

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА" НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ, АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ им. Ф.Н. КРАСОВСКОГО

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

СВЕТОДАЛЬНОМЕРЫ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.

МИ БГЕИ 15-03

Москва
ЦНИИГАиК
2003 г.

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И
КАРТОГРАФИИ РОССИИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА"
НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕОДЕЗИИ, АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ
им. Ф.Н. КРАСОВСКОГО

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА

СВЕТОДАЛЬНОМЕРЫ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.

МИ БГЕИ 15-03

Москва
ЦНИИГАиК
2003 г.

Предисловие

1 **РАЗРАБОТАНА** ФГУП Центральным ордена "Знак почета" научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъёмки и картографии им. Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК).

Директор института	Н.Л. Макаренко
Руководитель темы, зав. ОСМОГИ	А.И. Спиридонов
Зав. лаб. метрологического обеспечения	Ф.В.Широв
Отв. Исполнитель	Р.А.Татевян

2 **РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА** подкомитетом по стандартизации ПК4 Технического комитета ТК 404 «Геодезия и картография»(протокол № 4 от 28.февраля 2002 г.)

3 **ПРИНЯТА** НТУ Роскартографии (исх. № 4-09-1598 от 28 мая 2002 г.).

Начальник НТУ	В.Н.Александров

4 **УТВЕРЖДЕНА И ВВЕДЕНА** в действие Приказом Головной организации метрологической службы отрасли (ФГУП ЦНИИГАиК) № 44 от 4 июня 2003 г.

5 **ВВЕДЕНА** взамен **МИ БГЕИ 15-93**

© Роскартография, 2003

СТАНДАРТ ОТРАСЛИ

Светодальномеры
Методы и средства поверки

Дата введения 2003-09-01

1 Область применения

Настоящая методика распространяется на светодальномеры и светодальномерные насадки, выпускаемые по ГОСТ 19223, также светодальномерную часть электронных тахеометров, выпускаемые по ГОСТ Р 51774 (далее - светодальномеры), а также другие светодальномеры (в том числе иностранного производства) равноценные им по точности, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 7502-89 Рулетки измерительные металлические. Технические условия;

ГОСТ 19223-90 Светодальномеры. Общие технические условия;

ГОСТ Р 51774-01 Электронные тахеометры. Общие технические условия;

ПР 50.2.006-94 Порядок проведения поверки средств измерений;

ПР 50.2.012-94 Порядок аттестации поверителей средств измерений;

РД 68-8 17-98 Локальные поверочные схемы (ЛПС) для средств измерений (СИ) топографо-геодезического и картографического назначения;

ПТБ-88 Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах

3 Метрологические характеристики, подлежащие поверке

3.1 Допустимая средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения расстояния одним приемом представляется формулой

$$m_D = \mathbf{a} + \mathbf{b}\cdot 10^{-6} D \qquad (1)$$

где **a** -параметр, характеризующий составляющие СКП измерения, не зависящие от расстояния, мм;

b -параметр, характеризующий составляющие СКП измерения, зависящие от расстояния;

D -измеряемое расстояние, мм.

Нормы на указанные величины устанавливаются по ГОСТ 19223, ГОСТ Р 51774, по эксплуатационной документации.

3.2 Относительное отклонение масштабной частоты кварцевых генераторов от номинала.

Норма – не более $0{,}5\cdot 10^{-6}\mathbf{b}$.

3.3 Среднее квадратическое отклонение циклической погрешности.

Норма для учета – не более 2**a**.

Норма для не учета – $\leq 0{,}4\mathbf{a}$.

3.4 Приборная поправка.

Значение приборной поправки не нормируется.

СКП определения приборной поправки – не более 0,5**а**.

3.5 Погрешность оптического (лазерного) центрира. Норма - не более 0,5**а**.

4 Операции поверки

Таблица 1

Наименование операции	№ пп методики	Типы приборов	Определение операций при поверке	
			первичной	периодической
1	2	3	4	5
1 Внешний осмотр и проверка комплектности	8.1	все	да	да
2 Опробование				
2.1 Проверка взаимодействия отдельных подвижных узлов и функционирования прибора	8.2	все	да	да
2.2 Проверка правильности установки уровня	8.3	все	да	да
2.3 Проверка параллельности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси приемопередатчика прибора	8.4	все	да	да
3 Определение метрологических характеристик				

1	2	3	4	5
3.1. Определение СКП измерения расстояния одним приемом	8.5	все	да	да
3.2 Определение относительного отклонения масштабной частоты генератора от номинала	8.6	все*)	да	по мере необходимости**)
3.3 Определение среднего квадратического уклонения циклической погрешности	8.7	все	да	то же
3.4 Определение приборной поправки	8.8	все	да	-"-
3.5 Проверка встроенного оптического (лазерного) центрира прибора	8.9	все	да	да

*) Все типы приборов. у которых имеется место для подключения частотомера.

