

ГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" Госстандарта России

"УТВЕРЖДАЮ"
Зам. директора ГУП
"ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"
В.С. Александров
28.12.1999 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРИТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЛАЗЕРНЫЕ. Методика поверки

МИ 1214-2000

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАНА ГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", Санкт-Петербург, СНИИМ, Новосибирск
Исполнители: Л.Ю. Абрамова (рук. темы), Л.Ф. Хавинсон, В.М. Баратов, Ю.Г. Захаренко, В.Д. Лизунов, В.В. Копытов, Т.В. Набока
2. УТВЕРЖДЕНА ГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" 28.12.1999
3. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА В ИИИМС
4. ВЗАМЕН МИ 1214-86

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация распространяется на эталонные и рабочие лазерные измерители перемещений (ИПЛ), а также на импортные лазерные измерители перемещений, имеющие аналогичные характеристики, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Рекомендация предназначена для органов Государственной метрологической службы и метрологических служб федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц.

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем документе использованы ссылки на нормативные документы (далее - НД):
ГОСТ 8.016-81 ГСИ. Государственный первичный эталон и Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла.
ГОСТ 8.046-85 ГСИ. Головки делительные оптические. Методика поверки.
ГОСТ 2875-88 Меры плоского угла призматические. Общие технические условия.
МИ 2060-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \cdot 10^{-6}$ - 50 м и длин волн в диапазоне 0,2-50 мкм.
ГОСТ 8074-82 Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования.
ГОСТ 9016-77 Головки делительные оптические. Технические условия.
ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.
ГОСТ 9392-89 Уровни рамные и брусковые. Технические условия.
ГОСТ 9411-91Е Стекло оптическое цветное. Технические условия.
ГОСТ 12069-90 Меры длины штриховые брусковые. Технические условия.
ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
ГОСТ 11899-77 Автоколлиматоры. Технические условия.
ГОСТ 28798-90Е Головки измерительные пружинные. Общие технические условия.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
 ТУ 25-1819.0021-90 Секундомеры механические
 МИ 1987-89 ГСИ. Меры длины штриховые. Общие требования к поверке.
 ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.

3. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки выполняют операции и применяют средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1. - Операции, проводимые при поверке, и применяемые средства

Наименование операции	Номер пункта рекомендации	Основные средства поверки и их метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при поверке	
			первичной	периодической
1. Внешний осмотр	6.1		да	да
2. Опробование	6.2	Компаратор с пределами измерений 0-1000 мм, СКО 0,6 мкм.	да	да
3. Проверка работоспособности ИПЛ при наибольшей скорости перемещения	6.3	По п. 6.2; секундомер ТУ 25-1819.0021-90.	да	да
4. Проверка стабильности показаний	6.4	По п. 6.2.	да	да
5. Определение длины волны в вакууме стабилизированного лазера	6.5	Эталонная установка для аттестации стабилизированных лазеров, $5 \cdot 10^{-11}$ - предел до пускаемой относительной погрешности	нет	да
6. Определение дискретности отсчета	6.6	По п. 6.2; устройством микроперемещений, чувствительность 0,005 мкм.	да	нет
7. Определение погрешности измерения влияющих величин	6.7	По п. 6.2; эталонная аппаратура для измерения температуры, предел допускаемой погрешности 0,005 град; эталонный гигрометр типа "Волна - 1 м", предел допускаемой погрешности 1 %; эталонный рефрактометр, предел допускаемой погрешности $3 \cdot 10^{-8}$; эталонный манометр 1-го разряда МАД-3И, предел допускаемой погрешности 13 Па (0,1 мм рт.ст.).	да	нет
8. Определение основной погрешности ИПЛ на длине 1 м	6.8 6.8.1	По п. 6.2; эталонный интерферометр, СКО 0,1 мкм.	да	да

	6.8.2	По п. 6.2; эталонная штриховая мера 1-го или 2-го разряда по МИ 1987-89 (в зависимости от погрешности поверяемого ИПЛ).		
9. Проверка функционирования при длине перемещения 30 м; 60 м; 100 м	6.9	По п.6.2; подвижная каретка микроскопа ИМЦ по ГОСТ 8074-82; плоскопараллельная концевая мера длины 2-го класса по ГОСТ 9038-90	да	да
10. Определение основной погрешности измерения угловых перемещений	6.10	Эталонный экзаменатор 1-го разряда 1 типа ЭО-1 по ГОСТ 8.016-81; эталонные 20-гранная и 18-гран. призмы 1-го разряда по ГОСТ 8.016-81; автоколлиматор 1 разряда АК-0,2 по ГОСТ 11899-77; плоскопараллельная концевая мера длины 2-го класса по ГОСТ 9038-90; оптикатор 01П по ГОСТ 28798-90Е; уровень по ГОСТ 9392-89; оптическая делительная головка по ГОСТ 9016-77; эталонный ИПЛ-У, предел допускаемой погрешности 0,3	да	да

Примечание. Допускают применять другие средства поверки, прошедшие испытания, поверку и удовлетворяющие по точности требованиям настоящей рекомендации.

