

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

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 В.И.Вайцекян
исполнитель

Внесен на утверждение ОСМОГИ

Методика института

Методические указания	ММ БГЕИ О1-89
Компаратор МК-1. Методы и средства метрологической аттестации и поверки	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-1 и устанавливают методы и средства метрологической аттестации, первичной и периодической поверки.

I. Назначение компаратора

Компаратор МК-1 является стационарным лабораторным прибором и предназначен для контроля метровых интервалов инварных и шашечных реек и штриховой меры длины ІУ типа, 5 класса точности по ГОСТ 12069-78 (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

2.1. Номинальная длина образцового инварного языка (ОИЯ), мм	$1000 \pm 0,02$
2.2. Погрешность длины ОИЯ, не более, мкм	5
2.3. Номинальная цена деления ОИЯ, мм	$1 \pm 0,01$
2.4. Погрешность цены деления ОИЯ, 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	10
2.9. Смещение центров малого и большого сегментов микрометра микроскопа не более, мкм.	

3. Операции и средства метрологической аттестации и поверки

3.1. При проведении метрологической аттестации и поверки МК-1 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 производственной мастерской	выпуске из логистики	выпуске из эксплуатации	после ремонта и хранения	аттестации
1	2	3	4	5	6	7	
1. Внешний осмотр	7.1		-	да	да	да	да
2. Опробование	7.2						
2.1. компаратора МК-1	7.2.1		-	да	да	да	да
2.2. при работе с измерителем перемещения лазерным (типа ИПЛ-ЗОК)	7.2.2.		-	нет	да	нет	нет
3. Определение ценности деления уровня	7.3	Экзаменатор с ценой деления 1"	да	да	нет	нет	нет
4. Проверка рельсового пути	7.4	Нивелир типа Н3 по ГОСТ 10528-84, линейка длиной до 200 мм с ценой деления 1 мм по ГОСТ 427-75, струна или визирная цель, уровень с ценой деления 20"	нет	да	да	да	да

1	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 ОИМ	7.9	Универсальный микроскоп с ценой деления 1 мкм	да	да	да	нет
10.	Определение погрешности цены деления ОИМ	7.10	то же	да	нет	нет	нет
11.	Определение цены деления отсчетного барабана микроскопа	7.11	ОИМ компаратора МК-1	да	да	да	да
12.	Определение терминального коэффициента расширения ОИМ	7.12	Образцовый инвариный жезл или образцовый геодезический жезл 1-го разряда или ИПЛ-ЗОК и компаратор с диапазоном измерения не менее 1000 мм, образцовые термометры с ценой деления 0,2°C	да	нет	нет	нет
13.	Определение отсчетов, соответствующих центрам малого и большого биссекторов	7.13	-	да	да	да	нет

* измеритель перемещений лазерный

1	2	3	4	5	6	7	8
14. Определение длины ОИЖ	7.14	Образцовый геодези- ческий язэл 1-го разряда или изме- ритель перемеще- ний лазерный (ти- па ИШ-ЗОК) и ком- паратор с диапазо- ном измерения не менее 1000 мм	да	да	да	да	да
15. Определение пог-решности длины ОИЖ	7.15	то же	да	да	нет	нет	
16. Определение по-стоянства длины ОИЖ		Измеритель переме- щений лазерный (ти- па ИШ-ЗОК) и ком- паратор с пределами измерения не менее 1000 мм или компа- ратор МК-1	да	да	нет	да	
17. Определение сред-ней квадратической погрешности вос-произведения дли-ны		Измеритель переме- щений лазерный типа ИШ-ЗОК (далее - ИШ)	нет	да	нет	нет	

3.2. Допускается применять другие средства измерений для про- ведения метрологической аттестации и поверки, прошедшие метроло- гическую 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.

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

4.2. До включения в сеть должны быть подключены кабели свя-зи. Запрещается в процессе работы отсоединять их, а также произ-водить 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

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

- 1) температура окружающей среды $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, отклонение температуры при проведении операций по п.14,15,16 и 17 таблицы I не должно превышать $0,1^\circ\text{C}$ в течение одного приёма измерений;
- 2) относительная влажность воздуха $(58 \pm 20)\%$;
- 3) атмосферное давление $(760 \pm 40) \text{ мм рт.ст.}$.

4) наибольшая скорость движения воздуха в рабочем пространстве при работе с ИПЛ не более $0,1 \text{ м/с}$.

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

5.3. Помещение, в котором устанавливается компаратор, должно быть освещено люминесцентными лампами, с освещенностью на рабочем месте $150\text{--}200 \text{ лк.}$

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 $0,2^\circ\text{C}$. Во время использования ОИЖ его из ящика не вынимают.

6. Подготовка к работе

6.1. 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 1,0 м

и 1,5 м от пола устанавливают термометры с ценой деления 0,5⁰С.

7. Проведение операций при метрологической аттестации и поверке

7.1. 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

7.2.1. При проведении опробования компаратора должны быть установлены: плавность и легкость вращения микрометрических 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 "1000".

