ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Компаратор МК-1. Методы и средства метрологической аттестации и поверки

МИ БГЕИ 01-89

Москва 1989

gost.e-ecolog.ru

Разработан Центральным ордена "Знак Почета" научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии им.Ф.Н.Красовского

Отделом стандартизации, метрологического обеспечения и госиспытаний

Зав.отделом А.И.Спиридонов

Рук.темы и исполнитель В.И.Вайцекян

Внесен на утверждение ОСМОТИ

УДК 528.51:389 Группа Т80

Методика института

Методические указания Компаратор МК-I. Методы и средства метрологической аттестации и поверки	МИ БГЕИ 01-89 Введены впервые

Утверждены приказом по ЦНИИГАиК - головной организации метрологической службы ГУГК СССР № 49 от 30 марта 1989 г. Срок введения установлен с 01 июля 1989 г.

Настоящие методические указания распространяются на компаратор МК-I и устанавливают методы и средства метрологической аттестации, первичной и периодической поверки.

I. Назначение компаратора

Компаратор МК-I является стационарным лабораторным прибором и предназначен для контроля метровых интервалов инварных и шашечных реек и штриховой меры длины IУ типа, 5 класса точности по ГОСТ I2069-78 (линейки КЛ), применяемых в геодезическом производстве, и является образцовым подчиненным средством измерения в соответствии с локальной поверхностью схемы согласно СТП БГЕИ 8.8-87 (чертеж локальной поверочной схемы приведен в приложении I).

2. Метрологические характеристики

2.I.	Номинальная длина образцового инварного жезла (ОИЖ), мм	I000 ± 0,02
2.2.	Погрешность длины ОИЖ, не более, мкм	5
2.3.	Номинальная цена деления ОИЖ, мм	I ± 0,0I
2.4.	Погрешность цены деления ОИЖ, не более, мкм	I
2.5.	Цена деления уровня,"	20
2.6.	Цена деления микроскоп-микрометров, мкм	I
2.7.	Вариация отсчетов микроскоп-микрометров, не более, мкм	3
2.8.	Средняя квадратическая погрешность определения метровых интервалов, не более, мкм	I0
2.9.	Совмещение центров малого и большого биссекторов микрометра микроскопа не более, мкм.	

3. Операции и средства метрологической аттестации и поверки

3.I. При проведении метрологической аттестации и поверки МК-I должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в таблице I.

Таблица I

Наименование операции	Номер пункта МИ	Средства и поверки и их основные технические и метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при			
			выпуске из производства	метрологической аттестации	выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
I	2	3	4	5	6	7
I. Внешний осмотр	7.I	-	да	да	да	да
2. Опробование	7.2					
2.I. компаратора МК-I	7.2.I	-	да	да	да	да
2.2. при работе с измерителем перемещения лазерным (типа ИПЛ-30К)	7.2.2.	-	нет	да	нет	нет
3. Определение цены деления уровня	7.3	Экзаменатор с ценой деления I"	да	да	нет	нет
4. Проверка рельсового пути	7.4	Нивелир типа Н3 по ГОСТ I0528-84, линейка длиной до 200 мм с ценой деления I мм по ГОСТ 427-75, струна или визирная цель, уровень с ценой деления 20"	нет	да	да	да

I	2	3	4	5	6	7	8
5.	Проверка установки визирной оси микроскоп-микрометров в вертикальное положение	7.5	Искусственный горизонт	нет	да	да	да
6.	Проверка расположения предметных плоскостей микроскоп-микрометров в одной горизонтальной плоскости	7.6	Визирная марка или искусственный горизонт	нет	да	да	да
7.	Проверка параллельности оси движения тележки с линией, проходящей через визирные оси микроскоп-микрометров	7.7	Визирная марка	нет	да	да	да
8.	Вариация отсчетов микрометра микроскопа	7.8	-	да	да	да	да
9.	Определение цены деления ОИЖ	7.9	Универсальный микроскоп с ценой деления I мкм	да	да	да	нет
I0.	Определение погрешности цены деления ОИЖ	7.I0	то же	да	нет	нет	нет
II.	Определение цены деления отсчетного барабана микрометра микроскопа	7.II	ОИЖ компаратора МК-I	да	да	да	да
I2.	Определение термического коэффициента расширения ОИЖ	7.I2	Образцовый инварный жезл или образцовый геодезический жезл I-го разряда или ИПЛ-30К*и компаратор с диапазоном измерения не менее I000 мм, образцовые термометры с ценой деления 0,2°С	да	нет	нет	нет
I3.	Определение отсчетов, соответствующих центрам малого и большого биссекторов	7.I3	-	да	да	да	нет

*) измеритель перемещений лазерный

I	2	3	4	5	6	7	8
I4.	Определение длины ОИЖ	7.I4	Образцовый геодезический жезл I-го разряда или измеритель перемещений лазерный (типа ИПЛ-3ОК) и компаратор с диапазоном измерения не менее I000 мм	да	да	да	да
I5.	Определение погрешности длины ОИЖ	7.I5	то же	да	да	нет	нет
I6.	Определение постоянства длины ОИЖ		Измеритель перемещений лазерный (типа ИПЛ-3ОК) и компаратор с пределами измерения не менее I000 мм или компаратор МК-I	да	да	нет	да
I7.	Определение средней квадратической погрешности воспроизведения длины		Измеритель перемещений лазерный типа ИПЛ-3ОК (далее - ИПЛ)	нет	да	нет	нет

3.2. Допускается применять другие средства измерений для проведения метрологической аттестации и поверки, прошедшие метрологическую аттестацию в органах Государственной метрологической службы и в ГОМС ГУГК СССР - ЦНИИГАиК и удовлетворяющие по точности требованиям настоящих методических указаний.

4. Требования безопасности

При проведении метрологической аттестации и поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности.

4.I. Электронная аппаратура, ИПЛ и компаратор должны быть заземлены и перед ними на полу должны лежать резиновые коврики; во время работы на ИПЛ кожухи электронной аппаратуры должны быть закрыты.

4.2. До включения в сеть должны быть подключены кабели связи. Запрещается в процессе работы отсоединять их, а также производить замену предохранителей.

4.3. Установленные предохранители должны соответствовать маркировке на панелях блоков питания.

4.4. Запрещается вскрывать и переставлять составные части прибора ИПЛ при включенных в сеть кабелях питания.

4.5.При работе с ИПЛ следует руководствоваться рекомендациями раздела "Техника безопасности" технического описания на ИПЛ.

5. Условия проведения метрологической аттестации и поверки

5.I. При проведении метрологической аттестации и поверки должны быть соблюдены следующие нормальные условия:

I) температура окружающей среды $(20\pm I)^{\circ}C$, отклонение температуры при проведении операций по п.I4,I5,I6 и I7 таблицы I не должно превышать $0,I^{\circ}C$ в течение одного приёма измерений;

2) относительная влажность воздуха $(58\pm20)\%$;

3) атмосферное давление ($760\ ^{+40}_{-I30}$) мм рт.ст.

4) наибольшая скорость движения воздуха в рабочем пространстве при работе с ИПЛ не более 0,I м/с.

5.2. Для установки ИПЛ должно использоваться основание (каменный столб или металлический штатив) исключающее вибрацию и другие колебания.

5.3. Помещение, в котором устанавливается компаратор, должно быть освещено люминисцентными лампами, с освещенностью на рабочем месте I50–200 лк.

5.4. Образцовые инварные жезлы должны храниться в специальных ящиках, уложенными на упоры, находящиеся в "бесселевых точках". В ящике с ОИЖ находится термометр с ценой деления $0,2^{\circ}C$. Во время использования ОИЖ его из ящика не вынимают.

6. Подготовка к работе

6.I. Все используемые образцовые средства измерений должны быть подготовлены к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

6.2. При подготовке к работе компаратора должна быть включена подсветка микроскоп-микрометров, а для регистрации температуры воздуха в помещении, вблизи компаратора на высоте I,0 м

и I,5 м от пола устанавливают термометры с ценой деления 0,5°С.