**) Необходимость возникает в случае несоответствия определенной СКП измерения (п.3.1 таблицы) требованиям п.3.1 методики.

5 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться следующие средства поверки:

Таблица 2

№ пункта МИ	Наименование средства поверки и его метрологические характеристики	НД
8.5	Отдельные эталонные линии (не менее 4-х) примерно равномерно расположенных в диапазоне расстояния составляющего не менее 60% от максимального расстояния измеряемого прибором.	ГОСТ 19223
	СКП линий должна быть не более 0,5 m_D для светодальномеров типа СП и СГ (Та2), и не более 0,33 m_D для СТ (Та5 и Та20)	
	Например: отрезки эталонных базисов 1-3 разряда	РД 68-8.17
8.6	Частотомер с диапазоном измерения частоты включающем в себя масштабную частоту поверяемого прибора, и с относительной стабильностью частоты не хуже $0{,}3 \cdot 10^{-6}$**b**.	
	Например: Ч3 - 54	И 22721032 ТУ
8.7	Рулетки, линейки, другие СИ, позволяющие измерять линейные отрезки длиной от 0,2 до 25 м с погрешностью не более 0,2**а**.	
	Пример: рулетка измерительная металлическая 3 разряда, длиной 30 м	ГОСТ 7502
8.8	Отдельные эталонные линии длиной от 10 до 200 м, СКП которых не должна быть более 0,4**а** для светодальномеров типа СП, СГ и тахеометров типа Та2, и не более 0,27**а** для светодальномеров типа СТ и тахеометров типа Та5 и Та20.	
	Например: отрезки эталонных базисов 1-3 разряда	РД 68-8.17

Продолжение табл 2

8 5,8.8	Психрометры аспирационные, позволяющие измерять температуру с погрешностью не хуже 0,2 °С	
	Например: психрометр аспирационный МВ-4М	ТУ Л182 844.000
8 5;8 8	Барометры. позволяющие измерять давление воздуха с погрешностью не хуже 0,5 мм рт. ст..	
	Например: барометр анероид М 67	ТУ 25-04-1797-75

6 Требования безопасности

6.1 При работе с приборами в полевых условиях следует руководствоваться "Правилами по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88)", утвержденными постановлением Коллегии Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР от9 февраля 1989 г. за № 2/21.

6.2 При работе с зарядным устройством, входящим в комплект прибора, следует руководствоваться "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденными начальником Госэнергонадзора в 1988 г.

7 Условия проведения поверки и подготовка к ней

7.1 При проведении проверок в лабораторном помещении температура воздуха должна находиться в пределах 15 - 25° С, относительная влажность не более 80%.

7 2 При выполнении какой либо проверки изменение температуры не должно превышать ±2° С.

7 3 Метеорологические условия при проведении проверок в полевых условиях должны соответствовать следующим требованиям:

- параметры температуры, давления и влажности воздуха должны находиться в рабочем диапазоне величин, установленных для работы прибора;
- прямые солнечные лучи не должны попадать на прибор:
- скорость ветра не должна превышать 4 м/с;
- осадки должны полностью отсутствовать;
- скорость изменения температуры не должна превышать 3°/час.

7.4 Перед началом поверки все участвующие в ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

7.5 Все средства измерений должны иметь свидетельства о поверке.

7.6 К проведению поверки допускаются лица, имеющие среднее или высшее геодезическое образование, аттестованные в качестве поверителя в соответствии с правилами по метрологии (ПР50.2.012) и изучившие эксплуатационные документы на данный тип прибора.

8 Проведение поверки

8.1 Проверка внешнего состояния и комплектности прибора выполняется осмотром. При осмотре должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- прибор, отражатели, футляры и другие составные части комплекта не должны иметь механических повреждений;

-оптические системы должны обеспечивать четкие изображения наблюдаемых объектов. поверхности оптических деталей должны быть чистыми, без пятен, царапин, следов расклейки и сколов;

- комплектность должна соответствовать комплекту поставки, приведенному в эксплуатационной документации.