4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают следующие условия:
температура окружающей среды ($20 \pm 0,5$) °С;
отклонение температуры от начальной (в течение одного приема измерения) при определении основной погрешности не более 0,01 °С;
относительная влажность воздуха (60 ± 20) %;
атмосферное давление (83992,86 - 106657,60) Па; или (630 - 800) мм рт.ст.;
содержание CO₂ не более 0,03 %;
содержание пыли в 1 м³ при размере частиц не более 0,1 мкм не более 800 шт.;
скорость движения воздуха в рабочем пространстве не более 0,1 м/сек;
частота вибраций (3 - 10) Гц;
амплитуда вибраций (0,03 - 0,1) мкм.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- 5.1. При проведении поверки соблюдают следующие требования безопасности.
- 5.1.1. Электронная аппаратура должна соответствовать ГОСТ 22261-94 и ГОСТ 12.2.007.0-75.
- 5.1.2. Электронная аппаратура, ИПЛ и компаратор заземляют и перед ними на полу должны лежать резиновые коврики; во время работы на интерферометре или компараторе кожухи электронной аппаратуры закрывают.
- 5.1.3. Кабели связи подключают до включения аппаратуры в сеть.
- 5.1.4. Замену предохранителей производят при отключенной аппаратуре. Предохранители должны соответствовать маркировке на панелях электронной аппаратуры.
- 5.1.5. Запрещают вскрывать и переставлять составные части прибора ИПЛ при включенных

в сеть кабелях питания.

5.1.6. Лица, обслуживающих лазерную установку, обеспечивают светофильтрами 001-0015 по ГОСТ 9411-91Е и эксплуатационной документацией на лазеры.

5.1.7. Лица, обслуживающие лазерную установку, должны соблюдать правила, установленные "Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров", утвержденными Минздравом СССР от 01.04.81.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре устанавливают соответствие ИПЛ следующим требованиям:

- наружные поверхности ИПЛ не должны иметь дефектов, влияющих на его эксплуатационные характеристики и ухудшающие внешний вид; оптические детали не должны иметь царапин;

- маркировка и комплектность должна соответствовать требованиям технической документации.

6.2. Опробование

Поверяемый ИПЛ устанавливают на компараторе по схеме приложения А.

На блоке индикации ИПЛ устанавливают нулевое показание. Перемещают каретку с подвижным отражателем поверяемого ИПЛ в направлении от его преобразователя, наблюдают показания по блоку индикации. Показания отражают информацию о перемещении со знаком "+" (прямой ход). При обратном направлении перемещения отражателя на блоке индикации наблюдают информацию со знаком "-" (обратный ход). Опробование ИПЛ проводят по всем его измерительным каналам.

6.3. Проверка работоспособности ИПЛ при наибольшей скорости перемещения

Определение работоспособности ИПЛ при наибольшей скорости перемещения проводят на компараторе; ИПЛ устанавливают в соответствии с п. 6.2.

Измеряя секундомером время перемещения каретки с отражателем поверяемого ИПЛ на длине пути 1 м, устанавливают максимальную скорость, соответствующую 10 м/мин. Затем эту каретку с закрепленным на ней отражателем ИПЛ устанавливают в одно из крайних положений. На блоке индикации устанавливают нулевое показание для первого канала. Перемещая каретку с отражателем, наблюдают показания в метрах, миллиметрах, микрометрах по блоку индикации. Затем выполняют обратный ход. Аналогично проводят проверку работоспособности ИПЛ по второму каналу.

ИПЛ считают исправным, если происходит счет импульсов на всем диапазоне перемещения каретки.

6.4. Проверка стабильности показаний

Для проверки стабильности показаний ИПЛ его устанавливают в соответствии с требованиями п. 6.2, при этом его подвижный отражатель закрепляют на минимальном расстоянии от ИПЛ. Снимают показания по блоку индикации с интервалом 30 минут.

Нестабильность ИПЛ вычисляют как разность между наибольшими положительным и отрицательным отклонениями от нулевого отсчета за 8 часов работы.

Нестабильность показаний ИПЛ не должна превышать 0,3 мкм (0,3" для ИПЛ-У).

6.5. Определение длины волны в вакууме стабилизированного лазера

Определение длины волны в вакууме стабилизированного лазера выполняют сравнением с эталонным He-Ne лазером, стабилизированным по насыщенному поглощению в парах йода-127. С помощью фотодетектора, усилителя и частотомера измеряют разность частот (Приложение Б), которая может быть выражена через частоту поверяемого ИПЛ по формуле:

$$\Delta f = f_{\text{пов}} - f_{\text{этал}}, \quad (1)$$

где Δf - показание частотомера,
 $f_{\text{этал}}$ - абсолютное значение частоты излучения эталонного лазера,
 $f_{\text{пов}}$ - частота излучения поверяемого лазера.

Длину волны поверяемого лазера определяют по формуле:

$$\lambda_{\text{пов}} = C : f_{\text{пов}}, \quad (2)$$

где $C = 299792458$ м/с - скорость света в вакууме.

6.6. Определение дискретности отсчета

Устанавливают ИПЛ в соответствии с п. 6.2. (Приложение А).

На блоке индикации поверяемого ИПЛ устанавливают нулевое показание (кнопка "сброс"). Рукояткой тонкой подачи каретки компаратора задают перемещение 0,01 мкм по индикатору тонкой подачи. Снимают отсчеты по блоку индикации ИПЛ. Измерения выполняют при прямом и обратном ходе. Дискретность отсчета ИПЛ не должна превышать 0,01 мкм. Допускают определение дискретности отсчета ИПЛ в 0,01 мкм измерением интервала 0,1 мкм. Определение дискретности отсчета 0,1 и 1 мкм выполняют путем задания соответствующего перемещения по эталонному интерферометру.

