МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ч а с т ь 1

Методические рекомендации
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Точность измерительных приборов»
для студентов очной и заочной форм обучения
по направлению
12.03.01 Приборостроение

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 531.7

Р е ц е н з е н т:
А.Ю. Тараховский – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составители: А.И. Балакин, Н.А. Балакина

Анализ точности измерительных приборов (часть 1): метод. рекомендации к выполнению лабораторных работ / Сост. А.И. Балакин, Н.А. Балакина. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 100 с.

Предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Точность измерительных приборов».

Целью методических рекомендаций является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Точность измерительных приборов». Овладение практическими навыками проведения анализа точности измерительных приборов.

УДК 531.7

Методические рекомендации рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 8 от 28 февраля 2018 г.

Изд. № 138/18. Объем 6,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ ШЦ-1 9
1. Общие сведения о приборе 9
2. Методы поверки 12
3. Анализ действующих ошибок 21
4. Порядок выполнения лабораторной работы 22
5. Содержание отчета по лабораторной работе 23
6. Контрольные вопросы 24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ПОВЕРКА МИКРОМЕТРА ГЛАДКОГО 26
1. Общие сведения о приборе 26
2. Методы поверки 30
3. Анализ действующих ошибок 37
4. Порядок выполнения лабораторной работы 38
5. Содержание отчета по лабораторной работе 39
6. Контрольные вопросы 39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ПОВЕРКА РЫЧАЖНОЙ СКОБЫ 42
1. Общие сведения о приборе 42
2. Методы поверки 44
3. Анализ действующих ошибок 51
4. Порядок выполнения лабораторной работы 52
5. Содержание отчета по лабораторной работе 53
6. Контрольные вопросы 53
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ПОВЕРКА РЫЧАЖНОГО МИКРОМЕТРА 55
1. Общие сведения о приборе 55
2. Методы поверки 57
3. Анализ действующих ошибок 70
4. Порядок выполнения лабораторной работы 71
5. Содержание отчета по лабораторной работе 72
6. Контрольные вопросы 72

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ПОВЕРКА ИНДИКАТОРА ЧАСОВОГО ТИПА 75
1. Общие сведения о приборе 75
2. Методы поверки 78
3. Анализ действующих ошибок 88
4. Порядок выполнения лабораторной работы 89
5. Содержание отчета по лабораторной работе 90
6. Контрольные вопросы 90
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОВЕРКИ И РАСЧЁТ
ТОЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ
ИНДИКАТОРА ЧАСОВОГО ТИПА С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 0,01 ММ. 93
1. Постановка задачи 93
2. Определение погрешности поверки 94
3. Расчет технических условий на изготовление инструментальной наладки, исходя из требований точности поверки индикатора 97
4. Порядок выполнения экспериментально-исследовательской работы. 98
5. Содержание отчета 98
6. Контрольные вопросы 99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 100

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Любые измерения имеют смысл только тогда, когда обеспечивается их единство – результаты проведенных на разных предприятиях и в разных лабораториях измерений должны быть сопоставимыми, точными и достоверными. Это достигается благодаря Государственной системе обеспечения единства измерений (ГСИ), основной целью которой является создание общегосударственных правовых, нормативных, организационных, технических и экономических условий для решения задач по обеспечению единства измерений.

Деятельность по обеспечению единства измерений направлена на защиту от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений во всех сферах деятельности и осуществляется в соответствии:

- с Конституцией РФ;
- Федеральными законами (Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» и «О техническом регулировании»);
- Постановления Правительства России по отдельным вопросам (направлениям) метрологической деятельности (Постановлением Правительства РФ от 12.02.94 № 100 «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг»);
- Нормативные документы Госстандарта России: ТР, ГОСТ Р, РД, МИ, ПР, ПМГ (ГОСТ Р 8.000-2000 «Государственная система обеспечения единства измерений» и другими стандартами системы ГСИ, принимаемыми и утверждаемыми Госстандартом России);
- Рекомендации государственных научных метрологических центров Госстандарта России.

Одной из форм государственного регулирования в области обеспечения единства измерений является утверждение типа СИ и их поверка.

Поверка средств измерений – установление официально уполномоченным органом пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям (РМГ 29–2013).

