежащий _____
Проверка проведена при температуре_____°С

---

**Внешний осмотр**

| № п/п | Наименование операции | Отметка о соответствии | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | Проверка наличия правильности маркировки на приборе и футляре | | |
| 2 | Проверка комплектности | | |
| 3 | Проверка отсутствия (наличия) механических повреждений | | |
| 4 | Проверка отсутствия (наличия) коррозии | | |
| 5 | Проверка равномерного освещения и чистоты поля зрения оптических систем | | |

**Опробование**

| № п/п | Наименование требований | Отметка о соответствии | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | Работоспособность замков, прижимов и винтов, фиксирующих прибор в футляре | | |
| 2 | Плавность и легкость вращения всех подвижных частей | | |
| 3 | Работоспособность закрепительных и наводящих винтов | | |
| 4 | Фиксация зеркала подсветки и поворотной призмы контактного уровня в заданном положении | | |
| 5 | Работоспособность электроосвещения | | |
| 6 | Равномерное освещение поля зрения оптических систем | | |
| 7 | Работоспособность табло (у электронных. теодолитов) | | |
| 8 | Параллакс отсчетного микроскопа | | |
| 9 | Смещение пузырька цилиндрического (круглого) уровня при вращении теодолита | | |
| 10 | Отклонение вертикальной оси от среднего положения | | |
| 11 | Наклон сетки нитей | | |
| 12 | Коллимационная погрешность | | |
| 13 | Место нуля (зенита) | | |
| 14 | Программа тест-контроля (у электронных теодолитов) | | |

Определение метрологических характеристик

| № п/п | Наименование характеристики | Значение параметра | | Отметка о соответствии |
|---|---|---|---|---|
| | | фактическое | допустимое | |
| | В соответствии с таблицей 1 | | | |

На основании результатов поверки прибор допускается (не допускается) к применению по типу_____ по ГОСТ 10529 _____

Поверитель _____ _____
подпись имя, отчество, фамилия

Группа П49

Изменения № 1 к МИ БГЕИ 08-00.

Утверждено приказом по ЦНИИГАиК № 07п от 5 января 2003 г.

| | |
|---|---|
| Теодолиты. | Изменения № 1 |
| Методика поверки | Впервые |

В действующую методику МИ БГЕИ 08-00 «Теодолиты. Методика поверки» внести следующие изменения:

1. Титульный лист. Дать обозначение: МИ БГЕИ 08-00.
2. Пункт 7.4, страница 9, 4-ая строка сверху, 5-ая строка сверху Убрать скобки.
3. Пункт 7.4, страница 9, 6-ая строка сверху. Формулу записать в следующем виде:

$$\tau_{mj}=\frac{\sum \Delta M \cdot \Delta A}{\sum \Delta A^2}$$

4. Приложение Б, пункт "Непараллельность визирной оси центрира оси вращения алидады на S=1,5 м, мм." В графах 2Т2, 3Т2 указать 1,0; в графах 2Т5, 3Т5, Т15 указать 2,0.

gost.e-ecolog.ru