6.7. Определение погрешности измерения влияющих величин

Устанавливают ИПЛ в соответствии с п. 6.2. Преобразователи измерения температуры устанавливают на станине рядом с терморезисторами или дифференциальными термопарами эталонной аппаратуры для измерения температуры. Измеряют температуру, снимая показания по блоку индикации, сравнивают с показаниями эталонной аппаратуры для измерения температуры. Разность показаний температуры не должна превышать 0,05 °С.

Устанавливают преобразователи измерения давления и влажности вблизи интерференционной системы. Измеряют давление, снимая показания по блоку индикации ИПЛ, и сравнивают с показаниями эталонного манометра абсолютного давления, установленного в том же месте. Разность показаний давления не должна превышать 13 Па (0,1 мм рт.ст.).

Измеряют влажность, снимая показания по блоку индикации ИПЛ, и сравнивают с показанием гигрометра. Относительная разность показаний влажности не должна превышать 5 %.

Допускают определение погрешности измерения влияющих величин по эталонному рефрактометру.

6.8. Определение основной погрешности ИПЛ на длине 1 м

Основную погрешность ИПЛ на длине 1 м определяют двумя методами:

- сравнением показаний поверяемого ИПЛ с показаниями эталонного интерферометра;
- сравнением показаний поверяемого ИПЛ с интервалом эталонной штриховой меры длины.

6.8.1. Определение основной погрешности поверяемого ИПЛ на длине 1 м методом сравнения с показаниями эталонного интерферометра выполняют в следующей последовательности.

На блоках индикации поверяемого ИПЛ и эталонного интерферометра устанавливают нулевое показание (кнопка "сброс").

Перемещают стол с отражателем на длину измеряемого интервала и снимают показания с блоков индикации поверяемого ИПЛ и эталонного интерферометра. Затем перемещают стол с отражателем в обратном направлении по установке отражателя в исходное положение, проверяя нулевые показания по блоку индикации эталонного интерферометра. Среднее, арифметическое значение прямого и обратного перемещений принимают за 1 прием. Проводят три приема измерений.

По стандартной программе измеряемая длина составляет 100, 500, 1000 мм. Для ИПЛ, работающих в диапазоне менее 100 мм, проверку проводят по изложенной выше методике на интервале 1-10 мм через 1 мм и на интервале 1-100 мм через 10 мм.

Основную погрешность поверяемого ИПЛ определяют по формуле

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^3 (L_{\text{пов.}i} - L_{\text{эт.}i})}{3},$$

где $L_{\text{эт.}i} = (N_i - n_i)d$ - i -й результат измерений длины перемещения, полученный на эталонном интерферометре;

d - дискретность отсчета эталонного интерферометра;

$L_{\text{пов.}i}$ - i -й результат измерений длины перемещения, полученный поверяемым ИПЛ;

N_i - i -ое показание блока индикации эталонного интерферометра;

n_i - i -ое показание блока индикации эталонного рефрактометра;

Основная погрешность ИПЛ должна быть не более $\Delta L = 1,5L$ мкм, где L - длина перемещения в метрах.

6.8.2. Определение основной погрешности поверяемого ИПЛ сравнением с интервалом

штриховой меры длины (приложение А1).

На станине компаратора на подвижном столе устанавливают на цилиндрических опорах, расположенных на расстоянии $0,22L$ от концов меры (L - в метрах), эталонную штриховую меру (далее мера). С помощью фотоэлектрического микроскопа юстируют меру таким образом, чтобы ее ось была параллельна оси перемещения стола.

Подвижный отражатель ИПЛ крепят к подвижному столу с мерой. Ось отражателя совмещают с осью меры. Лазер и преобразователь ИПЛ устанавливают на неподвижном основании.

Перемещая стол с мерой, фотоэлектрическим микроскопом осуществляют наведение на нулевой штрих меры. На блоке индикации устанавливают нулевой отсчет.

Затем измеряют температуру, давление и влажность окружающего воздуха и на дешифраторе устанавливают коэффициент пересчета в соответствии с эксплуатационной документацией. Перемещают стол с мерой на длину измеряемого интервала, фотоэлектрическим микроскопом осуществляют наведение на соответствующий штрих меры. Снимают показания с блока индикации. Затем перемещают стол в обратном направлении до нулевого штриха и повторяют отсчет. Результаты измерения при прямом и обратном перемещениях усредняют (один прием измерений), при этом разность между ними не должна превышать $0,05$ мкм. При помощи датчиков температуры измеряют температуру штриховой меры в начале и в конце каждого приема измерений. Определяют поправку на температуру меры и вычисляют длину меры L_{20} при 20 °С по формуле:

$$L_{20} = L_{\text{ипл}} - \alpha(t - 20)L_n,$$

где $L_{\text{ипл}}$ - длина интервала эталонной меры при температуре измерений;
 α - температурный коэффициент линейного расширения эталонной меры. K^{-1} .
 t - температура меры во время измерений;
 L_n - номинальная длина интервала меры;
Проводят три приема измерений.