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 $\frac{1}{4}$ -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° и выполните три приема измерений в аналогичной последовательности приведенной в пп. I-7.

Цену деления уровня вычислите по формуле

$$\tau'' = \frac{2\ell \tau''_3}{L},$$

где τ' — цена деления экзаминатора в секундах дуги;

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

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 (трехгранных) 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 проверяют установку звеньев поддерживающего рельса. Расстояние между наружной стороной трехгранных рельса и внутренней стороной поддерживающего рельса должно быть 250±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 трехгранных 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, придаанных в комплект компаратора.

При выполнении проверки в середине рельсового пути определяются отсчеты по шкалам ампул уровней, соответствующие: для одного условия-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. поддерживающего 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 микрометрического 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 20⁰⁰ 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° сетки нитей. Делают шесть наведений (A_1, A_2, \dots) при ввинчивании винта микроскопа, что соответствует увеличению отсчетов по барабану, и шесть наведений (B_1, B_2, \dots) 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 язела

Определение цены деления ОИЖ выполняют на универсальном микроскопе (типа УИМ) с ценой деления 1 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: 1. m_i – средний отсчет в приеме 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;

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 "1000".

7.10. Средняя квадратическая погрешность определения цены деления ОИЖ вычисляется на основании измерений выполненных в п.7.10 по формуле

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

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°C . Отсчеты выполняют по трем штрихам: $+1$; 0 ; -1 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 ИПШ на компараторе с диапазоном измерения не менее 1 м или с использованием образцового инварного жезла с аттестованными метрологическими характеристиками.

7.I2.1. При выполнении измерений на компараторе один прием измерений включает в себя следующие операции:

1. ОИЖ помещают 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 $(50 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

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

Δ_1 и Γ_1 . Немного сдвиг барабан микрометра, снова ввинчиванием наводят биссектор на штрих и берут отсчет. Всего наведений делают пять.

6. Снимают показания термометров.
7. Понижают температуру воды на $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$, пауза 15 минут.
8. Выполняют действия по пп. 4, 5 и 6.
9. Выполняя действия по пп. 7 и 8 доводят температуру воды до 0°C , затем повышая температуру на $(10 \pm 1)^\circ\text{C}$ до 50°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.

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

7.12.2. Длина компаратора, оговоренная в п. 7.12.1, подпункты 3 и 10 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 ИИЛ-ЗОК в соответствии с инструкцией по его эксплуатации и рекомендациями, изложенными в п. 7.12.3

Расхождение длин компаратора полученных в результате измерений по пп. 3 и 10 и 7.12.1 должно быть не более 10 мкм.

7.12.3. При определении длины компаратора с использованием ИИЛ используется также вспомогательная визирная марка или какой-либо штрих ОИЖ.

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

Порядок измерения длины компаратора выполняют в следующей последовательности:

1. Перемещением тележки установите штрихи "1000" ОИЖ под левым микроскопом-микрометром.
2. На блоке индикации ИШ установите нулевое показание.
3. Выполните пять раз наведение (l_i) биссектором микрометра на штрихи "1000" ОИЖ, одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИШ (L_1).
4. Переместите тележку на длину ОИЖ.
5. Установите штрихи "1000" ОИЖ под правым микроскопом-микрометром.
6. Выполните пять раз наведение (l_{i+1}) биссектором микрометра на штрихи "1000" ОИЖ, одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИШ (L_2).
7. Переместите тележку далее, а затем в обратном движении выполните действия 5, 6, 4, 1 и 3.

Длину компаратора вычислите по формуле

$$L_{k,j} = \frac{1}{2} \left[\frac{L_2 + L_3}{2} - \frac{L_1 + L_4}{2} + \left(\frac{l_2 + l_3}{2} - \frac{l_1 + l_4}{2} \right) C \right],$$

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

C - цена деления микрометра микроскопа;

L_{1-4} - показания блока индикации ИШ.

7.12.4. 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_{cp} .

$$L_{cp} = \frac{1}{2} (L_1 + L_2).$$

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

$$\begin{aligned}
 L_{t,i}^{i,ii} &= \left(\frac{C_A}{5} \sum_{i=1}^5 \Lambda_i - \frac{C_B}{5} \sum_{i=1}^5 \Pi_i \right)^{i,ii}; \\
 t_{t,j}^{i,ii} &= \frac{1}{2} (t_1 + t_2)^{i,ii}; \\
 L_{t,j}^{i,ii} &= \frac{1}{2} (L_{t,i}^{i,ii} + L_{t,j}^{i,ii}); \\
 t_{t,j}^{i,ii} &= \frac{1}{2} (t_j^{i,ii} + t_j^{ii}),
 \end{aligned}$$

здесь Λ_i, Π_i - единичные отсчеты по левому и правому микроскопам;

C_A, C_B - цена деления барабана микрометра правого и левого микроскопов;

t_1, t_2 - температура воды измерения по пп. 4 и 6 раздела 7.12.1.

3. Среднее значение длины ОИЖ и температуры

$$\begin{aligned}
 L_t &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n L_{t,j}; \\
 t_t &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_{t,j},
 \end{aligned}$$

где n - число приемов измерений.