8.2 Проверка взаимодействия отдельных подвижных узлов и проверка функционирования прибора осуществляется опробованием:

• проверяются: исправность замков, прижимов и винтов, фиксирующих прибор в футляре, отсутствие качания в подъемных винтах подставки прибора; легкость и плавность хода подвижных частей, а также закрепительных и наводящих винтов прибора;

• проверяется пригодность для работы источника питания путем фиксирования его состояния на табло;

• проверяется, после включения, соответствие режимов работы прибора установленным требованиям;

8.3 Проверка правильности установки уровня выполняется следующим образом.

Предварительно прибор приводят в горизонтальное положение. Цилиндрический (или электронный) уровень поворотом алидады прибора устанавливается вдоль двух подъемных винтов, этими винтами приводят пузырек уровня (в том числе электронного) в середину. Поворачивают алидаду прибор на 180^{o}. Если пузырек отклонился от середины более чем на одно деление, то возвращают его в середину, сместив пузырек на половину подъемными винтами

прибора и на половину исправительными винтами уровня. При необходимости повторяют юстировку.

Пузырек круглого уровня устанавливают в середину исправительными винтами круглого уровня после тщательного выравнивания прибора по цилиндрическому уровню.

8.4 Проверка параллельности визирной оси зрительной трубы и энергетической оси приемопередающего канала прибора выполняется в соответствии с указаниями ЭД.

В случае, если оптические оси систем визирования и приемопередатчика разнесены, следует воспользоваться специально изготовленной из картона маркой, на которой наносят крест (визирная цель), марку закрепляют на отражателе таким образом, чтобы расстояние от центра отражателя до креста равнялось расстоянию между оптическими осями визирной системы и приемопередатчика прибора.

8.5 Определение СКП измерения расстояния прибором одним приемом.

8.5.1 Определение СКП выполняют путем измерения не менее 4 эталонных линий в диапазоне не менее 60% от верхнего предела измерений, обеспечиваемого данным прибором.

Погрешность этих линий должна быть не более указанных в таблице 2.

8.5.2 Каждую линию измеряют не менее, чем 4 приемами. Порядок измерения линии, а также состав и количество операций, входящих в один прием, определяют в соответствии с указаниями ЭД.

8.5.3 Вычисляют СКП измерения одним приемом для каждой линии в миллиметрах по формуле:

$$m_{D\,изм} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}, \qquad (2)$$

где Δ - разность между результатом измерения линии каждым приемом и эталонным значением ее ($D_{изм}$ - D_0),

n - число приемов.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если для каждой линии выполняется условие $m_{D\,изм} \leq m_D$, где m_D - допустимая СКП измерения , вычисляемая по формуле, приведенной в 3.1.

Смотри пример 1 в приложении А.

8.5.4 В случае, если $m_{D\,изм} > m_D$ на одной или двух линиях, то результаты измерений подвергаются регрессионному анализу. Вычисляют параметры $\mathbf{a}_{изм}$ и $\mathbf{b}_{изм}$ по формулам, приведенным в приложении Б. Если каждый из них буде равен или меньше соответствующих допустимых параметров (см. п.3.1), то результаты проверки считают удовлетворительными.

Смотри приложение Б.

В случае, если $m_{D\,изм} > m_D$ на 3-х линиях и более, то результаты поверки считаются неудовлетворительными.

8.5.5 В случае неудовлетворительных результатов поверки по пп. 8.5.3 и 8.5.4 выполняют поверку по пп. 3.2, 3.3 и 3.4.

8.6 Определение относительного отклонения масштабной частоты генератора от номинала.

Данное определение выполняется только на приборах, в электронных схемах которых предусмотрены специальные выходы для подключения частотомера.

Измерения выполняются в соответствии с ЭД.

Проверяемый прибор устанавливают в рабочее положение. к контактам подсоединяется частотомер, находящийся в рабочем состоянии (в соответствии с ЭД). Проверяемый прибор включают и после выхода его в рабочий режим, по частотомеру берут 10 отсчетов значения масштабной частоты. Вычисляют среднее значение $f_{ср}$ и уклонение от номинального значения указанного в ЭД: $\Delta f = f_{ср} - f_{ном}$. (Учет температуры выполняют в соответствии с требованиями ЭД). Определяют величину относительного отклонения: $\alpha = \Delta f / f_{ном}$, которая не должна превышать величину $0{,}5 \cdot 10^{-6}$**b**. Если она ее превышает, то выставите ее в номинал.

8.7 Определение среднего квадратического уклонения циклической погрешности(СКУ ЦП).

8.7.1 Для определения СКУ ЦП используется полевой или лабораторный компаратор, на котором имеется возможность фиксировать одиннадцать положений отражателя. Все намеченные точки должны находиться в створе с погрешностью не превышающей 10 мм.