Основную погрешность ИПЛ определяют по формуле:

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^3 (L_{20i} - L)}{3},$$

где L_d - действительная длина интервала эталонной меры.
Основная погрешность ИПЛ должна быть не более $\Delta L = 1,5L$ мкм, где L длина перемещения в метрах.

6.9. Проверка функционирования на длине 30 м; 60 м; 100 м

Поверяемый ИПЛ устанавливают на станине по схеме Приложения В.

Поверяемый ИПЛ крепят на столе 3. Расстояние между преобразователем 6 и отражателем 1 может достигать 2 м. Отражатель 8 поверяемого ИПЛ крепится на каретке 2. Каретку перемещают по направляющим станины 1, расположенной на расстоянии 30, 60 или 100 м от стола. Каретку перемещают вдоль линии измерения в диапазоне 1 м. Перемещение каретки контролируют по эталонному интерферометру 9. Отражатель 5 эталонного интерферометра закреплен на каретке 2. Центр отражателя 5 расположен на одной линии с центром отражателя Э поверяемого ИПЛ.

Каретку устанавливают в крайнее положение. Снимают показания эталонного интерферометра и поверяемого ИПЛ. Перемещают каретку 2 на расстояние 1 м и вновь снимают показания. Разность показаний поверяемого ИПЛ и эталонного интерферометра не должна превышать $0,5$ мкм.

Проверяют функционирование ИПЛ при движении каретки в обратном направлении.

ИПЛ считают исправным, если происходит счет импульсов на всем диапазоне перемещения каретки.

6.10. Определение основной погрешности измерения угловых перемещений

Определение основной погрешности угловых перемещений проводят на экзаменаторе типа ЭО-1, на угломерной установке или при помощи эталонного ИПЛ-У.

6.10.1. Определение дискретности отсчета проводят следующим образом. Поворотным устройством блок отражателей поверяемого ИПЛ-У перемещают на 10 единиц отсчета, по эталонному СИ фиксируют угол поворота не менее чем на трех участках диапазона, указанного в технической документации, среднее арифметическое значение единицы отсчета принимают, за

дискретность отсчета.

6.10.2. Для определения основной погрешности ИПЛ-У на экзаменаторе поверяемый угол задают при помощи концевых мер длины, которые располагают на столике экзаменатора. В основу конструкции экзаменатора положена "синусная" схема воспроизведения угла, при которой приращение угла поворота рычага α рассчитывают по формуле

$$\alpha = \arcsin H/L,$$

где H - приращение высоты;
 L - базовая длина рычага.

Предварительно рычаг экзаменатора и поверяемый ИПЛ устанавливают в горизонтальное положение при помощи уровня с ценой деления не более 20". Порядок работы осуществляют согласно паспорту на экзаменатор. Проверку проводят не менее чем в пяти точках диапазона, погрешность измерений не должна превышать значений, указанных в технических условиях.

6.10.3. Для определения погрешности измерения плоских углов при помощи угломерной установки (приложение Д) ИПЛ-У 1 устанавливают на площадку, делитель 3 закрепляют на этой же площадке, отражатель устанавливают на платформе 5 стола 8 поворотного устройства 9. Включают измеритель и проводят юстировку. Призму Дове устанавливают в том случае, если невозможно повернуть корпус ИПД-У на 90 градусов относительно его продольной оси.

Регулируемыми винтами ИПЛ-У и винтами площадки поворотного устройства добиваются совмещения отраженного луча с центром мишени ИПЛ-У. Включают систему регистрации измерителя и поворотом шпинделя оптической делительной головки (ОДГ) оценивают пределы измерений по грубому лимбу ОДГ. Устанавливают две многогранные призмы на столике поворотного устройства таким образом (приложение Е), чтобы грани 1 (20-гранная призма 7) и 1' (18-гранная призма 6) совпали (изображения вертикальных штрихов автоколлимационных марок совмещены).

Примечание: 1. Взаимную юстировку автоколлиматора (АК) и призмы проводят предварительно по методике, изложенной в ГОСТ 8.046-85.

2. Подбор пары многогранных призм проводят по табл. (приложение Ж), в зависимости от минимального углового шага.

3. При наличии второго АК на каждую призму настраивают отдельный АК, что упрощает взаимную юстировку призмы и повышает надежность результатов измерений, т.к. каждый АК работает центральной частью объектива.

Поворотом ОДГ подводят автоколлимационное изображение от грани 2 (20-гранной призмы) в центр поля зрения автоколлиматора. Поворотом площадки 5 устанавливают блок отражателей в нулевое положение ("блик" от отражателя должен быть в зоне выходного отверстия ИПЛ-У). После ввода поправки на внешние условия в дешифратор, проводят калибровку и нажимают "сброс 0", фиксируют отсчет по АК.

Поворотом шпинделя устанавливают грань 2* (18-гранной призмы) против АК и фиксируют отсчет (a^{*2+}) по ИПЛ-У, возвращают шпиндель в первоначальное положение (грань 2), фиксируют отсчет (a^{**2+}) по ИПЛ-У, повторно устанавливают грань 2* против АК и фиксируют отсчет (a^{***2+}).