В Российской Федерации поверочную деятельность в отношении средств измерения попадающих под Государственный Метрологический Надзор, регламентирует Закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и иные подзаконные акты. Под *поверкой* понимается совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям. Перечень средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном

порядке в соответствующей области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии, определяется Правительством РФ и вносится в Государственный реестр средств измерений.

Межповерочный интервал (МПИ) – это промежуток времени между двумя периодическими поверками. Межповерочные интервалы устанавливаются нормативными документами по поверке в зависимости от стабильности того или иного средства измерений и могут устанавливаться от нескольких месяцев до нескольких лет.

Первый межповерочный интервал устанавливается при утверждении типа средств измерений. Утверждение типа СИ осуществляется РОССТАНДАРТом на основании испытаний СИ, которые проводятся Государственными центрами испытаний СИ. Ведение Государственного реестра средств измерений возложено на ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы». Сведения об утвержденных типах средств измерений допущенных к использованию в РФ, включенных в госреестр средств измерений, можно посмотреть на сайте РОССТАНДАРТа. Данные о межповерочном интервале содержится в описании типа СИ.

При установлении интервала поверки, его выбирают таким образом, что бы новое подтверждение соответствия характеристик СИ установленным для него требованиям проводилось до появления любого изменения в точности, имеющего существенное значение для целей оборудования. В зависимости от результатов поверок при предыдущих проверках состояния средств измерений, интервалы между ними, при необходимости, должны быть сокращены, чтобы гарантировать сохранение точности. Согласно ФЗ-102 "Об обеспечении единства измерений" интервал между поверками СИ может быть изменен только федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений. Разрешается, в добровольном порядке, представлять на периодическую поверку СИ чаще установленного межповерочного интервала.

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) установил следующие виды поверки:

– ***Первичная поверка СИ*** – поверка, выполняемая при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средства измерений из-за границы.

– ***Периодическая поверка СИ*** – поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные интервалы времени между поверками (межповерочные интервалы).

– ***Внеочередная поверка СИ*** – поверка средства измерений, проводимая до наступления срока его очередной периодической поверки.

Необходимость внеочередной поверки может возникнуть вследствие разных причин: ухудшение метрологических свойств средства измерений или подозрение в этом, нарушение условий эксплуатации, нарушение поверительного клейма и др.

– ***Инспекционная поверка СИ*** – поверка, проводимая официально уполномоченным органом при проведении государственного метрологического надзора (контроля) за состоянием и применением средств измерений.

Такую поверку можно производить не в полном объеме, предусмотренном методикой поверки. Результаты инспекционной поверки отражают в акте проверки. Инспекционную поверку производят в присутствии представителя проверяемого юридического или физического лица.

– ***Комплектная поверка СИ*** – поверка, при которой определяют метрологические характеристики средства измерений, присущие ему как единому целому.

– ***Поэлементная поверка СИ*** – поверка, при которой значения метрологических характеристик средств измерений устанавливаются по метрологическим характеристикам его элементов или частей.

Поэлементную поверку обычно проводят для средств измерений, измерительных систем или измерительных установок, когда неосуществима комплектная поверка.

– ***Выборочная поверка*** – поверка группы средств измерений, отобранных из партии случайным образом, по результатам которой судят о пригодности всей партии.

– ***Экспертная поверка*** – проводится при возникновении разногласий по вопросам исправности средств измерений, их метрологических характеристик и пригодности СИ к дальнейшему применению.

Такую поверку производят органы ГМС по письменному требованию (заявлению) суда, прокуратуры, полиции, государственного арбитража, по письменному заявлению юридических и физических лиц при возникновении спорных вопросов. В заявлении должны быть указаны предмет, цель экспертной поверки и причина, вызвавшая ее необходимость. При осуществлении экспертной поверки СИ в необходимых случаях могут присутствовать заявитель и представители заинтересованной стороны. По результатам экспертной поверки составляют заключение, которое утверждает руководитель органа ГМС, и направляют его заявителю. Один экземпляр заключения должен храниться в органе ГМС, проводившем экспертную поверку.