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

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

где $a = +1$,

$$b = 0,1(t_i + t_{i+1}),$$

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

$t_i = \frac{t_i - t_0}{K}$ - здесь K - число точек, для которых определялись температурные коэффициенты;

$$l_i = -\frac{\Delta l_i}{2(t_{i+1} - t_i)} \quad \text{- здесь } \Delta l_i \quad \text{- приращение длины ОИК при}$$

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 0,1- для α и до 0,001- 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.

7.13. Определение несовпадения центров малого и большого биссекторов микроскоп-микрометра

Положение центров биссекторов находят наведением нитей биссекторов на индекс $20^{\text{об}}$ 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.

7.14. Определение длины образцового инварного жезла

Определение длины ОИЖ выполняется на компараторе МИИГАИК или с помощью ИШ.

7.14.1. Определение длины ОИЖ на компараторе МИИГАИК выполняется на основе его сличения с образцовыми геодезическими жезлами I-го разряда длиной 3 м № 541 и № 613 по методике изложенной в инструкции по эксплуатации компаратора МИИГАИК.

7.14.2. Образцовый ИШ 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 ИШ, определяют коэффициент пересчета и вводят его в дешифратор.

Один прием измерений выполните в следующей последовательности:

- 1) Перемещением тележки установите штрих "1000" ОИЖ под левым микроскопом-микрометром;
- 2) на блоке индикации ИШ установите нулевое показание;
- 3) выполните три раза наведение биссектором микрометра микроскопа на штрих "1000" ОИЖ и получите отсчеты $l_{1,2,3}$, вычислите среднее значение отсчета l_1 , одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИШ, получите отсчет L_1 ;
- 4) переместите тележку на длину ОИЖ;
- 5) установите штрих "0" ОИЖ под левым микроскопом-микрометром.
- 6) выполните три наведения биссектором микрометра на штрих "0" ОИЖ и получите отсчеты $l_{3,4,5}$, вычислите среднее значение отсчета l_2 , одновременно с выполнением наведений отсчитайте показание блока индикации ИШ, получите отсчет L_2 ;
- 7) переместите тележку далее, а затем в обратном направлении;

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

Выполните 12 приемов измерения, причем 6 приемов выполните под правым микроскопом-микрометром.

Длину ОИМ для j -го приема измерений вычислите по формуле

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

где \bar{l}_{1-4} - средние отсчеты по микроскопом-микрометру;

C - цена деления микроскопом-микрометра;

\bar{L}_{1-4} - показания блока индикации ИПЛ;

λ - температурный коэффициент удлинения ОИМ;

$t_{\text{онж}}$ - среднее значение температуры ОИМ в период выполнения поверки.

Длину ОИМ вычислите по формуле

$$L_{\text{онж}} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} L_{\text{онж},j}.$$

7.15. Определение погрешности определения длины ОИМ

Средняя квадратическая погрешность M определения длины ОИМ определяется на основании результатов измерений по п.7.13 по формуле

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (L_{\text{онж},j} - L_{\text{онж}})^2}{n(n-1)}},$$

где n - число приемов измерений.

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

7.16. Определение постоянства длины образцовых инвариных жезлов

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

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

7.16.1. 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.

7.16.2. Относительное сравнение длин ОИЖ выполняют на компараторе МК-І методом определения длины компаратора.

Определение длины компаратора с ОИЖ выполняется в следующей последовательности:

1) 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 (Π_1) и левого (Λ_1) микрометров на большие штрихи ОИЖ и берут отчеты по барабану с точностью одного деления (первый полуприем). Колебания разности отсчетов ($\Pi_1 - \Lambda_1$) для каждой пары наведений не должны превышать 5 делений барабана. При больших расхождениях выполняют дополнительно еще три пары отсчетов и если нет отклонений больше 10 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 $(\Pi - \Lambda)_{\text{ср}}$, полученными в первом и втором полуприемах не должно превышать 10 делений барабана. В противном случае все наблюдения повторяют.

5) Второй наблюдатель измеряет температуру ОИЖ (t_2).

7.16.3. Длина компаратора определяется с каждым ОИЖ входящим в комплект компаратора.

Длину компаратора вычисляют по формуле:

$K_c = C_p \cdot \Pi_{cp} - C_l \cdot \Pi_{cp} + \Delta K + \Delta t$,
где C_p и C_l - цена деления правого и левого микрометров
микроскопов;

Π_{cp} и Π_{cp} - средние из отсчетов по правому и левому
микрометрам;

l - номер ОИЖ;

ΔK - отклонение длины ОИЖ от 1000, 00 мм;

Значение K берется из результатов последней поверки

$\Delta t = \lambda (t_{\text{окж}} - 20^\circ) \beta (t_{\text{окж}}^2 - 400)$ - поправка за температуру ОИЖ;
 $t_{\text{окж}}$ - средняя температура ОИЖ в мо-
мент определения длины компаратора;

λ, β - термические коэффициенты образзо-
вой линейки.