При данном положении шпинделя устанавливают блок отражателей в нулевое положение, нажимают кнопку "сброс 0", фиксируют отсчет по АК: устанавливают грань 2 против АК, фиксируют отсчет (a^{*2-}) по ИПЛ-У, возвращают шпиндель в исходное положение (в данном случае грань 2), фиксируют отсчет (a^{**2-}), повторно устанавливают грань 2 против АК (отсчет ($a^{л**2-}$)).

Средние арифметические значения ($\bar{a}2 +$) и ($\bar{a}2 -$) заносят в таблицу (приложение 3).

Аналогично задают углы ± 4 угл. град, (угол между гранями (3-3*)) и ± 6 угл. град. (4-4*). Угол 10 угл. град. можно задать установкой граней (6-6*) в положениях, близких к предельным точкам диапазона. Угол 10 угл. град. может быть задан с помощью 36-гранной призмы.

Разность между значением угла, установленным при помощи двух призм с учетом данных их аттестатов, и значением угла, полученного при помощи ИПЛ-У, должно быть не более 0,7".

Пример обработки результатов измерений приведен в приложении Ж.

6.10.4. Определение основной погрешности измерений при помощи эталонного ИПЛ-У.

Для определения основной погрешности измерений при помощи эталонного ИПЛ-У контролируемый угол задают поворотом оптической делительной головки (ОДГ) с приспособлением по схеме приложения И и сравнивают показания двух измерителей.

6.10.5. Результаты поверки ИПЛ заносят в протокол (приложение К).

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. Результаты первичной поверки ИПЛ предприятие-изготовитель оформляет записью в паспорте, удостоверенной поверителем.

7.2. При положительных результатах поверки ИПЛ выдают свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006.

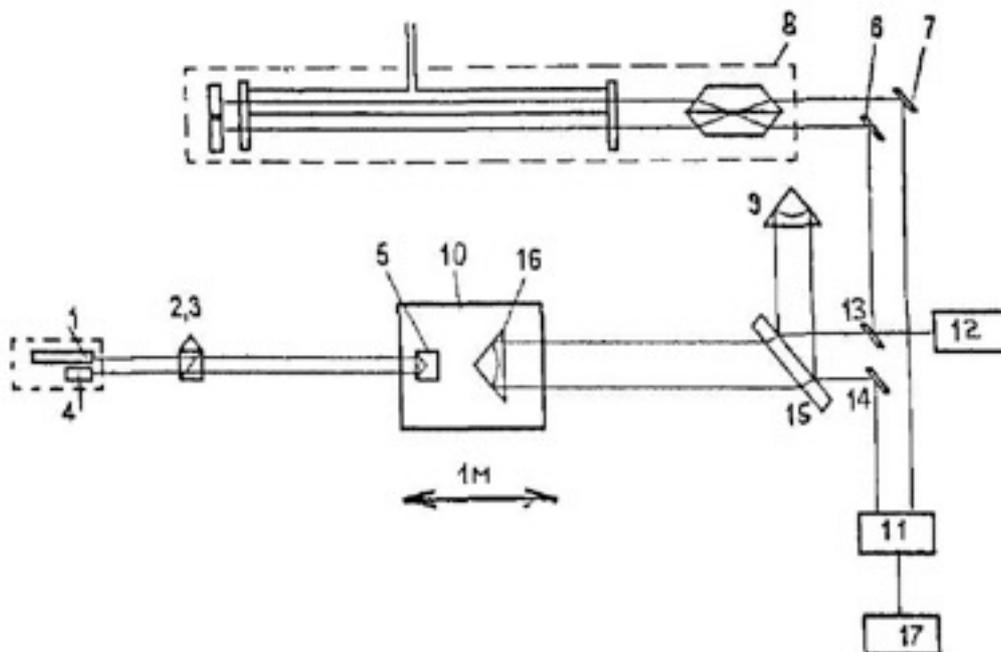
7.3. В свидетельстве о поверке и паспорте на ИПЛ указывают действительные значения измеренных метрологических параметров при температуре 20 °С и погрешность их измерений.

7.4. При отрицательных результатах поверки ИПЛ к применению не допускают. На них выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с ПР 50.2.006, свидетельство о поверке аннулируют.

Зам. директора ВНИИМ	В.С. Александров
Зам. председателя ПК-1, Рук. лаборатории 2610, руководитель темы	Л.Ю. Абрамова
Исполнители от СНИИМ	Л.Ф. Хавинсон В.М. Баратов Ю.Г. Захаренко В.Д. Лизунов В.В. Копытов Т.В. Набока

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Схема установки для поверки ИПЛ