Порядок проведения поверки средств измерений, правила постановки поверительного клейма, оформления свидетельства о поверке и т.д. регламентирует приказ Госстандарта РФ «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерения», правила по метрологии ПР 50.2.006-94, а также в рекомендациях МИ 187-86 и МИ 188-86.

Как правило, поверка измерительных приборов осуществляется в специальных помещениях – стационарных поверочных лабораториях (СПЛ), оснащенных поверочными установками, программно-вычислительным комплексом и другой высокоточной техникой. Также поверка может проводиться в мобильных поверочных лабораториях. Персонал, проводящий поверку, должен пройти соответствующую подготовку и иметь высокую квалификацию.

Поверка СИ производится в соответствии с нормативными документами, утверждаемыми по результатам испытаний СИ.

Результатом поверки является подтверждение пригодности СИ к применению или признание его непригодным к применению.

Если СИ по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма, соответствующего требованиям документа ПР 50.2.007-94 «ГСИ. Поверительные клейма», и (или) выдается «Свидетельство о поверке» установленной формы.

Если СИ по результатам поверки признано непригодным к применению, оттиск поверительного клейма и (или) «Свидетельство о поверке» аннулируется и выписывается «Извещение о непригодности» установленной формы или делаются соответствующие записи в технической документации.

Сведения о результатах поверки средств измерений, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ ШЦ-1

***Цель работы*:** Получение навыков поверки штангенциркуля в соответствии с методикой и выявления действующих ошибок механизма прибора.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ

1.1. Назначение и метрологическая характеристика прибора

Штангенциркуль – это универсальный инструмент, предназначенный для измерения наружных и внутренних линейных размеров деталей, а штангенциркули специального назначения также предназначены для измерения канавок на наружных и внутренних поверхностях, проточек, расстояний между осями отверстий малых диаметров и стенок труб, разметочных работ. Изготавливаются согласно ГОСТ 166-89.

Штангенциркули подразделяют:

– на нониусные;

– циферблатные – оснащены циферблатом для удобства и быстроты снятия показаний;

– цифровые – с цифровой индикацией для безошибочного считывания.

В зависимости от особенностей конструкции нониусные штангенциркули (тип ШЦ) делят на следующие типы:

– ШЦ-I. Самый распространенный тип измерительного прибора. Он укомплектован двухсторонними губками для измерения наружных и внутренних размеров, а также выдвижной линейкой-глубиномером;

– ШЦТ-I. Снабжен односторонними губками из твердого сплава для наружных измерений и выдвижным глубиномером. Рассчитан на эксплуатацию в абразивной среде;

– ШЦ-II. Укомплектован двухсторонними губками для внутренних и наружных замеров. Конструкцией предусмотрена микрометрическая подача подвижной рамки;

– ШЦ-III. Одностороннее расположение губок. Тем не менее прибор рассчитан на измерение как наружных, так и внутренних размеров.

Верхний предел измерения штангенциркулей типов I и T-I должен быть не более 300 мм.

Вылет губок l для измерения наружных размеров и вылет губок l_1 для измерения внутренних размеров должны соответствовать указанным в табл. 1.1.

Штангенциркули выпускаются с ценой деления основной шкалы 1,0 мм и ценой деления нониуса 0,02, 0,05 и 0,1 мм. Штангенциркули с ценой деления нониуса 0,1 мм имеют 1 или 2-ой класс точности, для штангенциркуля с ценой деления нониуса 0,05 мм класс точности не указывается.

Таблица 1.1 – Вылет губок

Диапазон измерения	l		l_1
	не менее	не более	не менее
0-125	35	42	15
0-135	38	42	16
0-150	38	42	16
0-160	45	50	16
0-200	50	63	16
0-250	60	80	16

Основные технические характеристики штангенциркулей приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики штангенциркулей