Расстояние от прибора до компаратора А = 5 — 25 м. На компараторе наносятся 10 отрезков (11 точек), длина каждого отрезка равная $d = 0{,}05\lambda$, может колебаться в пределах 10%. Погрешность измерения каждого отрезка не хуже 0,2**a**. λ - длина волны модулирующей частоты светодальномера.

8.7.2 Выполняют измерение линий при установке отражателя на всех 11 точках тремя приемами в прямом $D_{пр}$ и тремя приемами в обратном $D_{обр}$ направлении. Вычисляют СКП выполненных измерений по формуле:

$$m_\delta = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{4\mathbf{n}}}, \qquad (3)$$

где δ - разность двойных измерений, выполненных в одной точке $D_{пр}$ - $D_{обр}$;

величина m_Δ не должна превышать 0,2**а**. В противном случае выполняют дополнительную серию измерений в одном направлении и из всех результатов измерений в каждой точке берут среднее.

8.7.3 Вычисляют СКУ ЦП:

$$m_ц = \sqrt{\frac{[\Delta C \Delta C]}{n}} \qquad (4)$$

Смотри пример №1 в приложении В.

Если $m_ц \le 0{,}4\mathbf{a}$, то график поправок не составляется, и в дальнейших измерениях поправки не учитываются;

Если $2\mathbf{a} > m_ц > 0{,}4\mathbf{a}$, то составляется график поправок, заносится в паспорт прибора и учитывается при дальнейших измерениях;

Если $m_ц > 2\mathbf{a}$, то светодальномер отправляется на юстировку в мастерскую.

8.7.4 В случае, если эталонным средством измерения можно непосредственно измерить длины линий от светодальномера до отражателя погрешностью не превышающей 0,2**а**, то объем вычислений может быть несколько сокращен (смотри пример №2 в приложении В).

8.8 Проверка приборной поправки.

8.8.1 Проверку приборной поправки выполняют только после установки масштабной частоты в номинал и определения графика циклической погрешности.

8.8.2 Для светодальномеров, которые имеют внешнюю дополнительную линию короткого замыкания, приборную поправку определяют при контрольном отсчете, указанном в ЭД.

8.8.3 При отсутствии рекомендаций по определению приборной поправки в ЭД следует воспользоваться одним из трех предлагаемых ниже способов.

8.8.4 Способ определения приборной поправки путем измерения одной эталонной линии.

Выбирают эталонную линию в пределах 10 - 200 м с погрешностью не более 0,3**а**.

Выполняют измерение линии 12 приемами в течение не менее двух часов, вычисляют среднее значение $D_{ср}$, выполняют оценку точности по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[\upsilon\upsilon]}{\mathbf{n}(\mathbf{n}-1)}}, \qquad (5)$$

где υ - уклонение результата каждого приема от среднего значения, **n** - число приемов. Величина m не должна превышать 0,3**а**.

В среднее значение вводят поправку за циклическую погрешность.

Вычисляют приборную поправку: $C = D_0 - D_{изм}$.

8.8.5 Способ определения приборной поправки путем измерения 6 - 7 линий, расположенных в створе во всех комбинациях. Линии могут быть не эталонными.

Линии примерно равномерно располагают на дистанции до 1,5 - 2 км.

Схема расположения линий приведена в п.1 приложения Г.

Каждую линию измеряют 3 приемами, вычисляют среднее значение, вводят поправку (при необходимости) за циклическую погрешность, редуцируют все линии на одну поверхность относимости.

Уравнивают полученные значения, алгоритм уравнивания приведен в п.2 приложения Г.

СКП определения приборной поправки С (или поправки ΔС к ней) по результатам уравнивания не должна превышать 0,5**а**.

Если величина изменения приборной поправки превышает значение величины СКП ее определения, то в ЭД вносится новое значение.

8.8.6 Способ определения приборной поправки путем измерения не менее 4 эталонных линий.

Длины линий должны быть равномерно распределены в пределах до 1,5 - 2 км.

СКП каждой эталонной линии не должна превышать 0,4**а**.

Каждую линию измеряют 6 приемами, вычисляют среднее значение, вводят поправку за циклическую погрешность.

Вычисляют приборную поправку для каждой линии: $C = D_{эт} - D_{изм}$.

Вычисляют среднее значение приборной поправки по всем линиям, выполняют оценку точности по формуле:

$$m_C = \sqrt{\frac{[\upsilon\upsilon]}{n(n-1)}}, \qquad (6)$$

где $\upsilon = C_i - C_{ср}$, n - число линий.

СКП m_c - не должна превышать 0,5**а**.