Пример определения длины компаратора приведен в прило-
жении 9.

Разность длин ОИЖ, входящих в комплект компаратора ΔK
равна

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

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, ко-
торая 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 при-
емом 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°C 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

$$M = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}},$$

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.

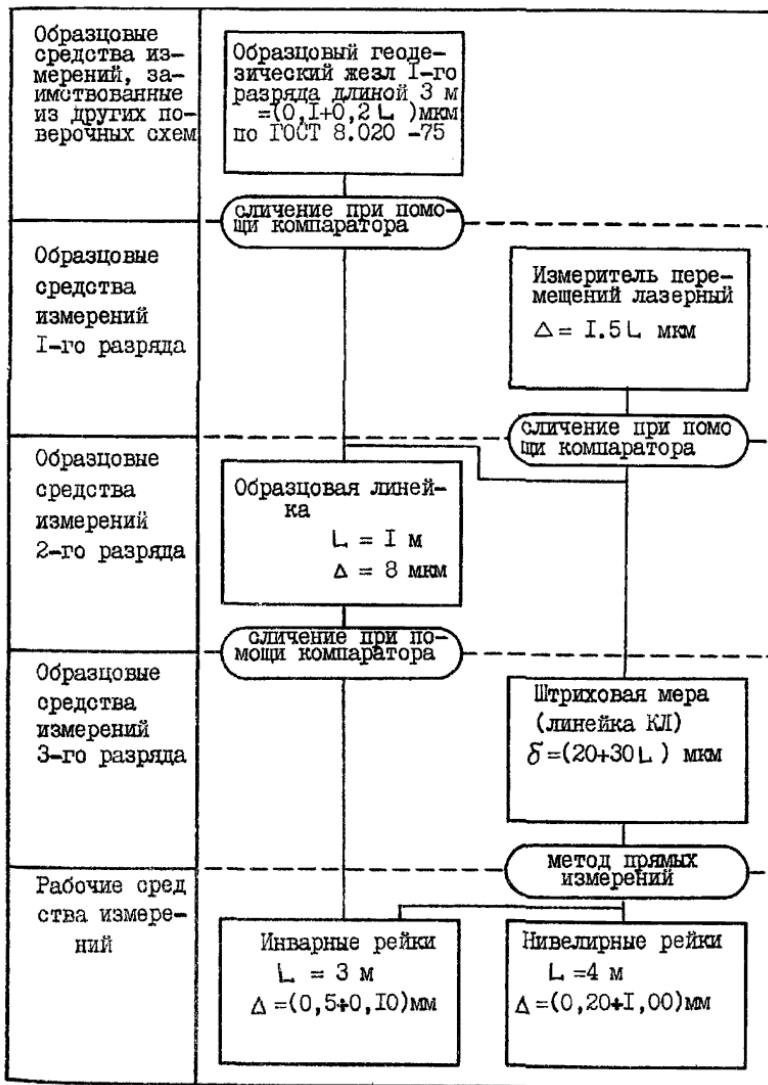
9. Периодичность поверки

9.1. Общая периодичность поверки компаратора в эксплуатации (согласно таблице 1) – 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 12 таблицы 1) один раз в 5 лет
- поверка параметров, характеризующих состояние микроскоп-микрометров (пп.5,6,7 таблицы 1) один раз в полгода
- определение вариации отсчетов микрометра микроскопа, определение постолнства длины ОИК (пп.8,16 таблицы 1) один раз в два месяца

ЛОКАЛЬНАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ОТ 1 м ДО 4 м



Приложение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ

Дата: Наблюдатель: Вайцекян В.И.

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

$$\tau_3 = 1,021''$$

t°C воздуха	№ уста- новки	Отсчеты по лимбу винта экзаме- натора	Δℓ	Время отсче- тов	Отсчеты по шкале уровня			L	L+P	L'	Lj
					Л	П	Л+П				

I-й прием											
+23,8	I	10 ⁰⁶ 00,0	00,0	I2 24	5,5	I8,3	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	10	00,0	200	32	5,5	18,1	23,6	24,1		

Данные других приемов измерений
не приводятся

$$\tau' = \frac{2\Delta\ell \cdot \tau_3}{L} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 1,021}{23,54} = 17,3''$$

Приложение 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАЦИИ ОТСЧЕТОВ МИКРОМЕТРА
МИКРОСКОПА

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

Микроскоп-микрометр № 2

№ пн	Наведение		A - B
	при ввинчивании (A)	при вывинчивании (B)	
1	2011,6 (I)*	2011,9(2)	- 0,3
2	12,1 (4)	12,9(3)	- 0,8
3	12,0	12,7	- 0,7
4	11,8	12,3	- 0,5
5	11,4	12,5	- 1,1
6	12,0	13,2	- 1,2
среднее	11,8	12,6	- 0,8

Вариация отсчетов микроскоп-микрометра № 2 меньше - 3 мкм

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

* Порядок наведений на индекс 20⁰⁶ сетки нитей.