7. Проведение операций при метрологической аттестации и поверке

7.I. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие компаратора следующим требованиям: наружные поверхности частей компаратора не должны иметь дефектов, влияющих на его эксплуатационные характеристики и ухудшающих их внешний вид; оптические детали микроскоп-микрометров не должны иметь царапин; поле зрения микроскоп-микрометров должно быть чистым и равномерно освещено; штрихи шкал и отсчетного барабана микроскоп-микрометра должны быть четкими без наплывов;поверхности в местах нанесения шкал на ОИЖ не должны иметь царапин и других повреждений; все открытые поверхности компаратора не должны иметь следов коррозии; поверхность искусственного горизонта должна быть чистой и не иметь пылевых вкраплений и пузырьков жидкости.

Маркировка и комплектность должна соответствовать требованиям технической документации.

7.2. Опробование

7.2.I. При проведении опробования компаратора должны быть установлены: плавность и легкость вращения микрометренных винтов микроскоп-микрометров во всем диапазоне измерений; надежность работы и состояние резьбы закрепительных и регулировочных винтов, всех подъемных и наводящих винтов; плавность и легкость вращения колес тележки; надежность работы движения окуляра и установки его в положение, соответствующее резкому изображению отсчетных шкал; возможность плавного регулирования подсветки поля зрения микроскоп-микрометра.

7.2.2. При опробовании ИПЛ должно быть установлено: после установления на блоке индикации нулевого показания, изменение показаний о перемещении со знаком "+" в направлении увеличения длины по ОИЖ, т.е. от штриха с оцифровкой "0" к штриху с оцифровкой "I000".

7.3. Определение цены деления уровня

Устанавливают длину пузырька уровня равной 0,4-0,5 рабочей части ампулы. Цену деления уровня определяют для рабочей части ампулы (т.е. без учета 3-4 делений по каждому краю ампулы уровня). Для выполнения операций исследования уровень устанавливают на инструментальную платформу экзаменатора, при этом добиваются параллельности оси уровня и оси экзаменатора, при этом также добейтесь согласования увеличения отсчетов по винту экзаменатора и по шкале уровня.

Один j -й прием измерений выполните в следующей последовательности:

1) установите движением винта экзаменатора на ввинчивание отсчет $\ell_{1,j}$ который соответствует крайнему положению пузырька уровня в рабочей части ампулы со стороны малых отсчетов по шкале;!

2) через две минуты отсчитайте по левому и правому концам пузырька уровня и получите отсчеты $\Lambda_{1,j}$ и $\Pi_{1,j}$

3) установите движением винта экзаменатора на ввинчивание отсчет $\ell_{2,j}$, который соответствует крайнему положению пузырька в рабочей части ампулы со стороны больших отсчетов по шкале;

4) через две минуты отсчитайте по левому и правому концам пузырька уровня и получите отсчеты $\Lambda_{2,j}$ и $\Pi_{2,j}$;

5) ввинчиванием винта экзаменатора поверните его на один оборот;

6) последовательно на вывинчивание винта экзаменатора установите отсчеты $\ell_{2,j}$ и $\ell_{1,j}$ и получите отсчеты по концам пузырька уровня $\Lambda_{3,j}$, $\Pi_{3,j}$ и $\Lambda_{4,j}$, $\Pi_{4,j}$;

7) вывинчиванием винта экзаменатора поверните его на один оборот.

Выполните всего три таких приема. Поверните уровень на 180^0 и выполните три приема измерений в аналогичной последовательности приведенной в пп.1-7.

Цену деления уровня вычислите по формуле

$$\tau'' = \frac{2\Delta\ell \quad \tau''_э}{L} \quad ,$$

где τ' – цена деления экзаменатора в секундах дуги;

$\Delta\ell = \ell_{2,j} - \ell_{1,j}$ – число делений, на которое переставлялся винт экзаменатора;

L – число полуделений перемещения уровня вычисляется последовательно по формулам

$$L' = (\Lambda_{2,j} + \Pi_{2,j}) - (\Lambda_{1,j} + \Pi_{1,j});$$

$$L'' = (\Lambda_{3,j} + \Pi_{3,j}) - (\Lambda_{4,j} + \Pi_{4,j});$$

$$L_j = \frac{1}{2}(L' + L'');$$

$$L = \frac{1}{6}\sum_{j=1}^{6} L_j .$$

Пример определения цены деления уровня приведен в приложении 2.

7.4. Проверка рельсового пути

7.4.1. При проверке рельсового пути по створу между крайними точками направляющего (трехгранного) рельса натягивают струну диаметром 0,2 мм. Ось рельса не должна выходить за пределы диаметра струны.

После проверки створа звеньев направляющего рельса, относительно него с помощью штангенциркуля поверяют установку звеньев поддерживающего рельса. Расстояние между наружной стороной трехгранного рельса и внутренней стороной поддерживающего рельса должно быть $250 \pm 0{,}5$ мм.

7.4.2. Установку рельсов на одной высоте проверяют с помощью нивелира и линейки. Линейку устанавливают на одном конце первого звена направляющего трехгранного рельса и с помощью нивелира получают отсчет по шкале линейки. Затем выполняют измерения высоты на втором конце первого звена направляющего рельса. В такой последовательности измеряют высоты всех звеньев рельса. Разность последующих высот относительно первой должна быть не более 0,2 мм. Аналогичным образом выполняют проверку установки на одной высоте поддерживающего рельса. При этом разность высот направляющего и поддерживающего рельсов не должна быть более 0,3 мм.

7.4.3. Проверка установки рельсового пути на одной высоте может быть выполнена с помощью уровней, приданных в комплект компаратора.

При выполнении проверки в середине рельсового пути определяются отсчеты по шкалам ампул уровней, соответствующие: для одного уровня-условию параллельности оси уровня и направляющему рельсу; для второго - условию параллельности оси уровня и горизонтальной линии проходящей через вершины направляющего и поддерживающего рельсов.

Отсчеты вычисляются по формуле

$$B_{1,2} = \frac{1}{2}(\Lambda_{1,2} + \Pi_{1,2}),$$

где Λ, Π - отсчеты по левому и правому концам ампулы уровня. Условие проверки выполняется при постоянстве отсчета B для:

1. направляющего рельса - в пределах соседних звеньев - не хуже 1,5 делений, но не хуже 1 деления относительно начального отсчета в середине рельсового пути;

2. поддреживающего рельса - вдоль его оси аналогично условию для направляющего рельса, а для условия расположения рельса на одной высоте с направляющим рельсом не хуже 5 делений.

7.4.4. В случае невыполнения условий проверки выполняется юстировка рельсового пути, после чего проверка выполняется вновь.

7.5. Проверка установки визирной оси микроскоп-микрометров в вертикальном положении

Ванночку с искусственным горизонтом подводят под микроскоп-микрометр, перемещая ванночку вверх и вниз с помощью микрометренного винта тележки, добиваются четкого изображения креста, фиксирующего центр объектива. При выполнении условия изображение креста должно совпасть с центром сетки нитей; в противном случае выполняют юстировку - при этом горизонтальную линию совмещают с осевой линией сетки нитей, вертикальную - с индексом $20^{об}$ сетки нитей.

7.6. Проверка положения предметной плоскости микроскоп-микрометров в одной горизонтальной плоскости.

Проверку положения предметной плоскости микроскоп-микрометров выполняют при помощи штрихов ОИЖ, или визирной цели, или искусственного горизонта. Подводят под правый микроскоп-микрометр штрихи ОИЖ, или визирную цель, или ванночку с искусственным горизонтом, изменяя микрометренными винтами тележки ее положение по высоте, добиваются четкого изображения штрихов ОИЖ, или визирной цели, или изображения креста микроскоп-микрометра. Передвигая тележку, подводят выбранную цель под левый микроскоп-микрометр. При расплывчатых изображениях цели изменяют юстировочными винтами кронштейна положение микроскоп-микрометра по высоте и добиваются их четкого изображения.

7.7. Проверка параллельности оси движения тележки с линией проходящей через визирные оси микроскоп-микрометров

Устанавливают под правый микроскоп-микрометр один из концов ОИЖ или визирную цель. Микрометренными винтами тележки перемещая линейку, совмещают осевую линию ОИЖ с горизонтальной линией сетки нитей микроскоп-микрометра или центром визирной цели. Перемещают тележку под левый микроскоп-микрометр. Отклонение осевой линии ОИЖ от горизонтальной линии сетки нитей не должно быть больше 0,2 мм.