Пример обработки результатов измерений приведен в приложении Д.

8.9 Проверка встроенного оптического (лазерного) центрира прибора (отражателя) выполняют следующим образом.

Прибор устанавливают на штатив (высота штатива 1,3 - 1,5 м) и приводят в горизонтальное положение. Под штативом располагают лист бумаги, на котором отмечают проекцию центра сетки нитей (центра лазерного пятна). После этого поворачивают подвижную часть прибора на 180° и снова отмечают проекцию центра. Половина расстояния между отметками на бумаге не должна превышать 0,4 **а**. Если расстояние превышает указанную величину, то центрир следует отъюстировать в соответствии с указаниями в ЭД.

После юстировки проверку следует повторить в направлении перпендикулярному первоначальному.

8.10 Если были выполнены поверки светодальномера по пп. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 (таблица 1), то необходимо повторить и поверку по п.3.1.

9 Периодичность поверки

Периодичность поверки светодальномеров в эксплуатации устанавливается 1 раз в год.

10 Оформление результатов поверки.

10.1 Результаты первичной поверки, проводимые предприятием- изготовителем, вносятся в паспорт прибора и вместе с записью заводского номера светодальномера оформляются подписью и оттиском штампа отдела технического контроля (ОТК) в разделе "Свидетельство о приемке".

10.2 Результаты периодической поверки заносятся в протокол или журнал измерений (форма приведена в приложении Е).

На основании положительных результатов поверки оформляется свидетельство о поверке (форма свидетельства в соответствии с ПР 50.2.006).

10.3 Отрицательные результаты поверки влекут за собой запрещение применения светодальномера в эксплуатации на основании извещения о непригодности (ПР 50.2.006). Свидетельство о предыдущей поверке аннулируется

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Рекомендуемое)

Определение СКП измерения линии
светодальномером одним приемом

Светодальномер СТ5; $m_D = 10$ мм + $(5 \cdot 10^{-6}$ D мм).

Принятые обозначения: D_0 - эталонное значение линии; $D_{изм}$ - измеренное значение линии; $\Delta = D_{изм} - D_0$; m_D - СКП допустимая; $m_{D.\,изм}$ - СКП измеренная.

Пример №1

Таблица 3

№ линии	D_0, м	$D_{изм}$, мм	Δ, мм	$m_{D,\,изм}$, мм	m_D, мм
1	2	3	4	5	6
1	23,949	23,945	-4	4,7	10,1
		947	-2		
		943	-6		
		941	-7		
		946	-3		
		945	-4		
2	287,355	287,356	+1	1,8	11,4
		358	+3		
		354	-1		
		355	0		
		353	-2		
		357	+2		
3	443,071	443,067	-4	3,3	12,2
		071	0		
		068	-3		
		072	+1		
		066	-5		
		067	-4		

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6
4	1115,560	1115,562	+2	3,1	15,6
		565	+5		
		559	-1		
		565	+5		
		561	+1		
		560	0		
5	1475,201	1475,201	0	4,6	17,4
		196	-5		
		144	-7		
		198	-3		
		196	-5		
		197	-4		
6	2196,076	2196,063	-13	14,3	21,0
		059	-17		
		061	-15		
		065	-11		
		066	-10		
		048	-18		
7	3046,439	3046,438	-1	4,9	25,2
		446	+7		
		448	+9		
		440	+1		
		438	-1		
		436	-3		

Пример №2

Светодальномер - тот же. Линии - те же. $\mathbf{m_D}$ - те же. $\mathbf{m_{D,\,изм}}$ - другие.

Таблица 4

№ линии	1	2	3	4	5	6	7
D, м	24	287	443	1116	1475	2196	3046
$\mathbf{m}_{p,изм}$ мм	12	10	11	15	18	20	24
$\mathbf{m}_{p}$, мм	10,1	11,4	12,2	15,6	17,4	21,0	25,2

По линиям 1 и 5 имеем превышение СКП измерения ($\mathbf{m}_{D,\ изм,}$) над СКП допустимой ($\mathbf{m}_{D}$). В этом случае выполняем регрессионный анализ и определяем параметры **a** и **b** по формулам, приведенным в приложении Б: $\mathbf{a}_{изм} = 10{,}1$ мм; $\mathbf{b}_{изм} = 4{,}6$.

В данном случае результаты поверки считаются неудовлетворительными, т.к. $\mathbf{a}_{изм}$ больше **a** допустимой.