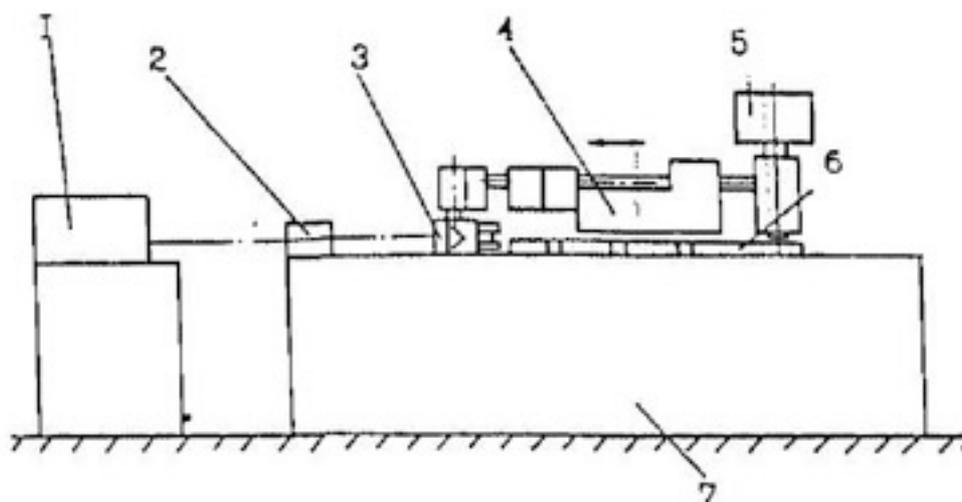


- 1 - лазер поверяемого ИПЛ;
- 2, 3 - светоделитель и неподвижный отражатель поверяемого ИПЛ;
- 4 - преобразователь поверяемого ИПЛ;
- 5 - подвижный отражатель поверяемого ИПЛ;
- 6, 7, 14 - поворотные зеркала;
- 8 - эталонный рефрактометр;

- 9 - неподвижный отражатель эталонного интерферометра;
- 10 - каретка;
- 11 - преобразователь эталонного интерферометра;
- 12 - лазер эталонного интерферометра;
- 13 - полупрозрачное зеркало;
- 15 - светоделитель эталонного интерферометра;
- 16 - подвижный отражатель эталонного интерферометра;
- 17 - компьютер.

ПРИЛОЖЕНИЕ А1

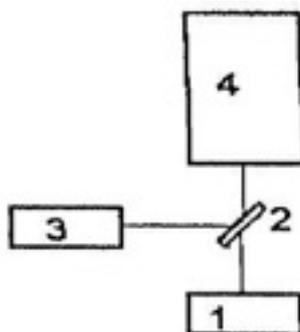
Схема установки для поверки ИПЛ по штриховой мере



- 1 - преобразователь;
- 2 - интерферометр;
- 3 - отражатель;
- 4 - подвижная каретка компаратора;
- 5 - фотоэлектрический микроскоп;
- 6 - штриховая мера длины;
- 7 - станина компаратора.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

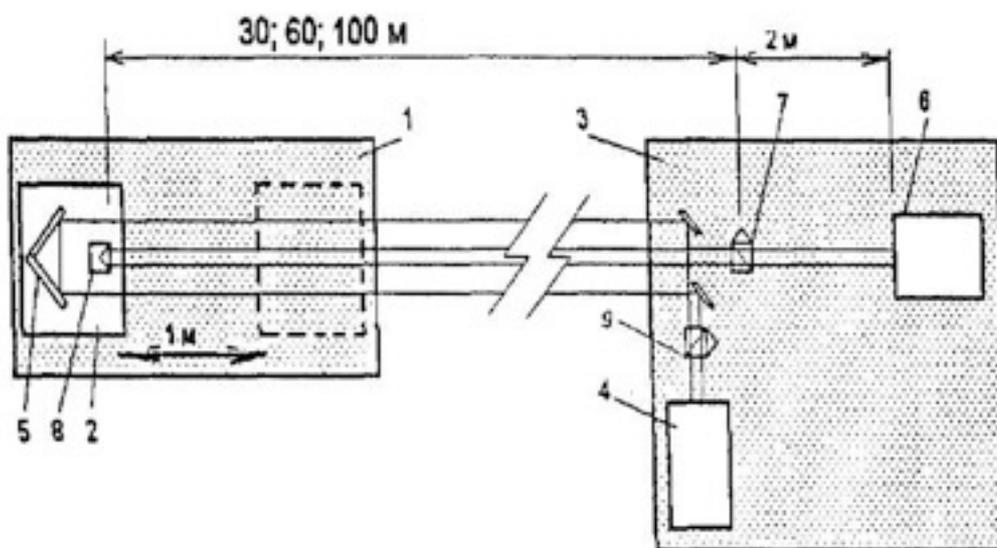
Схема эталонной установки для измерения длин волн стабилизированных лазеров



- 1 - эталонный лазер;
- 2 - полупрозрачное зеркало;
- 3 - поверяемый лазер;
- 4 - фотодетектор с усилителем и частотомером разностных частот.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

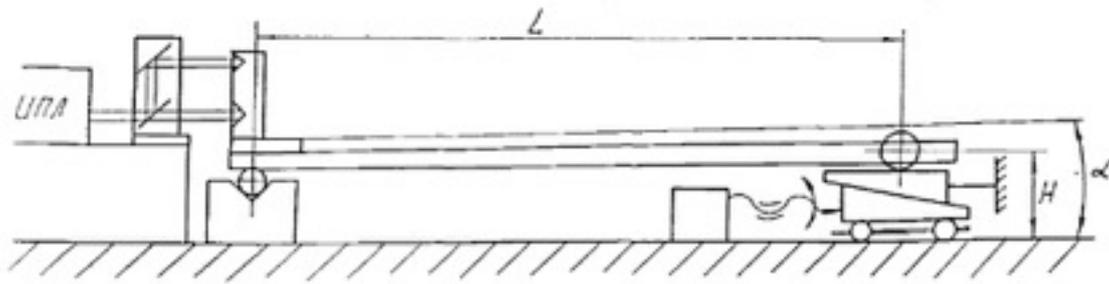
Схема установки для проверки функционирования поверяемого ИПЛ на длине 30 м, 60 м и 100 м