Диапазон измерения штангенциркулей	Значение отсчета по нониусу	Допуск плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей	Допуск параллельности измерительных поверхностей
0-125	0,05; 0,1	Допуск плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей должен составлять 0,01 мм на 100 мм длины большей стороны измерительной поверхности штангенциркулей. При этом допускаемые отклонения плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей должны быть: *0,004 мм* - для штангенциркулей со значением отсчета по нониусу не более 0,05 мм и длиной большей стороны измерительной поверхности менее 40 мм;	Допуск параллельности измерительных поверхностей губок для измерения внутренних размеров должен составлять 0,01 мм и на всей длине. Для штангенциркулей 2 класса точности измерительные поверхности кромочных губок допускается изготовлять с допуском параллельности 0,02 мм. Допуск параллельности на 100 мм длины плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров должен быть:
0-135			
0-150			
0-160			
0-200			

Диапазон измерения штангенциркулей	Значение отсчета по нониусу	Допуск плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей	Допуск параллельности измерительных поверхностей
0-250		*0,007 мм* - для штангенциркулей со значением отсчета по нониусу 0,1 мм и длиной большей стороны измерительной поверхности менее 70 мм.	*0,02 мм* - при значении отсчета по нониусу не более 0,05 мм; *0,03 мм* - при значении отсчета по нониусу 0,1 мм.

Предельная погрешность измерения штангенциркулем для диапазонов размеров должна соответствовать указанной в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Предельные погрешности измерения штангенциркулем

Средства измерения	Предельные погрешности измерения, мкм, для диапазона размеров, мм					
Наименование и случаи применения	до 10	св. 10 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
Штангенциркули (ШЦ-I, ШЦТ-I, ШЦ-II, ШЦ-III) с отсчетом по нониусу 0,1 мм	150	150	200	200	200	200
Штангенциркули (ШЦ-II, ЩЦ-III) с отсчетом по нониусу 0,05 мм	100	100	100	100	100	100

1.2. Описание конструкции и принципа действия

Штангенциркули ШЦ-1 изготавливаются из углеродистой или нержавеющей сталей с двусторонним расположением измерительных губок (рис. 1.1).

Нижние губки имеют плоские измерительные поверхности и предназначены для измерения наружных размеров. Верхние губки с кромочными измерительными поверхностями предназначены для измерения внутренних размеров. Для измерения глубины пазов и отверстий инструмент оснащен тонкой рейкой - глубиномером.

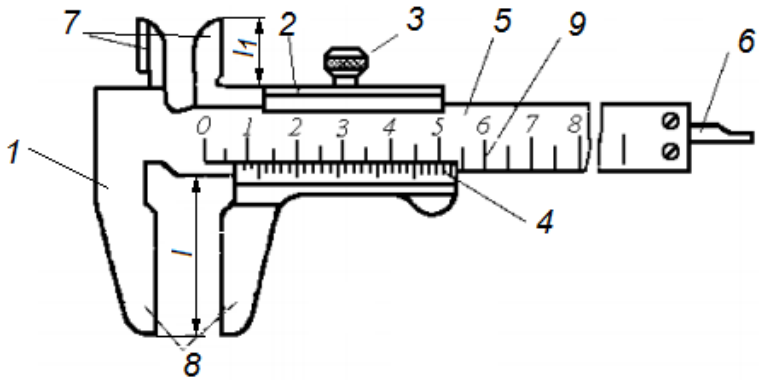


Рисунок 1.1 – Конструкция штангенциркуля ШЦ-I:
1 - штанга; *2* - рамка; *3* - зажимающий элемент; *4* - нониус; *5* - рабочая поверхность штанги; *6* - глубиномер; *7* - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; *8* - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; *9* - шкала штанги

1.3. Подготовка прибора к работе. Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора.

Перед измерением штангенциркуль проверяют на точность показаний. Для этого плотно совмещают измерительные губки инструмента, при этом нулевые риски обеих шкал должны совпасть, а последняя риска шкалы нониуса должна совместиться с предпоследней риской шкалы штанги.

Точность измерений штангенциркулем зависит от соблюдения правил его использования и ухода за ним.

Для измерения наружного линейного размера объект размещается между губками для наружных измерений, которые плотно к нему прижимаются. Показания штангенциркуля считываются следующим образом:

Порядок отсчёта показаний штангенциркуля по шкалам штанги и нониуса:

– по положению нулевой отметки нониуса определяют целое количество делений основной шкалы – целая часть мм;

– по наилучшему совпадению отметок нониуса с отметками основной шкалы определяют количество делений нониуса и с учетом цены деления нониуса получают десятые/сотые доли мм;

– значение измеряемой величины определяется путем сложения целой части (в мм) и рассчитанной десятой/сотой доли мм.