Приложение Б
(*Рекомендуемое*)

Формулы для вычисления параметров **a** и **b**

$$a_{изм} = \frac{\sum m_{Dизм} \cdot \sum D^2 - \sum D \cdot \sum \left(D \cdot m_{Dизм}\right)}{n \cdot \sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}$$

$$b_{изм} = \frac{n \cdot \sum \left(D \cdot m_{Dизм}\right) - \sum m_{Dизм} \cdot \sum D}{n \cdot \sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}$$

где n – число линий,

$m_{Dизм}$ – СКП измерения линии,

D – длина линии.

Приложение В
(*Рекомендуемое*)

Определение среднего квадратического уклонения циклической погрешности.
Составление графика поправок.

Светодальномер СП2: приборная поправка
$C = -80{,}0$ мм; $m_D = 2$ мм $+ 2 \cdot 10^{-6}$ D мм;.

Пример 1. Расстояние до 1-ой точки А = 6,56 м, $D_{1,\text{изм}}$ = 6508,3 м, $D_{1,\text{эт}}$ = 6508,3 м (т.е. в данном примере рассматривается случай. когда измеренное светодальномером расстояние до 1-ой точки компаратора принимается за эталонное). Эталонным СИ измерены отрезки d_i (см. рис.1)

Таблица 5

№ №	D прямо	D обратно	пр-обр δ_i мм	$D_{i,\text{изм}}$ м	d_i мм	$D_{i,\text{эт}}$ м	η_i мм	ΔC мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6588,1	588,5	-0,4	6508,3		6508,3	0,0(-0,2)	+1,6
					199,0			
2	6787,9	787,5	+0,4	6707,7		6707,3	-0,4	+1,4
					194,6			
3	6983,9	984,3	-0,4	6904,1		6901,9	-2,2	-0,4
					200,2			
4	7185,4	185,4	0,0	7105,4		7102,1	-3,2	-1,4
					196,7			
5	7382,2	382,6	-0,4	7302,4		7298,8	-3,6	-1,8
					208,4			
6	7589,9	589,5	+0,4	7509,7		7507,2	-2,5	-0,7
					199,2			

Продолжение табл 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	7788,3	788,4	-0,1	7708,4		7706,4	-2,0	-0,2
					192,2			
8	7980,0	980,4	-0,4	7900,2		7898,6	-1,6	+0,2
					199,5			
9	8179,5	179,5	0,0	8099,5		8098,1	-1,4	+0,4
					201,3			
10	8380,0	380,4	-0,4	8300,2		8299,4	-0,8	+1,0
					200,0			
11	8579,9	579,9	+0,4	8499,7		8499,4	-0,3	-
						Ср *)	-1,8	+0,01

*) При вычислении среднего η_I и η_{II} не участвуют, вместо них ($\eta_I + \eta_{II}$): 2

1 Выполняют измерения светодальномером в прямом и обратном ходе (заполняют столбцы 1, 2, 3).

2 Образуют разницы δ (столбец 4) и выполняю оценку точности выполненных измерений п. 8.7.2

$$m_\delta = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{4\mathbf{n}}} = \sqrt{\frac{1{,}29}{4 \cdot 11}} = 0{,}17 \text{ мм} \qquad m_\delta < 0{,}2\mathbf{a} = 0{,}4 \text{ мм}$$

3 Вычисляют среднее значение между прямым и обратным измерениями, вводят приборную поправку, получают $D_{I,\,изм}$ (столбец 5).

4 Измеряют расстояния между точками линейкой и записывают эталонные значения d_I (столбец 6).

5 Вычисляют эталонные значения линий, измеряемых светодальномером, причем линии $D_{I,\,изм}$ присваивается эталонное значение $D_{I,\,эт}$ (столбец 7):

$D_{1\ изм} = D_{1\ эт}$ $\quad D_{1\ эт} + d_1 = D_{2,\ эт}$;

$D_{2\ эт} + d_2 = D_{3\ эт}$;

.....

$D_{10,\ эт} + d_{10} = D_{11\ эт}$

6 Образуют разности между эталонным значением линии и ее измеренным значением: $\eta = D_{эт} - D_{изм}$; т.к. η_1 и η_{11} должны быть равны (завершен полный цикл), то берут среднее между ними и записывают в первую строчку в скобках; вычисляют среднее значение: $\eta_{ср} = \Sigma\eta_i / 10$ (столбец 8).

7 Вычисляют циклическую поправку для каждой точки: $\Delta C = \eta_i - \eta_{ср}$.

8 Вычисляют среднее квадратическое уклонение циклической погрешности:

$$m_ц = \sqrt{\frac{[\Delta C \Delta C]}{n}} = \sqrt{\frac{11.6}{10}} = 1{,}1\,мм \qquad m_ц > 0{,}4 = 0{,}8\ мм$$

9 Составляют график поправок, по оси X откладывают целочисленные значения десятой доли фазового цикла (в данном случае 20 см).