Приложение 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЙ ОБРАЗЦОВОГО ИНВАРНОГО ЖЕЗЛА

Лата

YUM-2T 15

Образцовый инварный жезл № 63

Наблюдал: Вайщекян В.И.

Записывал: Колпакова Л.Ю.

№ установки	Номер штриха ОИК	Отсчеты по микроскопу		ход обратно	m_i	$r_j = m_{u_1} - m_{u_2}$
		ход прямо	ход обратно			
		$m_{u_1, n}$	$m_{u_2, o}$			
Прием № I						
$t = 21,2^{\circ}\text{C}$						
-5	97,725	97,731		97,728		I,001
-4	98,727	98,731		98,729		I,000
-3	99,730	99,728		99,729		I,000
-2	I00,729	I00,729		I00,729		I,001
-1	I01,728	I01,731		I01,730		0,999
0	I02,731	I02,728		I02,729		I,001
1	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

$$m = \sqrt{\frac{\sum \sum (n-r)^2}{K(n-1)}} = \sqrt{\frac{179}{10 \cdot 7}} = 1,6 \text{ MKM.}$$

Приложение 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ БАРАБАНА МИКРОМЕТРА ПО
ТРЕМ ШТРИХАМ

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

№	Штрих контрольной линейки			$a_2 - a_1$	$a_3 - a_2$
	+1,00	00	-1,00		
III	a_1	a_2	a_3		
I.	1061,3 (1)	2063,1 (2)	3067,5 (3)	1001,8	1004,4
2.	61,1 (6)	63,0 (5)	65,8 (4)	1,9	2,8
3.	59,6 (7)	62,8 (8)	64,8 (9)	3,2	2,0
4.	59,2	62,6	66,1	3,4	3,5
5.	58,9	61,8	66,0	2,9	4,2
6.	60,5	62,3	65,9	1,8	3,6
7.	1019,5	2022,7	3026,5	1003,2	1003,2
8.	17,3	23,8	26,3	5,5	3,5
9.	18,2	22,5	26,0	4,3	3,5
10.	19,2	23,5	25,5	4,3	2,0
II.	20,0	24,3	28,2	4,3	3,9
12.	18,8	23,1	26,0	4,3	2,9
Ср.	1039,47	2042,88	3046,22	1003,41	1003,34

Остальные два приема не приводятся.

$(a_2 - a_1)$ ср.из всех приемов равно 1003,41 $(a_3 - a_2)$ ср. =
= 1003,34

$$\ell_1 = 1006,7 \text{ мкм и} \quad \ell_2 = 1005,7 \text{ мкм}$$

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

С лев. = 1,002

Величины ℓ_1 и ℓ_2 взяты из свидетельства об эталонировании образцовой линейки на СОМС ЦНИИГАИК.

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

Приложение 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАСШИРЕНИЯ ОБРАЗЦОВОГО ИНВАРИНГО «ЕСА»

I. Определение длины компаратора

Наблюдатели: Земская Н.Е. Записывающий: Корокина Т.П.
Багрянский А.Л.

$$K = \sum (P \cdot C_p - A \cdot C_t)_{cp} + \Delta K + \Delta t$$

ΔK - длина жеала при температуре (t_2) сравнения с эталоном

t_1 - температура в момент определения длины компаратора

С - цена деления микроскоп-
микрометра

$$C_1 = 0,985; C_2 = 0,997$$

Уравнение жезла

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

2. Вычисление длины компаратора

	I прием	II прием	III прием
t_1	+ 18,6	+ 19,0	
t_2	+ 20,6	+ 20,5	
$t_1 - t_2$	- 1,9	- 1,5	
t_1^2	+ 346	+ 361	
t_2^2	+ 420	+ 420	
$t_1^2 - t_2^2$	- 74	- 59	
$d(t_1 - t_2)$	- 2,4	- 1,9	
$\beta(t_1^2 - t_2^2)$	- 0,2	- 0,2	
Δt	- 2,6	- 2,1	
$\Sigma(\Pi \cdot C_2 - \Lambda \cdot C_1)_{cp}$	- 14,5	- 9,1	
ΔK	+ 10,5	+ 10,5	
Δt	- 2,6	- 2,1	
K	- 6,6	- 0,7	
K_{cp}	$I_m = 3,6 \text{ мкм}$		

3. Определение длины инварного жезла

Интервал 0 - 1000

Наблюдатели: Корокина Т.П.

Записывающий: Хохрякова Е.О.

Земская Н.Е.