При невыполнении условия исправляют положение левого микроскоп-микрометра, после чего вновь выполняют проверку.

7.8. Определение вариации отсчетов микрометра микроскопа

Вариацию отсчетов микрометра поверяют наведением одной из нитей малого биссектора на индекс 20^{00} сетки нитей. Делают шесть наведений (A_I, A_2....) при ввинчивании винта микроскопа, что соответствует увеличению отсчетов по барабану, и шесть наведений (B_I, B_2,...) при вывинчивании. Средняя разность отсчетов $(A - B)_{ср}$ не должна быть больше 0,003 мм. Пример вычисления вариации отсчетов микрометра приведен в приложении 3.

7.9. Определение цены деления образцового инварного жезла

Определение цены деления ОИЖ выполняют на универсальном микроскопе (типа УИМ) с ценой деления I мкм.

ОИЖ располагают на подвижном столе микроскопа таким образом, чтобы линия движения креста сетки нитей микроскопа была перпендикулярна штрихам ОИЖ и располагалась в их середине.

Измерения выполняют в прямом и обратном движении, наводясь последовательно на все штрихи, расположенные с одной стороны ОИЖ. Данные действия составляют один прием измерений. Выполняют восемь приемов измерений.

При обработке измерений вычисляют: I. m_i – средний отсчет в прцеме на штрих ОИЖ.

$$m_i = \frac{1}{2}(m_{i,n} + m_{i,0}),$$

где $m_{i,n}$, $m_{i,0}$ – отсчеты по шкале УИМ выполненные на i -й штрих ОИЖ в прямом и обратном направлении;

2. r_j – цена деления ОИЖ в приеме измерений;

$$r_j = m_{i+1,j} - m_{i,j}$$

3. r – среднее значение цены деления ОИЖ

$$r = \frac{1}{j}\sum r_j$$

здесь j – номер приема измерений.

Значение цены деления вычисляют для каждого интервала ОИЖ со стороны с индексом "0" и "I000".

7.I0. Средняя квадратическая погрешность определения цены деления ОИЖ вычисляется на основании измерений выполненных в п.7.I0 по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{K}\sum_{j=1}^{n}(r-r)^2}{K(n-1)}},$$

где n – число приемов измерений,

K – число делений ОИЖ, по которым выполнялись измерения.

Пример определения цены деления ОИЖ приведен в приложении 4.

7.II. Определение цены деления барабана микрометра микроскопа

Для определения цены деления каждого отсчетного барабана микрометра используют два миллиметровых интервала ОИЖ. Устанавливают средний штрих ОИЖ под микроскоп-микрометром так, чтобы отсчет по барабану был близок к 20^{00}. Отсчеты выполняют по трем штрихам: +I; 0; - I мм. На каждый штрих делают по шесть наведений, вращая барабан микрометра только на ввинчивание или на вывинчивание. Изменяют ОИЖ по высоте, снова добиваются четкого изображения штрихов и повторяют все наблюдения. Эти действия составляют один прием. Таких приемов делают три. Пример вычислений цены деления барабана микрометра-микроскопа дан в приложении 5.

7.I2. Определение термического коэффициента расширения ОИЖ

Определение термического коэффициента расширения ОИЖ выполняют на компараторе с использованием образцового геодезического жезла I-го разряда или с использованием ИПИ на компараторе с диапазоном измерения не менее I м или с использованием образцового инварного жезла с аттестованными метрологическими характеристиками.

7.I2.I. При выполнении измерений на компараторе один прием измерений включает в себя следующие операции:

I. ОИЖ помещает в ванночку с водой, предварительно на дно ванночки кладут термометр, два других термометра кладут на ОИЖ. Принимают меры по предохранению объектива микроскоп-микрометра от запотевания при повышении температуры воды.

2. Доводят температуру воды до $(50 \pm 2)^{0}$С.

3. Определяют длину компаратора.

4. Снимают показания термометров.

5. Два наблюдателя отсчитывают по микрометрам микроскопов (ОИЖ при этом из воды не вынимают). Для этого ввинчиванием наводят биссектор микрометра на ближайший штрих ОИЖ и берут отсчет. Отсчеты должны производиться одновременно по левому и правому концам ОИЖ на одноименный штрих - получают отсчеты

Λ_i и Π_i . Немного сбив барабан микрометра, снова ввинчиванием наводят биссектор на штрих и берут отсчет. Всего наведений делают пять.

6. Снимают показания термометров.

7. Понижают температуру воды на $(I0\pm I)^{o}C$, пауза I5 минут.

8. Выполняют действия по пп.4,5 и 6.

9. Выполняя действия по пп.7 и 8 доводят температуру воды до $0^{o}C$, затем повышая температуру на $(I0\pm I)^{o}C$ до $50^{o}C$ последовательно в каждой точке выполняют измерения длины ОИЖ (см.пп.4, 5,6). При выполнении измерений при повышении температуры наблюдатели для отсчитывания по микроскоп-микрометрам меняются местами.

I0. Определяют длину компаратора. Указанные действия составляют один прием. Выполняют 3 приема измерений.

7.I2.2. Длина компаратора, оговоренная в п.7.I2.I, подпункты 3 и I0 определяются:

- с использованием образцового инварного жезла I-го разряда или другого образцового инварного жезла в соответствии с инструкцией по эксплуатации компаратора, в котором применяется этот жезл;
- с использованием образцового лазерного интерферометра перемещений, типа ИПЛ-30К в соответствии с инструкцией по его эксплуатации и рекомендациями, изложенными в п.7.I2.3

Расхождение длин компаратора полученных в результате измерений по пп.3 и I0 и 7.I2.I должно быть не более I0 мкм.

7.I2.3. При определении длины компаратора с использованием ИПЛ используется также вспомогательная визирная марка или какой-либо штрих ОИЖ.

ИПЛ устанавливают, например, слева от компаратора, отражатель устанавливают на тележке компаратора. Измеряют температуру, давление и влажность окружающего воздуха. По таблице, приведенной в эксплуатационной документации на ИПЛ, определяют коэффициенты пересчета и вводят их в дешифратор.

Порядок измерения длины компаратора выполняют в следующей последовательности:

I. Перемещением тележки установите штрих "I000" ОИЖ под левым микроскоп-микрометром.

2. На блоке индикации ИПЛ установите нулевое показание.

3. Выполните пять раз наведение (ℓ_i) биссектором микрометра на штрих "I000" ОИЖ, одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИПЛ (L_1).

4. Переместите тележку на длину ОИЖ.

5. Установите штрих "I000" ОИЖ под правым микроскоп-микрометром.

6. Выполните пять раз наведение (ℓ_{i+1}) биссектором микрометра на штрих "I000" ОИЖ, одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИПЛ (L_2).

7. Переместите тележку далее, а затем в обратном движении выполните действия 5,6,4,I и 3.

Длину компаратора вычислите по формуле

$$L_{к,j} = \frac{1}{2}\left[\frac{L_2 + L_3}{2} - \frac{L_1 + L_4}{2} + \left(\frac{\ell_2 + \ell_3}{2} - \frac{\ell_1 + \ell_4}{2}\right) C\right],$$

где ℓ_{1-4} – средние отсчеты по микрометру;

C – цена деления микрометра микроскопа;

L_{1-4} – показания блока индикации ИПЛ.

7.I2.4. Коэффициенты термического расширения ОИЖ определяют из обработки результатов измерений. При этом вычисляют:

I. Длину компаратора L_1 и L_2 в приеме измерений и среднее значение $L_{ср}$.

$$L_{ср} = \frac{1}{2}(L_1 + L_2).$$

2. Длину ОИЖ и температуру в j -ом приеме измерений для одноименных значений температуры (их хода понижения – индекс ($'$) и повышения – индекс ($''$) температуры воды).

$$L'_{t,j}{}'' = \left(\frac{C_A}{5}\sum_{i=1}^{5}\Lambda_i - \frac{C_П}{5}\sum_{i=1}^{5}П_i\right)'';$$

$$t'_j{}'' = \frac{1}{2}(t_1+t_2)'';$$

$$L_{t,j} = \frac{1}{2}(L'_{t,j} + L''_{t,j});$$

$$t_{t,j} = \frac{1}{2}(t'_j + t''_j),$$

здесь $\Lambda_i, П_i$ – единичные отсчеты по левому и правому микроскопам;

C_A, $C_П$ – цена деления барабана микрометра правого и левого микроскопов;

t_1, t_2 – температура воды измерения по пп.4 и 6 раздела 7.I2.I.