Аналогичным образом проводят измерения внутренних линейных размеров с помощью губок для измерения внутренних размеров.

2. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

Методика поверки штангенциркулей регламентирована ГОСТ 8.113-85.

2.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в табл. 1.4.

Таблица 1.4 – Элементы средства измерения, подлежащие поверке

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
1.	Внешний осмотр	–	да	да	да
2.	Опробование	–	да	да	да
Определение метрологических характеристик					
3.	Определение длины вылета губок штангенциркулей	Металлическая измерительная линейка по ГОСТ 427-75, предел измерения 0-150 мм	да	да	да
4.	Определение шероховатости измерительных поверхностей	Профилографы-профилометры контактные по ГОСТ 19300-86; образцы шероховатости плоские и выпуклые с параметрами Ra=0,32 и 0,63 мкм по ГОСТ 9378-93 или образцы деталей штангенциркуля с параметрами (в мкм): $Ra = 0{,}32\ ^{+10}_{-20}\%$ и $Ra = 0{,}63\ ^{+10}_{-20}\%$	да	да	нет
5.	Определение размеров штрихов шкал и перекрытия штрихов шкалы штанги краем нониуса штангенциркуля	Инструментальный микроскоп типа БИМ по ГОСТ 8074-82	да	нет	нет
6.	Определение расстояния от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы штанги	Щупы толщиной 0,25 и 0,30 мм, класс точности 2 по ГОСТ 882-75	да	да	нет

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
7.	Определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок	Лекальная линейка типа ЛД, класс точности 1 по ГОСТ 8026-92; образец просвета из плоскопараллельных концевых мер длины образцовых 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 2 по ГОСТ 9038-90 и плоской стеклянной пластины типа ПИ 60 мм класс точности 2 по ГОСТ 2923-75 или брусок для определения значения просвета	да	да	да
8.	Определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок	Плоскопараллельные концевые меры длины образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 3 по ГОСТ 9038-90; ролик диаметром 5,493 мм, класс точности 1 по ГОСТ 2475-88 для образца просвета: лекальная линейка типа ЛД, класс точности 1 по ГОСТ 8026-92; плоскопараллельные концевые меры длины образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 3 по ГОСТ 9038-90 и плоская стеклянная пластина типа ПИ 60 мм, класс точности 2 по ГОСТ 2923-75 или брусок для определения значения просвета	да	да	да

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
9.	Определение размера сдвинутых до соприкосновения губок и отклонения от параллельности образующих измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III	Микрометр типа МК, предел измерения 0-25 мм, класс точности 2 по ГОСТ 6507-90; индикаторная скоба	да	да	да
10.	Определение (контроль) усилия перемещения рамки по штанге штангенциркуля	Циферблатные весы с ценой деления 5г по ГОСТ 23711-79 с метрологическими параметрами по ГОСТ 23676-79; меры массы общего назначения по ГОСТ 7328-82 или подвеска	да	да	да
11.	Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и определение расстояния между ними	Микрометр типа МК, предел измерения 0-25 мм, класс точности 2 по ГОСТ 6507–90 или индикаторная скоба; плоскопараллельные концевые меры длины 10 мм образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 3 по ГОСТ 9038-90, или гладкое кольцо	да	да	да

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
12.	Определение погрешности штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины	Плоскопараллельные концевые меры длины 20 мм образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 3 по ГОСТ 9038-90, или гладкое кольцо плоская стеклянная пластина типа ПИ 60 мм, класс точности 2 по ГОСТ 2923-75 или плита исполнения 2, класс точности 1 размером 250×250 мм по ГОСТ 10905-86	да	да	да
13.	Определение погрешности штангенциркуля	Плоскопараллельные концевые меры длины образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 3 по ГОСТ 9038-90; инструментальный микроскоп по ГОСТ 8074-82 или универсальный измерительный микроскоп по ГОСТ 14968-69; микрометрический нутромер по ГОСТ 10-88	да	да	да

Примечание.