По желанию исполнителя откладывают фазовый цикл D (без постоянной) или $D_{изм}$ (с постоянной). График поправок приведен на Рис.2.

Пример 2. Характеристики дальномера те же самые; Эталонными СИ измерены непосредственно линии $D_{1.изм}$,$D_{2.изм}$ .....$D_{11.изм}$ (см. схему и таблицу 6).

Из таблицы 5 исключаются колонки 6 (d) и 8 (η).

$\Delta C = D_{i,\ эт} - D_{i.\ изм}$; $D_{i.\ изм} = D_i + C$

Таблица 6

№ №	D прямо	D обратно	пр-ор δ_i мм	$D_{i,изм}$ м	$D_{i,эт}$ м	ΔC мм
1	2	3	4	5	7	9
1	6588,1	..588,5	-0,4	508,3	65190,1	+1,8 (+1,6)*)
2	6787,9	..787,5	+0,4	707,7	6709,1	+1,4
3	6983,9	..984,3	-0,4	904,1	6903,7	-0,4
4	7185,4	..185,4	0,0	105,4	7103,9	-1,5
5	7382,2	..382,6	-0,4	302,4	7300,6	-1,8
6	7589,9	..589,5	+0,4	509,7	7509,0	-0,7
7	7788,3	..788,4	-0,1	708,4	7708,2	-0,2
8	7980,0	..989,4	-0,4	900,2	7900,4	+0,2
9	8179,5	..179,5	0,0	099,5	8099,9	+0,4
10	8380,0	..380,4	-0,4	300,2	8301,2	+1,0
11	8579,9	..579,5	+0,4	499,7	8501,2	+1,5

*) Точке 1 приписывается среднее значение ΔC (указано в скобках) полученное на точке 1 и точке11.

Продолжение приложения В

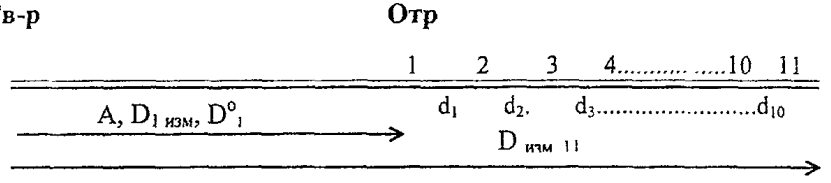


Рис. 1 Схема выполнения измерений
циклической погрешности

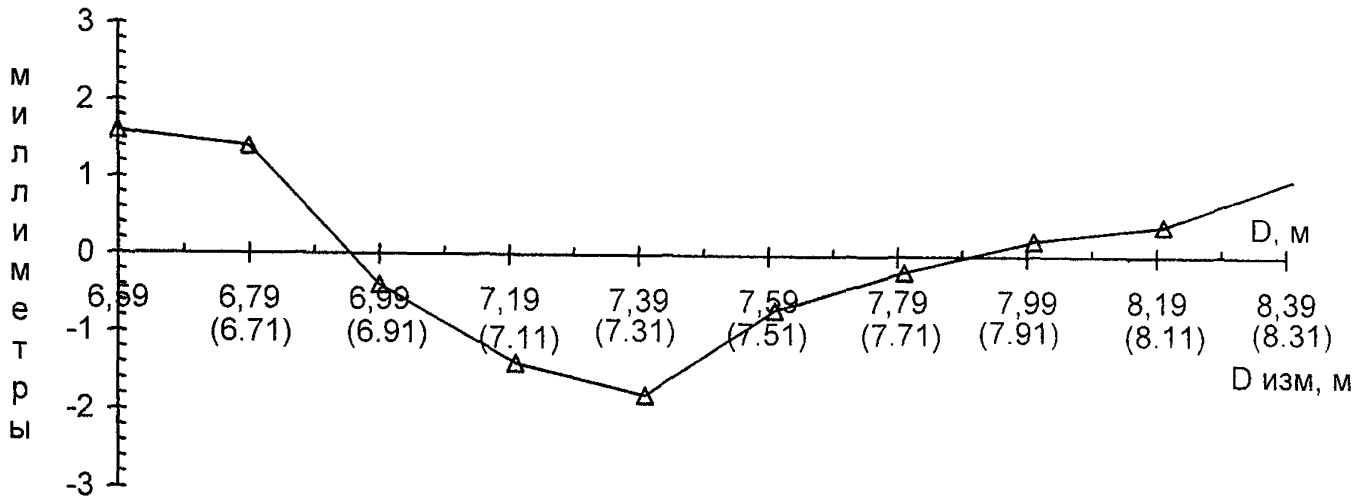
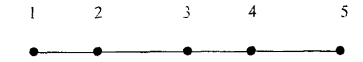


Рис.2 График поправок циклической погрешности

Приложение Г
(Справочное)

1 Схема расположения линий



При данном варианте расположения имеем 10 линий различной длины.