3. Среднее значение длины ОИЖ и температуры

$$L_t = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} L_{t,j};$$

$$t_t = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} t_{t,j},$$

где n – число приемов измерений.

4. Значения температурных коэффициентов α и β вычисляют из решения нормальных уравнений вида

$$a\alpha' + b_i\beta' + l_i = 0,$$

где $a = +1,$

$$b = 0{,}1(\tau_i + \tau_{i+1}),$$

α' и β' – искомые коэффициенты, отнесенные к началу счета температуры t_0;

$\tau_i = t_i - t_0$

$t_0 = \frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K} t_i$ – здесь K – число точек, для которых определялись температурные коэффициенты;

$l_i = -\frac{\Delta l_i}{2(t_{i+1} - t_i)}$ - здесь Δl_i - приращение длины ОИК при увеличении температуры на $\Delta t = t_{i+1} - t_i$;

$$\Delta l_i = L_{i+1} - L_i .$$

В результате решения нормальных уравнений после вычисления α' и β', окончательные значения коэффициентов вычисляют по формуле

$$\alpha = \alpha' - 0{,}2\beta' t_0 ,$$
$$\beta = 0{,}1\beta' .$$

Окончательные значения коэффициентов даются до 0,I- для α и до 0,00I- для β.

Средняя квадратическая погрешность m определения коэффициентов вычисляется по уклонениям v_i, полученным в результате подстановки коэффициентов α' и β' в уравнения погрешностей.

$$m = \pm 0{,}45\sqrt{\sum_{i=1}^{n} v_i^2} ,$$

где n - число уравнений.

7.I3. Определение несовпадения центров малого и большого биссекторов микроскоп-микрометра

Положение центров биссекторов находят наведением нитей биссекторов на индекс 20^{00} сетки нитей. Делают по шесть наведений каждой нитью биссектора микрометра при вращении барабана на ввинчивание или вывинчивание и берут отсчеты до десятых долей деления. Пример вычисления центра малого и большого биссекторов микроскоп-микрометра дан в приложении 8.

Несовпадение центров малого и большого биссекторов должно быть не более 3 мкм.

7.I4. Определение длины образцового инварного жезла

Определение длины ОИЖ выполняется на компараторе МИИГАиК или с помощью ИПЛ.

7.I4.I. Определение длины ОИЖ на компараторе МИИГАиК выполняется на основе его сличения с образцовыми геодезическими жезлами I-го разряда длиной 3 м № 54I и № 6I3 по методике изложенной в инструкции по эксплуатации компаратора МИИГАиК.

7.I4.2. Образцовый ИПЛ устанавливают (например слева) вдоль оси компаратора, отражатель устанавливают на тележке компаратора. Измеряют температуру, давление и влажность окружающего воздуха, измеряют температуру ОИЖ. По таблицам, приведенным в эксплуатационной документации на ИПЛ, определяют коэффициент пересчета и вводят его в дешифратор.

Один прием измерений выполните в следующей последовательности:

I) Перемещением тележки установите штрих "I000" ОИЖ под левым микроскоп-микрометром;

2) на блоке индикации ИПЛ установите нулевое показание;

3) выполните три раза наведение биссектором микрометра микроскопа на штрих "I000" ОИЖ и получите отсчеты $\ell'_{1,2,3}$ вычислите среднее значение отсчета ℓ_1 , одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИПЛ, получите отсчет L_1 ;

4) переместите тележку на длину ОИЖ;

5) установите штрих "0" ОИЖ под левым микроскоп-микрометром.

6) выполните три наведения биссектором микрометра на штрих "0" ОИЖ и получите отсчеты $\ell'_{3,4,5}$, вычислите среднее значение отсчета ℓ_2 , одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИПЛ, получите отсчет L_2 ;

7) переместите тележку далее, а затем в обратном направлении;

8) далее последовательно выполните действия по пп.5,6, 4.I.3 и получите отсчеты l_3, l_4, и L_3, L_4;

Выполните I2 приемов измерения, причем 6 приемов выполните под правым микроскоп-микрометром.

Длину ОИЖ для j -го приема измерений вычислите по формуле

$$L_{оиж_j} = \frac{1}{2}\left[\frac{L_2 + L_3}{2} - \frac{L_1 + L_4}{2} + \left(\frac{l_2 + l_3}{2} - \frac{l_1 + l_4}{2}\right)C\right] + \alpha\left(t_{оиж} - 20^{\circ}C\right),$$

где l_{1-4} – средние отсчеты по микроскоп-микрометру;

C – цена деления микроскоп-микрометра;

L_{1-4} – показания блока индикации ИПЛ;

α – температурный коэффициент удлинения ОИЖ;

$t_{оиж}$ – среднее значение температуры ОИЖ в период выполнения поверки.

Длину ОИЖ вычислите по формуле

$$L_{оиж} = \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{12} L_{оиж,j} \quad .$$

7.I5. Определение погрешности определения длины ОИЖ

Средняя квадратическая погрешность М определения длины ОИЖ определяется на основании результатов измерений по п.7.I3 по формуле

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(L_{оиж_j} - L_{оиж}\right)^2}{n(n-1)}} \quad ,$$

где n –число приемов измерений.

Пример определения значения длины ОИЖ, ее погрешности приведен в приложении 7.

7.I6. Определение постоянства длины образцовых инварных жезлов

При проведении периодической поверки постоянство длины двух ОИЖ, входящих в комплект, определяется либо методом

измерения длины этих жезлов с помощью ИШЛ, либо методом относительного сравнения изменения длины на компараторе МК-I.

7.I6.I. Измерение длины ОИЖ выполняется согласно методике изложенной в п.7.14.2, при этом число приемов равно 3.

Расхождение длины ОИЖ относительно определенной при последней поверке не должно быть более 5 мкм.

В случае невыполнения условия ОИЖ не допускается к дальнейшему применению и направляется на внеочередную поверку длины.

7.I6.2. Относительное сравнение длин ОИЖ выполняют на компараторе МК-I методом определения длины компаратора.

Определение длины компаратора с ОИЖ выполняется в следующей последовательности:

I) Первый наблюдатель измеряет температуру ОИЖ (t_1).

2) Тележку с ОИЖ устанавливают по азимуту и высоте так, чтобы изображения длинных штрихов находились вблизи нуль-пунктов микроскоп-микрометров (отклонения не должны превышать одного оборота барабана).

3) Наблюдатели по команде одновременно производят три пары наведений среднего биссектора правого ($П_i$) и левого ($Л_i$) микрометров на большие штрихи ОИЖ и берут отсчеты по барабану с точностью одного деления (первый полуприем). Колебания разности отсчетов ($П_i - Л_i$) для каждой пары наведений не должны превышать 5 делений барабана. При больших расхождениях выполняют дополнительно еще три пары отсчетов и если нет отклонении больше I0 делений во всем ряду наблюдений, то из всех шести разностей берут среднее.

4) Наблюдатели меняются местами и выполняют измерения согласно п.3 (второй полуприем). Расхождение между средними значениями $(П-Л)_{ср}$, полученными в первом и втором полуприемах не должно превышать I0 делений барабана. В противном случае все наблюдения повторяют.

5) Второй наблюдатель измеряет температуру ОИЖ (t_2).

7.I6.3. Длина компаратора определяется с каждым ОИЖ входящим в комплект компаратора.

Длину компаратора вычисляют по формуле:

$$K_i = C_п \cdot П_{ср} - C_л \cdot Л_{ср} + \Delta K + \Delta t,$$

где $C_п$ и $C_л$ – цена деления правого и левого микрометров микроскопов;

$П_{ср}$ и $Л_{ср}$ – средние из отсчетов по правому и левому микрометрам;

i – номер ОИЖ;

ΔK – отклонение длины ОИЖ от 1000, 00 мм;

Значение К берется из результатов последней поверки

$\Delta t = \alpha(t_{оиж} - 20^\circ) + \beta(t^2_{оиж} - 400)$ – поправка за температуру ОИЖ;

$t_{оиж}$ – средняя температура ОИЖ в момент определения длины компаратора;

α, β – термические коэффициенты образцовой линейки.