№ попу- рие- ма	t [°] C	П р я м о			t [°] C	О б р а т н о		
		л	п	л-п		л	п	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
		С р е д н и е е			+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
		С р е д н и е е			+26,8			-10,0
	+32,0	20 ⁰⁰ 17	20 ⁰⁰ 28	-II	+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
		С р е д н и е е			+33,2			-10,0
	+42,0	30 ⁰⁰ 34	20 ⁰⁰ 33	+I	+41,2	20 ⁰⁰ 28	20 ⁰⁰ II	+17
	+40,0	36	33	+3	+40,9	24	I4	+10
	+ 41,0	36	31	+5	+39,5	28	I4	+14
		20 ⁰⁰ 35,3	20 ⁰⁰ 32,3	+3,0		20 ⁰⁰ 26,7	20 ⁰⁰ I3,0	+13,7
		С р е д н и е е			+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,I	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
		С р е д н и е е			+48,6			+28,0

№ п-п	t°C	П р я м о				t°C	О б р а т н о			
		! л	! п	! л-п	! л		! п	! л-п	! л	! п
I ₂	+47,0	21 ⁰⁰ 26	20 ⁰⁰ 92	+34	+46,8	20 ⁰⁰ 85	20 ⁰⁰ 54	+31		
	+49,1	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	+31,0		
		С р е д н и е				+ 46,3			+33,0	
	+40,0	20 ⁰⁰ 71	20 ⁰⁰ 52	+19	+40,0	20 ⁰⁰ 62	20 ⁰⁰ 51	+II		
	+41,1	67	52	+15	+41,6	60	51	+ 9		
	+38,8	65	49	+16	+38,2	63	51	+I2		
		20 ⁰⁰ 67,7	20 ⁰⁰ 51,0	+16,7		20 ⁰⁰ 61,7	20 ⁰⁰ 51,0	+10,7		
		С р е д н и е				+ 39,9			+13,7	
	+32,2	20 ⁰⁰ 46	20 ⁰⁰ 55	- 9	+32,2	20 ⁰⁰ 30	20 ⁰⁰ 35	-5		
	+32,4	47	59	-12	+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		
		С р е д н и е				+ 32,8			-7,8	
	+26,0	19 ⁰⁰ 09	19 ⁰⁰ 40	-31	+26,2	18 ⁰⁰ 99	19 ⁰⁰ 43	-44		
	+28,1	09	39	-30	+27,0	19 ⁰⁰ 01	44	-43		
	+27,0	08	37	-29	+26,9	18 ⁰⁰ 98	42	-44		
		19 ⁰⁰ 08,7	19 ⁰⁰ 38,7	-30,0		18 ⁰⁰ 99,3	19 ⁰⁰ 43,0	-43,7		
		С р е д н и е				+26,9			-36,8	
	+20,0	18 ⁰⁰ 64	19 ⁰⁰ 15	-51	+19,8	18 ⁰⁰ 68	19 ⁰⁰ 23	-55		
	+20,7	64	13	-49	+20,7	70	26	-56		
	+19,8	63	13	-50	+20,0	68	24	-56		
		18 ⁰⁰ 63,7	19 ⁰⁰ 13,3	-50,0		18 ⁰⁰ 68,7	19 ⁰⁰ 24,3	-55,7		
		С р е д н и е				+20,2			-52,8	

4. Сводка наблюдений

	Приемы и полу приемы						Среднее	
	I ₁	I	I ₂	I	II ₁	I	II ₂	
(L + K _{cp})	-43,6		-57,2					-50,4
t°	+17,0		+20,2					+18,6
(L + K _{cp})	-26,4		-41,4					-33,9
t°	+26,8		+26,9					+26,8
(L + K _{cp})	-14,0		-11,9					-13,0
t°	+33,2		+32,8					+33,0
(L + K _{cp})	+4,3		+9,4					+6,8
t°	+40,8		+39,9					+40,4
(L + K _{cp})	+23,9		+28,8					+26,4
t°	+48,6		+46,3					+47,4
 t_{cp}	+33,28		+33,20					+33,24

Таблица d_3 для $t_0 = 20,0^\circ\text{C}$

$t^\circ\text{C}$	$d_3 / \text{МКМ/1М} \cdot \text{1}^\circ\text{C}/$
0	+1,03
+10	+1,10
+20	+1,18
+30	+1,25
+40	+1,32

5. Решение нормальных уравнений

Таблица коэффициентов начальных уравнений

№/п	τ_L	$\tau_{i+1} - \tau_i$	$\Delta \ell$	a	b	ℓ	V
				+1	$+0,1(\tau_{i+1} + \tau_i)$	$\frac{-\Delta \ell}{2(\tau_{i+1} - \tau_i)}$	
1	-14,64						
2	-6,44	+8,2	+16,5	+1	-2,108	-1,006	+0,2116
3	-0,24	+6,2	+20,9	+1	-0,668	-1,685	-0,3629
4	+7,16	+7,4	+19,8	+1	+0,692	-1,338	+0,0828
5	+14,16						
	0			+4	+0,048	-5,486	+0,0009
						$[V^2]$	= 0,1881

$$\mu \varepsilon = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-k}} \quad \pm 0,31 \text{ мкм}$$

Таблица коэффициентов нормальных уравнений

$[aa]$	$[ab]$	$[al]$	$[bb]$	$[bl]$	λ'	β'
+4,0	+0,048	-5,486	+9,9142	-0,7860	+1,3706	+0,0726

Решение нормальных уравнений

$[ab][bl]$	$-[bb][ab]$	A	$[ab][al]$	$-[aa][bl]$	B	$[aa][bb]$
-0,0377	+54,3893	+54,3518	-0,2633	+3,1440	+2,8807	+39,6568