В данной лабораторной работе проводиться поверка средства измерения, находящегося в применении.

2.2. Условия поверки

При проведении поверки температура воздуха в помещении должна быть (20 ± 5) °С.

2.3. Порядок проведения поверки

1) Поверяемый элемент – *внешний осмотр*

При внешнем осмотре должно быть установлено:

– соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166-89 в части отчетливости и правильности оцифровки штрихов шкал, комплектности и маркировки;

– наличие твердого сплава на измерительных поверхностях губок штангенциркулей типа ШЦТ-I, зажимного устройства для зажима рамки, шкал на штанге и рамке, покрытия, микрометрической подачи рамки штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III при комплектации их приспособлениями для разметки.

Не допускаются:

– заметные при визуальном осмотре дефекты, ухудшающие эксплуатационные качества и препятствующие отсчету показаний;

– перекос края нониуса к штрихам шкалы штанги, препятствующий отсчету показаний.

2) Поверяемый элемент – *опробование*

При опробовании проверяют:

– плавность перемещения рамки вместе с микрометрической подачей по штанге штангенциркуля;

– возможность продольного регулирования нониуса штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III;

– значение мертвого хода микрометрической пары; при этом мертвый ход микрометрической пары штангенциркулей, выпускаемых из производства и ремонта, должен соответствовать требованиям ГОСТ 166-89, а штангенциркулей, находящихся в эксплуатации, не должен превышать 1/2 оборота;

– отсутствие перемещения рамки под действием собственной массы;

– возможность зажима рамки в любом положении в пределах диапазона измерения;

– нахождение рамки с нониусом и рамки микроподачи по всей их длине на штанге при измерении размеров, равных верхнему пределу измерения;

– отсутствие продольных царапин на шкале штанги при перемещении по ней рамки (визуально).

Определение метрологических характеристик штангенциркуля

3) Поверяемый элемент – *длина вылета губок*

Длину вылета губок определяют при помощи металлической измерительной линейки. Длина вылета губок у штангенциркулей типа ШЦ-I, вы-

пускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается уменьшение длины вылета губок до 30 мм и уменьшение длины губок для внутренних измерений на 1/4 их длины по сравнению со значениями, приведенными в ГОСТ 166-89 и табл. 1.1.

4) Поверяемый элемент – *отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок, а также торца штанги штангенциркулей*

Отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок, а также торца штанги штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I определяют лекальной линейкой.

Ребро лекальной линейки устанавливают на торец штанги и измерительную поверхность губок параллельно длинному ребру.

Значение просвета определяют визуально – сравнением его с образцом (рис. 1.2). Отклонение от плоскостности не должно превышать значений, установленных ГОСТ 166-89 и табл. 1.2.

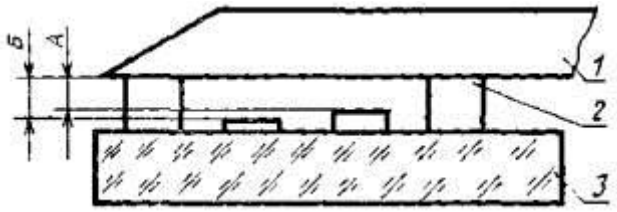


Рисунок 1.2. – Образец для определения значения просвета:
1 – лекальная линейка; *2* – плоскопараллельные концевые меры длины,
3 – плоская стеклянная пластина; *А, Б* – значения просвета

Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускают завалы на расстоянии 0,5 мм от краев измерительной поверхности.

В данной лабораторной работе, в случае наличия просвета между лекальной линейкой и торцом штанги или же измерительными поверхностями губок штангенциркуля, его значение определяют визуально по цвету просвета. Значения просвета по цвету приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Значения просвета по цвету

Цвет просвета	Значение просвета, *нм*
Белый	Более 720
Красный	720
Оранжевый	660
Желтый	600
Зеленый	540
Синий	480
Фиолетовый	420

5) Поверяемый элемент – *отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок*

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок определяют при помощи концевых мер длины и ролика (рис. 1.3) при трех положениях подвижной губки, близких к пределам измерений и середине диапазона измерения штангенциркуля.