- 1 - станина;
- 2 - каретка;
- 3 - стол;
- 4 - лазер и преобразователь эталонного интерферометра;
- 5 - подвижный трехгранный угольный отражатель эталонного интерферометра;
- 6 - лазер и преобразователь поверяемого ИПЛ;
- 7 - светоделитель и неподвижный отражатель поверяемого ИПЛ;
- 8 - подвижный отражатель поверяемого ИПЛ;
- 9 - светоделитель и неподвижный отражатель эталонного интерферометра

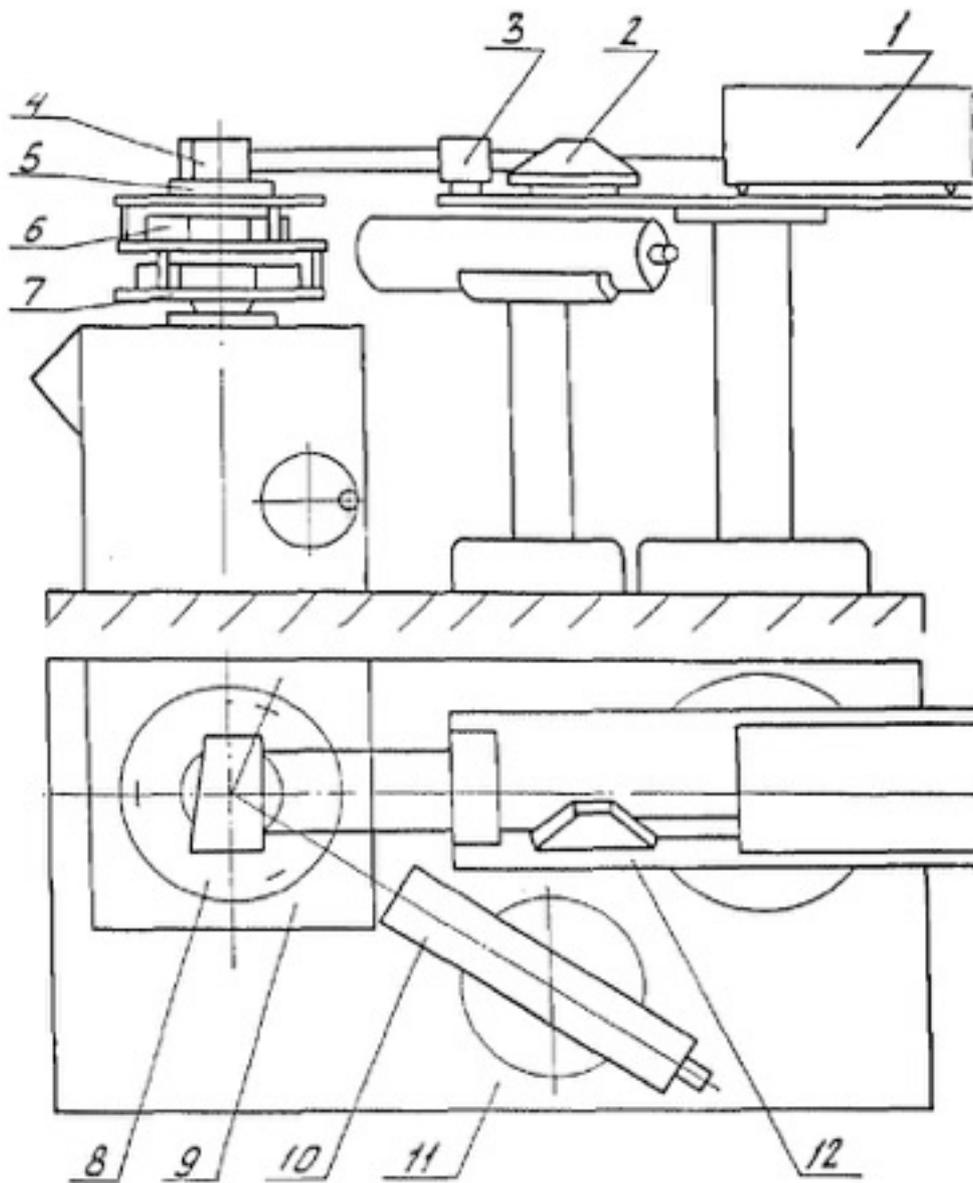
ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Схема экзаменатора



ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Установка для контроля угловых перемещений