Пример определения длины компаратора приведен в приложении 9.

Разность длин ОИЖ, входящих в комплект компаратора ΔK равная

$$\Delta K = |K_1 - K_2|,$$

не должна превышать 7 мкм, в случае невыполнения условия ОИЖ не допускаются к дальнейшему применению и направляются на внеочередную поверку длины.

7.17. Определение погрешности воспроизведения длины

Определение погрешности воспроизведения длины относится к комплексной поверке компаратора.

Поверка выполняется в следующей последовательности, которая составляет один прием измерений:

1. Определяют длину компаратора ОИЖ согласно методике приведенной в пп. 7.16.2 и 7.16.3;

2. Определяют длину компаратора с помощью ИПЛ одним приемом по методике приведенной в п.7.12.3, длину компаратора в этом случае вычисляют по формуле:

$$K_{ИПЛ} = \frac{1}{2}\left[\frac{L_2+L_3}{2} - \frac{L_1+L_4}{2} + \left(\frac{l_2+l_3}{2} - \frac{l_1+l_4}{2}\right) c\right].$$

При выполнении измерений необходимо стремиться к установке ОИЖ под микроскоп-микрометрами таким образом, чтобы его основные штрихи с оцифровкой ("0" и "1000") располагались вблизи отсчета $20^{об}$ на расстоянии не более 5 делений барабана микрометра;

3. Повторно определяют длину компаратора.

Погрешность воспроизведения длины определяют по формуле

$$\Delta_L = K_{ОИЖ} - K_{ИПЛ},$$

где $K_{ОИЖ}$ – средняя длина компаратора, измеренная с помощью ОИЖ,

$K_{ИПЛ}$ – длина компаратора, измеренная с помощью ИПЛ.

Программа поверки включает 8 приемов измерений.

Средняя квадратическая погрешность воспроизведения длины с помощью компаратора вычисляется по формуле

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}{n}},$$

где n – число приемов измерений.

8. Оформление результатов метрологической аттестации и поверки

8.1. Результаты метрологической аттестации и поверки оформляются протоколом по форме приведенной в приложении 10.

8.2. Положительные результаты метрологической аттестации и поверки оформляются свидетельствами по форме приведенной в приложении 11 и 12.

8.3. Отрицательные результаты метрологической аттестации и поверки влекут за собой запрещение применения МК-1 для поверки рабочих средств измерений и принимаются меры к тщательному анализу и исправлению причин неисправностей. После проведения ремонта компаратор МК-1 подлежит повторной метрологической аттестации и поверке.

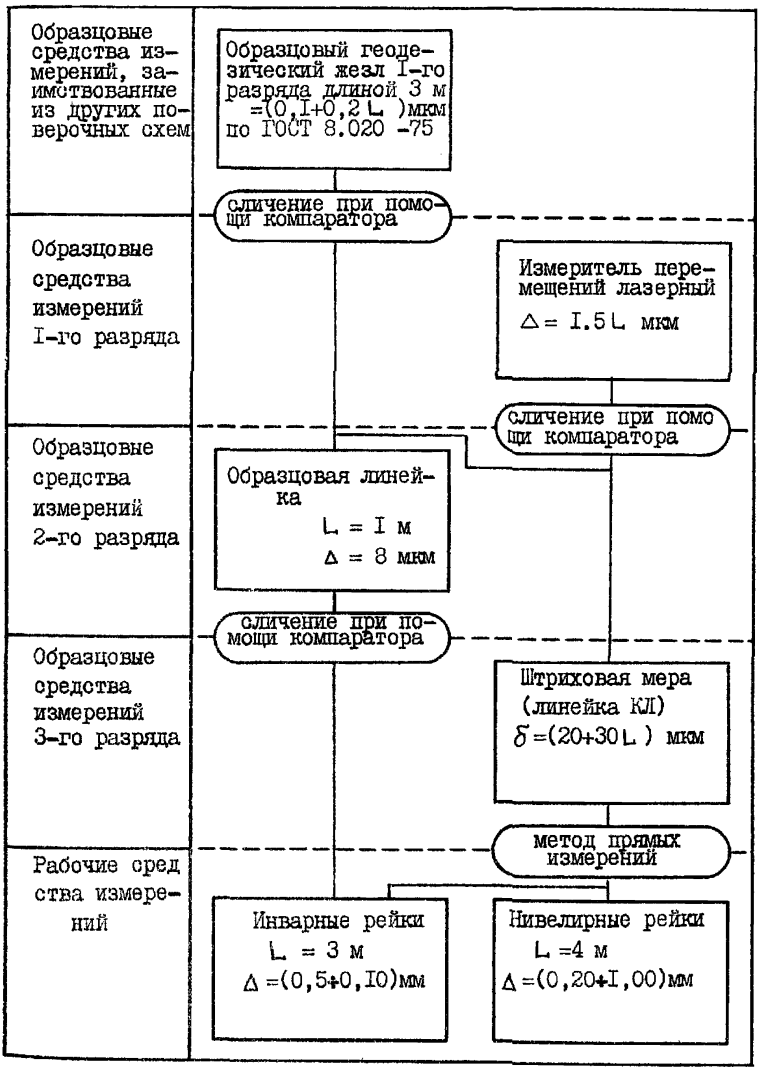
9. Периодичность поверки

9.1. Общая периодичность поверки компаратора в эксплуатации (согласно таблице I) – один раз в год.

9.2. Периодичность поверки по другим характеристикам устанавливается следующим образом:

– определение цены деления уровня и термического коэффициента расширения (пп.3 и I2 таблицы I)	один раз в 5 лет
– поверка параметров, характеризующих состояние микроскоп-микрометров (пп.5,6,7 таблицы I)	один раз в полгода
– определение вариации отсчетов микрометра микроскопа, определение постоянства длины ОИК (пп.8,I6 таблицы I)	один раз в два месяца

ЛОКАЛЬНАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ОТ I м ДО 4 м



Приложение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ

Дата: Наблюдатель: Вайцекян В.И.

Экзаменатор: ЗВ б/н Записывала: Колпакова Л.Ю

$\tau_э = 1{,}021''$

$t°C$ воздуха	№ установки	Отсчеты по лимбу винта экзаменатора	$\Delta\ell$	Время отсчетов	Отсчеты по шкале уровня Л	Отсчеты по шкале уровня П	Л+П	L''	L_j
			I-й прием						
+23,8	I	$10^{об}\ 00{,}0^{зел.}$		12 24	5,5	18,3	23,8		
	2	II 20,0	200	26	17,4	30,2	47,6	23,8	23,95
	3	II 20,0		30	17,5	30,2	47,7		
	4	I0 00,0	200	32	5,5	18,1	23,6	24,1	

Данные других приемов измерений не приводятся

$$\tau'' = \frac{2\Delta\ell \cdot \tau_э}{L} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 1{,}021}{23{,}54} = 17{,}3''$$

Приложение 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАЦИИ ОТСЧЕТОВ МИКРОМЕТРА МИКРОСКОПА

Наблюдатель: Кузнецов Ю.Г.
Записывающий: Земская Н.Е.

Микроскоп-микрометр № 2

№№ пп	Наведение при ввинчивании (А)	Наведение при вывинчивании (В)	А – В
I	20II,6 (I)ж)	20II,9(2)	– 0,3
2	I2,I (4)	I2,9(3)	– 0,8
3	I2,0	I2,7	– 0,7
4	II,8	I2,3	– 0,5
5	II,4	I2,5	– I,I
6	I2,0	I3,2	– I,2
среднее	II,8	I2,6	– 0,8

Вариация отсчетов микроскоп-микрометра № 2 меньше – 3 мкм

Вычислила: Земская Н.Е. Проверил: Кузнецов Ю.Г.

ж) Порядок наведений на индекс $20^{об}$ сетки нитей.