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

$$\lambda = + 0,9 \text{ мкм}/\text{1м} \cdot \text{1}^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = + 0,007 \text{ мкм}/\text{1 м} \cdot (\text{1}^{\circ}\text{C})^2$$

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

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 № 1948 AO III

 $t_{\text{изд}} = 17,3^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{онж}} = 17,35^{\circ}\text{C}$ $C = 0,980 \text{ дел/мкм}$

Отсчеты по М-М в 0,1мм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по М-М в 0,1мм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по М-М в 0,1мм	Отсчеты по ИПЛ	Отсчеты по М-М в 0,1мм	Отсчеты по ИПЛ
$l'_{1,2,3}$	$L'_{1,2}$	$l'_{3,4,5}$	$L'_{3,4}$	$l'_{7,8,9}$	$L'_{5,6}$	$l'_{10,11,12}$	$L'_{8,9}$
l_1	L_1	l_2	L_2	l_3	L_3	l_4	L_4

Прием № I

I8,I65+0,0005	I9,895	999,8548	I9,887	999,8545	I8,I67	0,0015
I52	888		895		I52	
I57+0,0005	883	999,8546	881	999,8544	I65	0,0017
I8,I58+0,0005	I9,889	999,8547	I9,888	999,8544	I8,I61	0,0016

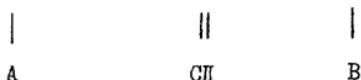
$$L_{\text{онж},j} = 1000,000 \text{ мм}$$

$$L_{\text{онж}} = 1000,025 \text{ мм}$$

$$M = 1,9 \text{ мкм}$$

Значения результатов других приемов не приведены.

Приложение 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСОВПАДЕНИЯ ЦЕНТРОВ МАЛОГО И БОЛЬШОГО
БИССЕКТОРОВ МИКРОМЕТРА

Наблюдатель: Корокина Т.П

Записывающий: Сосулина С.В.

Микроскоп-микрометр № 2

№ пп	Нить биссектора				A+B	С+Д
	A	С	Д	В		
1.	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	3,1
3.	47,8	92,4	II,7	57,5	5,3	4,1
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	4,1
сред- 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 - $\frac{(С + Д)_{ср}}{2} = 2001,85$

Несовпадение центров биссекторов равно 1,10 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

$$C_{cp}=0,98 \text{ мкм}$$

№ при- емов	t°	Прямо			Обратно		
		Л	П	П-Л	Л	П	П-Л
I.	+18°,6	19 ⁰⁰ 69	19 ⁰⁰ 42	-27	19 ⁰⁰ 69	19 ⁰⁰ 39	-30
	0,6	68	41	-27	68	37	-31
		68	42	-26	69	37	-32
	+18°,6	19 ⁰⁰ 68,3	19 ⁰⁰ 41,7	-26,7	19 ⁰⁰ 68,7	19 ⁰⁰ 37,7	-31,0
		Среднее:			19 ⁰⁰ 68,5	19 ⁰⁰ 39,7	-28,8
II.	+18°,9	19 ⁰⁰ 43	19 ⁰⁰ 27	-16	19 ⁰⁰ 43	19 ⁰⁰ 13	-30
	0,9	42	25	-17	42	13	-29
	+18,9	43	27	-16	41	14	-27
		19 ⁰⁰ 42,7	19 ⁰⁰ 26,3	-16,3	19 ⁰⁰ 42,0	19 ⁰⁰ 13,3	-28,7
		Среднее:			19 ⁰⁰ 42,4	19 ⁰⁰ 19,8	-22,5

Вычислил: Земская Н.Е.

Проверил: Сосулина С.В.

$$\mathcal{L} = K + (\lambda - \mu) \cdot C_{cp} \quad \text{Представлены экс. № 23}$$

$$K = (\Pi - \Lambda)_{cp} C + \Delta K + \Delta t \quad \text{Изготовлены заводом ЭОМЗ
ЦНИИГАиК}$$

K - длина образцовой линейки
при температуре (t_2)
эталонирования на компараторе ЦНИИГАиК

Уравнение образцовой линейки № 5

$$t_1 - \text{температура в момент определения длины компаратора;} \quad I M + 18,5 + \Delta(t_1, t_2) \beta(t_1^2 - t_2^2) = I M + 18,5 + 1,25 (t_1 - t_2) + 0,0026 (t_1^2 - t_2^2)$$

C_{cp} - цена деления микроскопа

C_{cp} - 1,000

Вычисление длины компаратора

	I прием	II прием	III прием
t_1	+18 ⁰ ,6	+18 ⁰ ,9	
t_2	+20,0	+20,0	
$t_1 - t_2$	- 1,4	- 1,1	
t_1^2	+ 346	+357	
t_2^2	+ 400	+400	
$t_1^2 - t_2^2$	- 54	-43	
$\Delta(t_1 - t_2)$	- 1,8	- 1,2	
$\beta(t_1^2 - t_2^2)$	- 0,1	- 0,1	
Δt	- 1,0	- 1,0	
$(\Pi - \Lambda)_{cp}$	- 28,3	- 22,7	
$(\Pi - \Lambda)_{cp}$	- 28,8	- 22,7	
ΔK	+ 18,5	+18,5	
Δt	- 1,9	- 1,5	
K	I M - 12,2	I M - 5,7	

K_{cp} I M - 9 мкм

Вычислил: Кузнецов В.П.