2 Алгоритм работы программы уравнивания. Уравненные значения длин линий D и приборной поправки С светодальномера определяются из решения системы уравнений вида:

$X = (A^T P A)^{-1} P A^T Д,$

где X - матрица уравненных значений длин линий поправок к приближенному значению С,

Д - столбец свободных членов уравнений погрешностей,

Р - матрица весов измеренных линий,

А - матрица коэффициентов системы уравнений погрешностей размерностью МК, где М - количество измеренных линий, К - количество необходимых измерений.

Оценка точности выполняется по следующим формулам:

$m_D{}^o{}_{I\,j} = \mu \sqrt{Q_{i\,1}}$, I = 1, j = 2...N;

$m_C{}^o = \mu \sqrt{Q_{N\,N}}$;

$$\mu = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-k}}$$

$m_D{}^o = \sqrt{Q_{i-1,\,i-1} + Q_{j-1,\,j-1} - 2Q_{i-1,\,j-1}}$.

μ - ошибка единицы веса; n - количество измеренных линий, вошедших в комбинации; k - количество необходимых измерений; N - число точек; Q - коэффициенты обратно- весовой матрицы.

Приложение Д
(*Рекомендуемое*)

Определение приборной поправки по результатам измерения нескольких эталонных линий

Светодальномер СП2; m_D = 2мм + $2 \cdot 10^{-6}$ Dмм

Таблица 7

№№	$D_{эт}$, м	D, м	$C = D_{эт} - D$, мм
1	95,7702	95,8501	-79,9
2	215,5343	215,6131	-78,8
3	348,4634	348,7251	-81,7
4	527,6713	527,7518	-80,5
5	876,1342	876,2137	-79,5
6	1115,5601	1115,6411	-81,0
7	1475,2010	1475,2817	-80,7
		Ср,	-80б3

$$\mathbf{m}_c = \sqrt{\frac{[\upsilon\upsilon]}{\mathbf{n}(\mathbf{n}-1)}} = \sqrt{\frac{5,7}{7 \cdot 6}} = 0,37 < 0,5\mathbf{a} = 1 \text{ мм}$$

Где υ - уклонение значения приборной поправки, определенной на одной линии от среднего значения,

n - число линий.

Приложение Е
(*Рекомендуемое*)

Протокол результатов периодической поверки

ПРОТОКОЛ № __ от "__" _____200_г.

_____
наименование, обозначение заводской номер дата изготовления прибора

1 Операция поверки _____
наименование операции или номер пункта МИ

2 Методика выполнения поверки _____

_____
номер пункта МИ. тип разряд и номер, применяемых СИ, условия проведения

3 Экспериментальные данные и результаты их обработки

_____
таблицы

4 Выводы _____
по каждой характеристике и (или) в целом

Примечание: Результаты поверки занесены в паспорт (формуляр) прибора.

Исполнители _____
подпись, Ф И О

Содержание

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ....3

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ....3

3. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПОВЕРКЕ 4

4. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ 5

5. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ 6

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 8

7. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ....8

8. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ 9

9. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПОВЕРКИ 17

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ 18

ПРИЛОЖЕНИЕ «А» ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКП ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНИИ СВЕТОДАЛЬНОМЕРОМ ОДНИМ ПРИЕМОМ 19

ПРИЛОЖЕНИЕ «Б» ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ 22

ПРИЛОЖЕНИЕ «В» ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКУ ЦП. СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА 23

ПРИЛОЖЕНИЕ «Г» АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ УРАВНИВАНИЯ....29

ПРИЛОЖЕНИЕ «Д» ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИБОРНОЙ ПОПРАВКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ЭТАЛОННЫХ ЛИНИЙ 30

ПРИЛОЖЕНИЕ «Е» ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ....31

Подписано в печать
20.06.03
Формат 60х90/16
Бумага типографская
Печать офсетная
Усл. печ. л.2,00
Усл. кр. отт. 2,13
Уч. изд. л. 1,92

Тираж 300
Заказ 24-03

ЦНИИГАиК
125413, Москва,
Онежская ул., 26

gost.e-ecolog.ru