Приложение 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЙ ОБРАЗЦОВОГО ИНВАРНОГО ЖЕЗЛА

Дата — Наблюдал: Вайцекян В.И.
УИМ-2I № — Записывал: Колпакова Л.Ю.
Образцовый инварный жезл № 63

№№ установки	Номер штриха ОИЖ	Отсчеты по микроскопу: ход прямо $m_{i,n}$	ход обратно $m_{i,o}$	m_i	$r_j = m_{i_1} - m_i$
		Прием № I $t = 21{,}2^{\circ}C$			
	-5	97,725	97,73I	97,728	I,00I
	-4	98,727	98,73I	98,729	I,000
	-3	99,730	99,728	99,729	I,000
	-2	I00,729	I00,729	I00,729	I,00I
	-I	I0I,728	I0I,73I	I0I,730	0,999
	0	I02,73I	I02,728	I02,729	I,00I
	I	I03,732	I03,728	I03,730	0,998
	2	I04,730	I04,727	I04,728	I,000
	3	I05,729	I05,727	I05,728	I,002
	4	I06,730	I06,730	I06,730	0,999
	5	I07,730	I07,728	I07,729	

Значения результатов других приемов не приведены.

Средняя квадратическая погрешность определения цены деления

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma\Sigma(r_j - r)^2}{k(n-1)}} = \sqrt{\frac{179}{10 \cdot 7}} = 1{,}6 \text{ мкм.}$$

Приложение 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ БАРАБАНА МИКРОМЕТРА ПО ТРЕМ ШТРИХАМ

Наблюдатель – Сосулина С.В.
Записывающий – Кузнецов Ю.Г.

№№ пп	Штрих контрольной линейки			a_2-a_1	a_3-a_2
	+I,00 a_1	00 a_2	-I,00 a_3		
I.	I06I,3 (I)	2063,I (2)	3067,5 (3)	I00I,8	I004,4
2.	6I,I (6)	63,0 (5)	65,8 (4)	I,9	2,8
3.	59,6 (7)	62,8 (8)	64,8 (9)	3,2	2,0
4.	59,2	62,6	66,I	3,4	3,5
5.	58,9	6I,8	66,0	2,9	4,2
6.	60,5	62,3	65,9	I,8	3,6
7.	I0I9, 5	2022,7	3026,5	I003,2	I003,2
8.	I7,3	22,8	26,3	5,5	3,5
9.	I8,2	22,5	26,0	4,3	3,5
I0.	I9,2	23,5	25,5	4,3	2,0
II.	20,0	24,3	28,2	4,3	3,9
I2.	I8,8	23,I	26,0	4,3	2,9
Ср.	I039,47	2042,88	3046,22	I003,4I	I003,34

Остальные два приема не приводятся.
$(a_2 - a_1)$ ср.из всех приемов равно I003,4I (a_3-a_2) ср.= = I003,34

ℓ_1=I006.7 мкм и ℓ_2=I005,7 мкм

$$C = \frac{\ell_1}{(a_2 - a_1)} = 1{,}003 \qquad C = \frac{\ell_2}{(a_3-a_2)} \; 1{,}002$$

С лев. =1,002

Величины ℓ_1 и ℓ_2 взяты из свидетельства об эталонировании образцовой линейки на ЭОМЗ ЦНИПГАиК.

Вычислил: Кузнецов Ю.Г. Проверил: Сосулина С.В.

Приложение 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАСШИРЕНИЯ ОБРАЗЦОВОГО ИНВАРНОГО «ЖЕЛА

I. Определение длины компаратора

Наблюдатели: Бемская Н.Е.
Багрянский А.Л.

Записывающий: Корокина Т.П.

$K = \Sigma(n \cdot C_2 - \Lambda \cdot C_1)_{cp} + \Delta K + \Delta t$

ΔK – длина жезла при температуре (t_2) сравнения с эталоном

t_1 – температура в момент определения длины компаратора

C – цена деления микроскоп-микрометра

C_I= 0,985; C_2=0,997

Уравнение жезла

$1м + 10,5 + \alpha(t_1 t_2) + \beta(t_1^2 - t_2^2) =$
$1м + 10,5 + 1,25(t_1 - t_2) +$
$0,0026\ (t_1^2 - t_2^2)$.

№ приема	t^oC	Прямо Л	Прямо П	Прямо П-Л	Обратно Л	Обратно П	Обратно П-Л
I	+I8,6	$20^{oo}39$	$20^{oo}26$	-I3	$20^{oo}37$	$20^{oo}22$	-I5
	+I8,6	37	25	-I2	39	2I	-I8
		38	24	-14	36	20	-I6
	+I8,6	$20^{oo}38,0$	$20^{oo}25,0$	-I3,0	$20^{oo}37,3$	$20^{oo}2I,0$	-I6,3
			Среднее				-I4,6
II	+I9,0	$20^{oo}5I$	$20^{oo}44$	-7	$20^{oo}49$	$20^{oo}39$	-I0
	+I9,0	48	40	-8	49	38	-II
		50	4I	-9	47	37	-I0
	+I9,0	$20^{oo}49,7$	$20^{oo}4I,7$	-8,0	$20^{oo}48,3$	$20^{oo}38,0$	-I0,3
			Среднее				-9,2

2. Вычисление длины компаратора

	I прием	II прием	III прием
t_1	+ I8,6	+ I9,0	
t_2	+ 20,6	+ 20,5	
$t_1 - t_2$	- I,9	- I,5	
t_1^2	+ 346	+ 36I	
t_2^2	+ 420	+ 420	
$t_1^2 - t_2^2$	- 74	- 59	
$\alpha(t_1 - t_2)$	- 2,4	- I,9	
$\beta(t_1^2 - t_2^2)$	- 0,2	- 0,2	
Δt	- 2,6	- 2,I	
$\Sigma(n \cdot C_2 - n C_1)_{ср}$	-I4,5	- 9,I	
ΔK	+I0,5	+ I0,5	
Δt	- 2,6	- 2,I	
K	- 6,6	- 0,7	
$K_{ср}$	I м - 3,6 мкм		

3. Определение длины инварного жезла

Интервал 0 - 1000

Наблюдатели: Корокина Т.П. Записывающий: Хохрякова Е.О.
Земская Н.Е.

№ полуприема	t°C	Прямо л	Прямо п	Прямо л-п	t°C	Обратно л	Обратно п	Обратно л-п
I	+17,0	$19^{00}60$	$20^{00}00$	- 40	+17,0	$20^{00}55$	$20^{00}96$	-41
	+16,9	59	07	- 48	+16,9	58	94	-36
	+17,0	64	01	- 37	+17,0	59	92	-33
		$19^{00}61,0$	$20^{00}02,7$	-41,7		$20^{00}57,3$	$20^{00}94,0$	-36,7
		Среднее			+17,0			-39,2
	+25,8	$19^{00}46$	$19^{00}74$	- 28	+27,1	$20^{00}10$	$20^{00}27$	-17
	+27,0	46	72	- 26	+27,5	08	26	-18
	+26,4	46	74	- 28	+26,7	09	27	-18
		$19^{00}46,0$	$19^{00}73,3$	- 27,3		$20^{00}09,0$	$20^{00}26,7$	-18,7
		Среднее			+26,8			-10,0
	+32,0	$20^{00}17$	$20^{00}28$	-11	+32,0	$19^{00}62$	$19^{00}70$	- 8
	+34,0	17	32	-15	+34,0	59	69	- 10
	+33,5	17	25	-8	+33,6	64	72	- 8
		$20^{00}17,0$	$20^{00}28,3$	-11,3		$19^{00}61,7$	$19^{00}70,3$	-8,7
		Среднее			+33,2			-10,0
	+42,0	$30^{00}34$	$20^{00}33$	+1	+41,2	$20^{00}28$	$20^{00}11$	+ 17
	+40,0	36	33	+3	+40,9	24	14	+ 10
	+ 41,0	36	31	+5	+39,5	28	14	+ 14
		$20^{00}35,3$	$20^{00}32,3$	+3,0		$20^{00}26,7$	$20^{00}13,0$	+13,7
		Среднее			+40,8			
I	+50,0	$19^{00}76$	$19^{00}53$	+23	+49,2	$21^{00}27$	$20^{00}93$	+34
	+49,6	74	55	+19	+49,0	24	91	+33
	+47,1	73	50	+23	+46,8	26	90	+36
		$19^{00}74,3$	$19^{00}52,7$	+21,7		$21^{00}25,7$	$20^{00}91,3$	+34,3
		Среднее			+48,6			+28,0