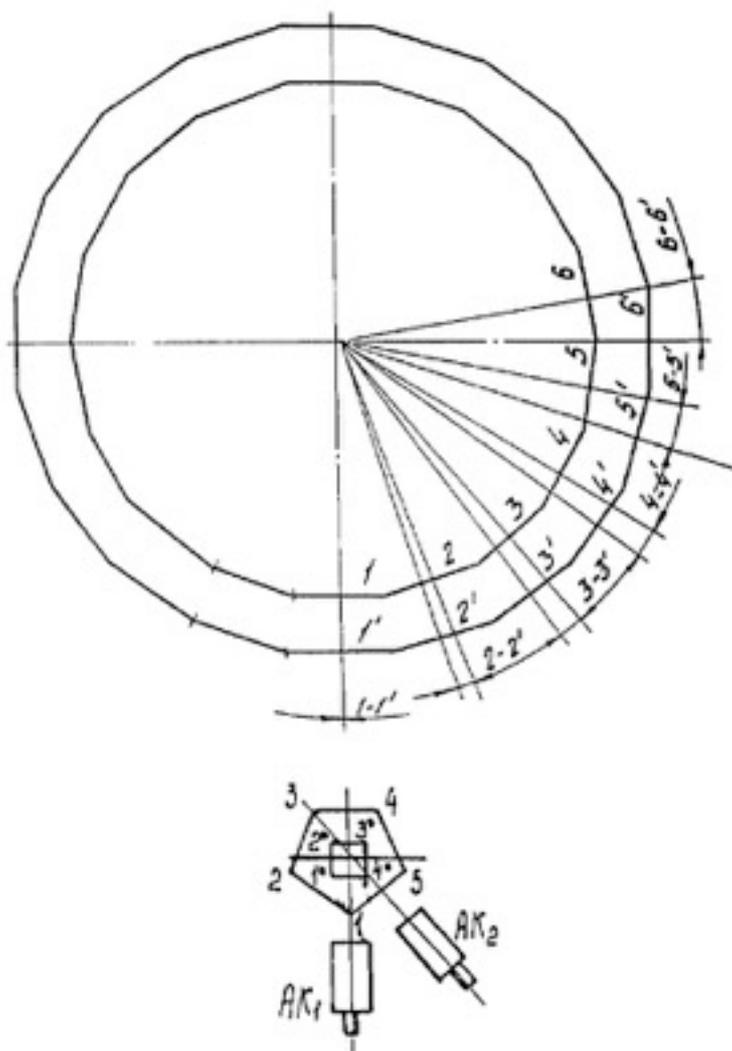


1 - ИПЛ;

- 2 - призма Дове;
- 3 - делитель;
- 4 - блок отражателей;
- 5 - площадка;
- 6 - призма;
- 7 - призма;
- 8 - столик;
- 9 - поворотное устройство (ОДГ);
- 10 - автоколлиматор;
- 11 - плита.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Схема измерений угловых перемещений



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

Получение минимального угла при комбинации двух призм с разным числом граней

Таблица. Варианты комбинации призм, $n + n^*$

угл. град	$n + n^*$					n экв.
1	45 + 40*	40 + 36*	40 + 9*	45 + 8*	-	360
2	45 + 4*	36 + 10*	20 + 18*	-	-	180
3	24 + 20*	24 + 15*	24 + 10*	15 + 8*	-	120
4	18 + 15*	18 + 10*	18 + 5*	10 + 9*	9 + 5*	90
5	24 + 18*	18 + 8*	9 + 8*	-	-	72
6	15 + 12*	15 + 4*	12 + 10*	-	-	60
8	18 + 5*	9 + 5*	-	-	-	45
9	10 + 8*	8 + 5*	-	-	-	40
10	18 + 8*	18 + 4*	9 + 4*	-	-	36
12	15 + 10*	15 + 6*	10 + 6*	6 + 5*	6 + 5*	30
15	12 + 8	8 + 6*	-	-	-	24
18	10 + 4*	5 + 4*	-	-	-	20
20	10 + 9*	9 + 8*	9 + 4*	-	-	18
24	10 + 6*	6 + 5*	-	-	-	15
30	6 + 4*	-	-	-	-	12
36	5 + 4*	-	-	-	-	10

где n^* - число граней второй призмы.

Можно применять для менее точных измерений угловые меры типа 1 с углом 4, 12, 20 угл. град, и т.д., при этом разность центральных углов составит 0, 8, 16 угл. град. и т.д.

Подобрать пару для эквивалентного многогранника с числом граней n экв. можно как наименьшее общее кратное от числа граней n и n^*

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
(обязательное)

**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОГРЕШНОСТИ ИПЛ
В УГЛОВОМ РЕЖИМЕ (ИПЛ-У)**

№ угла $h = 20$	Значение поправки Δ	№ угла $n^x = 18$	Поправка Δ^x	№ угла $n_i - n_i^x$	Поправка $\Delta - \Delta^x$ γ	Значение угла и поправки, полученной при помощи ИПЛ-У				Погрешность ИПЛ-У	
						против час. стрелки	A	по час стрелке	B	A- γ δA	B- γ δB
1-2	+2"	$1^x - 2^x$	+1"	$2 - 2^x$	+1"	2°00'02"	+2"	-2°00'00"	0"	+1"	-1"
1-3	+1	$1^x - 3^x$	+1	$3 - 3^x$	0	4 00 01	+1	-4 00 02	+2	+1	+2
1-4	-3	$1^x - 4^x$	-1	$4 - 4^x$	-2	5 59 57	-3	-5 59 59	-1	-1	+1
1-5	0	$1^x - 5^x$	-2	$5 - 5^x$	+2	7 59 58	-2	-7 59 57	-3	-4	-5
1-6	+1	$1^x - 6^x$	-3	$6 - 6^x$	+4	9 59 58	-2	-9 59 57	-6	-6	-7

СОДЕРЖАНИЕ

Оглавление пустое, т.к. стили абзацев, выбранных в Инспекторе документов, не использованы в документе.