Проверил: Корокина Т.П.

Приложение 10
обязательноеПРОТОКОЛ №
метрологической аттестации компаратора МК-1

1. Общие данные об аттестации средстве измерений
Компаратор МК-1 является стационарным лабораторным прибором и предназначен для поверки метровых инвариных и шашечных реек и линейки КЛ.
2. Метрологические характеристики (МХ)
 1. Номинальная длина образцового инвариального языка (ОИЯ) $1000 \pm 0,02$ мм
 2. Погрешности длины ОИЯ не более 5 мкм.
 3. Номинальная цена деления ОИЯ $1 \pm 0,01$ мм
 4. Погрешность цены деления ОИЯ, не более 1,5 мкм
 5. Цена деления уровня 20"
 6. Цена деления микроскоп-микрометров 1 мкм
 7. Вариация отсчетов микроскоп-микрометров не более 3 мкм
 8. Совмещение центров малого и большого биссекторов 3 мкм
 9. Средняя квадратическая погрешность определения метровых интервалов не более 10 мкм
В соответствии с МИ БГЕИ 01-89
3. Операции исследований
4. Результаты измерений
Приведены в таблице

Наименование МХ	Нормированное значение параметра	Полученные значения
1. 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. Проверка параллельности оси движения тележки с линией, проходящей через визирные оси микроскоп-микрометров отклонение 0,2 мм
5. Проверка расположения предметных плоскостей микроскоп-микрометров в одной горизонтальной плоскости
6. Вариация отсчетов микрометра микроскопа не более 3 мкм
7. Цена деления ОИЖ $1 \pm 0,01$ мм
8. Погрешность отсчетов микрометра микроскопа не более 3 мкм
9. Цена деления отсчетного барабана микрометра микроскопа 1 мкм
10. Термический коэффициент расширения ОИЖ не более 2,5 мкм
11. Номинальная длина ОИЖ 1000+0,02 мм
12. Погрешность длины ОИЖ не более 5 мкм
13. Совмещение центров малого и большого биссекторов не более 3 мкм
14. Постоянство длины ОИЖ не более 5 мкм
15. Средняя квадратическая погрешность определения метровых интервалов не более 10 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 Комшаратор Мк-І

Дата выпуска 19 г., предназначено для поверки метровых интервалов инварных и шашечных реек и линейки КЛ.

Основные метрологические характеристики: - номинальная длина ОИМ 1000 \pm 0,02 мм; - номинальная цена деления ОИМ I \pm 0,01 мм; - цена деления микроскоп-микрометров I мкм; - средняя квадратическая погрешность метровых интервалов не более 10 мкм.
Условия эксплуатации нормальные в лабораторных условиях.

По результатам метрологической аттестации (протокол № от " " 19 г.) средство измерения допускается к применению в качестве образцового подчиненного средства измерений

Очередную поверку произвести не позднее " " 19 г.

Главный метролог

Ф.И.О.

М.П.

" " 19 г.

Результаты аттестации

Номер п/п	Метрологическая характеристика Наименование	Полученное значение	Погрешность определения
1.	Длина ОИИ		
2.	Цена деления ОИИ		
3.	Цена деления уровня		
4.	Цена деления микроскоп- микрометров		
5.	Вариация отсчетов микроскоп-микрометров		
6.	Значение метровых интервалов		
7.	Совмещение центров ма- лого и большого бис- секторов		

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.КРАСОВСКОГОС В И Д Е Т Е Л Ь С Т В О №
о ведомственной поверкеКомпаратор МК-1
(наименование прибора)

№

с пределами измерения от 0 до 4 м

изготовлен ЭОМЗ ЦНИИГАИК

принадлежит _____
на основании результатов ведомственной поверки признан год-
ным и допущен к применению в качестве образцового подчинен-
ного средства измерений

Свидетельство действительно по 19 г.

Результаты ведомственной поверки

1. 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.

" ____ " 19 ____ г.

Содержание

1. Назначение компаратора	I
2. Метрологические характеристики	I
3. Операции и средства метрологической аттестации и поверки	2
4. Требования безопасности	4
5. Условия проведения метрологической аттестации и проверки	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 I.Локальная поверочная схема для геоде- зических 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 язала	26
Приложение 5.Определение цены деления барабана микрометра по трем штихам	27
Приложение 6.Определение термического коэффициента расширения образцового инварного язала.28	28
Приложение 7.Определение длины образцового инварного язала	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-І	38
Приложение 11. Образец свидетельства о ведомственной метрологической аттестации средств измерений.....	40
Приложение 12. Образец свидетельства о ведомственной проверке.....	42

ЦНИИГАИК. Тираж 120. Заказ 95