№№ п–п	t°C	Прямо Л	Прямо П	Прямо Л–П	t°C	Обратно Л	Обратно П	Обратно Л–П
I_2	+47,0	$21^{00}26$	$20^{00}92$	+34	+46,8	$20^{00}85$	$20^{00}54$	+3I
	+49,I	25	88	+37	+48,4	85	53	+32
	+48,4	26	92	+34	+48,2	83	53	+30
		$21^{00}25,7$	$20^{00}90,7$	+35,0		$20^{00}84,3$	$20^{00}53,3$	+3I,0
		Среднее			+ 46,3			+33,0
	+40,0	$20^{00}7I$	$20^{00}52$	+I9	+40,0	$20^{00}62$	$20^{00}5I$	+II
	+4I,I	67	52	+I5	+4I,6	60	5I	+ 9
	+38,8	65	49	+I6	+38,2	63	5I	+I2
		$20^{00}67,7$	$20^{00}5I,0$	+I6,7		$20^{00}6I,7$	$20^{00}5I,0$	+I0,7
		Среднее			+ 39,9			+I3,7
	+32,2	$20^{00}46$	$20^{00}55$	- 9	+32,2	$20^{00}30$	$20^{00}35$	-5
	+32,4	47	59	-I2	+33,5	28	36	-8
	+33,2	48	56	-8	+33,0	30	35	-5
		$20^{00}47,0$	$20^{00}56,7$	-9,7		$20^{00}29,3$	$20^{00}35,3$	-6,0
		Среднее			+ 32,8			-7,8
	+26,0	$I9^{00}09$	$I9^{00}40$	-3I	+26,2	$I8^{00}99$	$I9^{00}43$	-44
	+28,I	09	39	-30	+27,0	$I9^{00}0I$	44	-43
	+27,0	08	37	-29	+26,9	$I8^{00}98$	42	-44
		$I9^{00}08,7$	$I9^{00}38,7$	-30,0		$I8^{00}99,3$	$I9^{00}43,0$	-43,7
		Среднее			+26,9			-36,8
	+20,0	$I8^{00}64$	$I9^{00}I5$	-5I	+I9,8	$I8^{00}68$	$I9^{00}23$	-55
	+20,7	64	I3	-49	+20,7	70	26	-56
	+I9,8	63	I3	-50	+20,0	68	24	-56
		$I8^{00}63,7$	$I9^{00}I3,3$	-50,0		$I8^{00}68,7$	$I9^{00}24,3$	-55,7
		Среднее			+20,2			-52,8

4. Сводка наблюдений

	Приемы и полуприемы				Среднее
	I_I	I_2	II_I	II_2	
$(L+K_{ср})$	-43,6	-57,2			-50,4
t°	+17,0	+20,2			+18,6
$(L+K_{ср})$	-26,4	-41,4			-33,9
t°	+26,8	+26,9			+26,8
$(L+K_{ср})$	-14,0	-11,9			-13,0
t°	+33,2	+32,8			+33,0
$(L+K_{ср})$	+ 4,3	+ 9,4			+ 6,8
t°	+40,8	+39,9			+40,4
$(L+K_{ср})$	+23,9	+28,8			+26,4
t°	+48,6	+46,3			+47,4
$t_{ср}$	+33,28	+33,20			+33,24

Таблица $\alpha_э$ для t_0 = + 20,0°С

t °С	$\alpha_э$ /мкм/1м·1°С/
0	+ 1,03
+10	+ 1,10
+20	+ 1,18
+30	+ 1,25
+40	+ 1,32

5. Решение нормальных уравнений

Таблица коэффициентов начальных уравнений

№№ п/п	τ_i	$\tau_{i+1}-\tau_i$	Δl	a	b	l	
				+1	$+0{,}1(\tau_{i+1}+\tau_i)$	$\frac{-\Delta l}{2(\tau_{i+1}-\tau_i)}$	V
I	-I4,64						
2	-6,44	+8,2	+I6,5	+I	-2,I08	-I,006	+0,2II6
3	-0,24	+6,2	+20,9	+I	-0,668	-I,685	-0,3629
4	+7,I6	+7,4	+I9,8	+I	+0,692	-I,338	+0,0828
5	+I4,I6	+7,0	+20,4	+I	+2,I32	-I,457	+0,0694
	0			+4	+0,048	-5,486	+0,0009
						$[V^2]$	=0,I88I

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{[V^2]}{n-k}} \qquad \pm 0{,}3I \text{ мкм}$$

Таблица коэффициентов нормальных уравнений

$[aa]$	$[ab]$	$[al]$	$[bb]$	$[bl]$	α'	β'
+4,0	+0,048	-5,486	+9,9I42	-0,7860	+I,3706	+0,0726

Решение нормальных уравнений

$[ab][bl]$	$-[bb][ab]$	A	$[ab][al]$	$-[aa][bl]$	B	$[aa][bb]$
-0,0377	+54,3893	+54,35I8	-0,2633	+3,I440	+2,8807	+39,6568

$-[ab]^2$	N
- 0,0023	+39,6545

α = + 0,9 мкм/Iм·I°C

β = + 0,007 мкм/I м·$(I^{\circ}C)^2$

$m = \pm 0{,}45\sqrt{[V^2]}$ = ±0,20 мкм

Приложение 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ОБРАЗЦОВОГО ИНВАРНОГО ЖЕЗЛА

Дата: Оператор: Вайцекян В.И

Образцовый инварный жезл № 63 Наблюдатель: Кузнецов Ю.Г.

Лазерный интерферометр фирмы

Hewlett Packard № I948 A0 II7

$t_{возд.}$ =I7,3°C $t_{ожж}$ =I7,35°C

C =0,980 дел/мкм

Отсчеты по М–М в 0,Iмм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по м–м в 0,Iмм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по М–М в 0,Iмм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по М–М в 0,Iмм	Отсчеты по ИПЛ
$\ell'_{1,2,3}$ ℓ_1	$L'_{1,2}$ L_1	$\ell'_{3,4,5}$ ℓ_2	$L'_{3,4}$ L_2	$\ell'_{7,8,9}$ ℓ_3	$L'_{5,6}$ L_3	$\ell'_{10,11,12}$ ℓ_4	$L'_{7,8}$ L_4
				Прием № I			
I8,I65+0,0005		I9,895	999,8548	I9,887	999,8545	I8,I67	0,00I5
I52		888		895		I52	
I57+0,0005		883	999,8546	88I	999,8544	I65	0,00I7
I8,I58+0,0005		I9,889	999,8547	I9,888	999,8544	I8,I6I	0,00I6

$L_{ожж,j}$ =I000,000 мм

$L_{ожж}$ =I000,025 мм

M =I,9 мкм

Значения результатов других приемов не приведены.

Приложение 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСОВПАДЕНИЯ ЦЕНТРОВ МАЛОГО И БОЛЬШОГО БИССЕКТОРОВ МИКРОМЕТРА



А СД В

Наблюдатель: Корокина Т.П
Записывающий: Сосулина С.В.

Микроскоп-микрометр № 2

№№ пп	Нить биссектора А	С	Д	В	А+В	С+Д
I.	I248,0(I)	I992,5(2)	20II,9(3)	2757,8(4)	4005,8	4004,4
2.	48,4(8)	90,2(7)	I2,9(6)	58,3(5)	6,7	3,I
3.	47,8	92,4	II,7	57,5	5,3	4,I
4.	48,0	9I,4	II,6	57,6	5,6	3,0
5.	47,6	92,0	II,4	57,8	5,4	3,4
6.	48,2	92,5	II,6	58,4	6,6	4,I
средне- нее	I248,0	I99I,8	20II,9	2757,9	4005,9	4003,7

Центр большого биссектора – $\frac{(A + B)ср}{2}$ =2002,95

Центр малого биссектора – $\frac{(C + Д)ср}{2}$ =200I,85

Несовпадение центров биссекторов равно I,I0 мкм

Вычислил: Сосулина С.В. Проверил: Кузнецов Ю.Г.

Приложение 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ КОМПАРАТОРА

Наблюдатели: Корокина Т.П.
Сосулина С.В.

Записывающий: Земская Н.Е.

Журнал № 2 от

$C_{ср}$=0,98 мкм

№№ приемов	t°	Прямо Л	Прямо П	Прямо П–Л	Обратно Л	Обратно П	Обратно П–Л
I.	+18°,6	19°°69	19°°42	-27	19°°69	19°°39	-30
	0,6	68	41	-27	68	37	-31
		68	42	-26	69	37	-32
	+18°,6	19°°68,3	19°°41,7	-26,7	19°°68,7	19°°37,7	-31,0
		Среднее:			19°°68,5	19°°39,7	-28,8
II.	+18°,9	19°°43	19°°27	-16	19°°43	19°°13	-30
	0,9	42	25	-17	42	13	-29
	+18,9	43	27	-16	41	14	-27
		19°°42,7	19°°26,3	-16,3	19°°42,0	19°°13,3	-28,7
		Среднее:			19°°42,4	19°°19,8	-22,5

Вычислил: Земская Н.Е.
Проверил: Сосулина С.В

$\mathcal{L} = K + (л-п) \cdot C_{ср}$ Представлены экс. № 23

$K = (П-Л)_{ср} C + \Delta K + \Delta t$ Изготовлены заводом ЭОМЗ ЦНИИГАиК

K – длина образцовой линейки при температуре (t_2) эталонирования на компараторе МИИГАиК

t_1 – температура в момент определения длины компаратора;

$C_{ср}$ – цена деления микроскопа

$C_{ср}$ – I,000

Уравнение образцовой линейки № 5

$$I\,M + I8,5 + \alpha(t_1 - t_2) + \beta(t_1^2 - t_2^2) =$$
$$= I\,м + I8,5 + I,25\,(t_1 - t_2) + 0,0026\,(t_1^2 - t_2^2)$$

Вычисление длины компаратора

	I прием	II прием	III прием
t_1	$+18^0,6$	$+18^0,9$	
t_2	+20,0	+20,0	
$t_1 - t_2$	– I,4	– I,1	
t_1^2	+ 346	+357	
t_2^2	+ 400	+400	
$t_1^2 - t_2^2$	– 54	–43	
$\alpha(t_1 - t_2)$	– I,8	– I,4	
$\beta(t_1^2 - t_2^2)$	– 0,1	– 0,1	
Δt	– 1,9	– 1,5	
$(П - Л)_{ср}$	– 28,8	– 22,7	
$(П - Л)_{ср}$	– 28,8	–22,7	
ΔK	+ I8,5	+18,5	
Δt	– I,9	– I,5	
K	I м – I2,2	I м – 5,7	

$K_{ср}$ I м – 9 мкм

Вычислил: Кузнецов Ю.П.

Проверил: Корокина Т.П.

Приложение I0
обязательное

ПРОТОКОЛ №

метрологической аттестации компаратора МК-I

I. Общие данные об аттестации средстве измерений	Компаратор МК-I является стационарным лабораторным прибором и предназначен для поверки метровых инварных и шашечных реек и линейки КЛ.
2. Метрологические характеристики (МХ)	I. Номинальная длина образцового инварного жезла (ОИЖ) I000± 0,02 мм 2. Погрешности длины ОИЖ не более 5 мкм. 3. Номинальная цена деления ОИЖ I ±0,0I мм 4. Погрешность цены деления ОИЖ, не более I,5 мкм 5. Цена деления уровня 20" 6. Цена деления микроскоп-микрометров I мкм 7. Вариация отсчетов микроскоп-микрометров не более 3 мкм 8. Совмещение центров малого и большого биссекторов3 мкм 9. Средняя квадратическая погрешность определения метровых интервалов не более I0 мкм
3. Операции исследований	В соответствии с МИ БГЕИ 0I-89
4. Результаты измерений	Приведены в таблице

Наименование МХ	Нормированное значение параметра	Полученные значения
I. Цена деления уровня	20"	
2. Поверка рельсового пути	0,2 мм	
3. Поверка установки визирной оси микроскоп-микрометров в вертикальное положение	не более толщины сетки нитей	

4. Поверка параллельности оси движения тележки с линией, проходящей через визирные оси микроскоп-микрометров отклонение	0,2 мм
5. Поверка расположения предметных плоскостей микроскоп-микрометров в одной горизонтальной плоскости	
6. Вариация отсчетов микрометра микроскопа	не более 3 мкм
7. Цена деления ОИЖ	I ±0,0I мм
8. Погрешность отсчетов микрометра микроскопа	не более 3 мкм
9. Цена деления отсчетного барабана микрометра микроскопа	I мкм
I0. Термический коэффициент расширения ОИЖ	не более 2,5 мкм
II. Номинальная длина ОИЖ	I000+0,02 мм
I2. Погрешность длины ОИЖ	не более 5 мкм
I3. Совмещение центров малого и большого биссекторов	не более 3 мкм
I4. Постоянство длины ОИЖ	не более 5 мкм
I5. Средняя квадратическая погрешность определения метровых интервалов	не более I0 мкм

5. Выводы

Исполнители: _____

должность, Ф.и.о., подписи

Приложение II
(Образец)

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

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

ГОЛОВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

СВИДЕТЕЛЬСТВО №
о ведомственной метрологической аттестации
средств измерений

Наименование средства измерений Компаратор МК-I

Дата выпуска I9 г, предназначено для поверки метровых интервалов инварных и шашечных реек и линейки КЛ.

Основные метрологические характеристики: - номинальная длина ОИ№ I000±0,02 мм; - номинальная цена деления ОИ№ I ±0,0I мм; - цена деления микроскоп-микрометров I мкм; - средняя квадратическая погрешность метровых интервалов не более I0 мкм. Условия эксплуатации нормальные в лабораторных условиях.

По результатам метрологической аттестации (протокол № от " " I9 г.) средство измерения допускается к применению в качестве образцового подчиненного средства измерений

Очередную поверку произвести не позднее " " I9 г.

Главный метролог Ф.И.О.

м.п.
" " I9 г.

Результаты аттестации

Номер п/п	Метрологическая характеристика		
	Наименование	Полученное значение	Погрешность определения
I.	Длина ОИМ		
2.	Цена деления ОИМ		
3.	Цена деления уровня		
4.	Цена деления микроскоп-микрометров		
5.	Вариация отсчетов микроскоп-микрометров		
6.	Значение метровых интервалов		
7.	Совмещение центров малого и большого бисекторов		

Поверитель Ф.И.О.

Приложение 12
(образец)

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

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

С В И Д Е Т Е Л Ь С Т В О №
о ведомственной поверке

Компаратор МК-I
(наименование прибора)
№ _____
с пределами измерения от 0 до 4 м

изготовлен ЭОМЗ ЦНИИГАиК
принадлежит _____
на основании результатов ведомственной поверки признан годным и допущен к применению в качестве образцового подчиненного средства измерений
Свидетельство действительно по I9 г.
Результаты ведомственной поверки

I. Длина ОИ№
2. Цена деления ОИ№
3. Цена деления уровня
4. Цена деления микроскоп-микрометров
5. Вариация отсчетов микроскоп-микрометров
6. Совмещение центров малого и большого биссекторов

Главный метролог Ф.И.О.

Ведомственный поверитель Ф.И.О.

"____" _____I9____ г.

Содержание

1. Назначение компаратора 1
2. Метрологические характеристики 1
3. Операции и средства метрологической аттестации и поверки 2
4. Требования безопасности 4
5. Условия проведения метрологической аттестации и поверки 5
6. Подготовка к работе 5
7. Проведение операций при метрологической аттестации и поверке 7
8. Оформление результатов метрологической аттестации и поверки 21
9. Периодичность поверки 22

Приложение 1. Локальная поверочная схема для геодезических средств измерения длины от 1 м до 4 м 23

Приложение 2. Определение цены деления уровня.....24

Приложение 3. Определение вариации отсчетов микрометра микроскопа 25

Приложение 4. Определение цены деления образцового инварного жезла 26

Приложение 5. Определение цены деления барабана микрометра по трем штрихам 27

Приложение 6. Определение термического коэффициента расширения образцового инварного жезла .28

Приложение 7. Определение длины образцового инварного жезла 34

Приложение 8. Определение несовпадения центров малого и большого биссекторов микрометра 35

Приложение 9. Определения длины компаратора 36

Приложение 10. Протокол метрологической аттестации компаратора МК-1 38

Приложение 11. Образец свидетельства о ведомственной метрологической аттестации средств измерений.....40

Приложение 12. Образец свидетельства о ведомственной поверке.....42

ЦНИИГАиК. Тираж 120. Заказ 95

gost.e-ecolog.ru