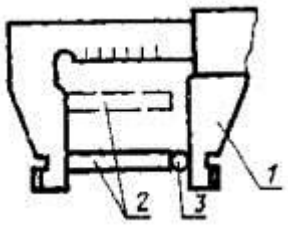


Рисунок 1.3. – Схема определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок:
1 – губка; *2* – концевая мера длины; *3* – ролик

За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок принимают наибольшую разность измеренных расстояний при каждом положении подвижной губки, которая не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166-89 и приведенных в табл. 1.2.

Допускается при выпуске из производства штангенциркулей с пределом измерения до 400 мм определять отклонение от параллельности губок по просвету между измерительными поверхностями при сдвинутых губках как при незатянутом, так и при затянутом зажиме рамки. При этом значение просвета не должно превышать 0,008 мм – при значении отсчета по нониусу 0,05 мм, 0,012 мм – при значении отсчета по нониусу 0,1 мм.

Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается заменять определение отклонения от параллельности определением погрешности штангенциркуля по п. 8 при двух положениях концевой меры длины, указанных на рис. 1.3.

6) Поверяемый элемент – *отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и расстояние между ними*

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и расстояние между ними определяют гладким микрометром или индикаторной скобой при затянутом зажиме рамки. Штангенциркуль устанавливают на размер 10 мм по концевой мере длиной 10 мм. Микрометром или индикаторной скобой измеряют расстояние между измерительными поверхностями губок в двух или трех сечениях по длине губок. Разность расстояний равна от-

клонению от параллельности измерительных поверхностей и не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166-89.

Для штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений не должно превышать 0,04 мм.

Расстояние между измерительными поверхностями губок для штангенциркулей, выпускаемых из производства, должно соответствовать $10^{+0,07}_{+0,02}$ мм, а выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации – $10^{+0,07}_{-0,03}$ мм.

Расстояние между измерительными поверхностями губок штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается определять гладким кольцом. Определяют разность между диаметром кольца, измеренным штангенциркулем, и размером, указанным на маркировке кольца. Разность не должна превышать $\pm 0,1$ мм. Отсчет производят при зажатом стопорном винте рамки штангенциркуля.

7). Поверяемый элемент – *погрешность штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины*

Погрешность штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины определяют по концевым мерам длиной 20 мм. Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается использовать гладкое кольцо или установочную меру длиной 25 мм из комплекта микрометрического глубиномера по ГОСТ 7470-92. Две концевые меры или гладкое кольцо устанавливают на плоскую стеклянную пластину или поверочную плиту. Торец штанги прижимают к измерительным поверхностям концевых мер или гладкого кольца. Линейку глубиномера перемещают до соприкосновения с плоскостью стекла или плиты и производят отсчет.

Погрешность штангенциркуля при измерении глубины не должна превышать значения, установленного ГОСТ 166-89: для штангенциркулей с ценой деления 0,05 мм и штангенциркулей 1 класса точности с ценой деления 0,1 мм– ±0,05 мм, 2 класса точности – ±0,1 мм.

8) Поверяемый элемент – *погрешность штангенциркулей*

Погрешность штангенциркулей определяют по концевым мерам длины. Блок концевых мер длины помещают между измерительными поверхностями губок штангенциркуля. Усилие сдвигания губок должно обеспечивать нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер длины при отпущенном стопорном винте рамки. Длинное ребро измерительной поверхности губки долж-

но быть перпендикулярно к длинному ребру концевой меры длины и находиться в середине измерительной поверхности.

В одной из поверяемых точек погрешность определяют при зажатом стопорном винте рамки, при этом должно сохраняться нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер.

У штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, погрешность определяют в трех точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса.

При поверке штангенциркулей класса точности 1 со значением отсчета по нониусу 0,1 мм несовпадение штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, соответствующих действительному размеру блока мер, измеряют при помощи микроскопа.

Несовпадение штрихов равно погрешности штангенциркуля в поверяемой точке.

Погрешность для каждой пары губок не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166-89.

Одновременно проверяют нулевую установку штангенциркуля.

Для штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при сдвинутых до соприкосновения губках смещение штриха нониуса должно быть в плюсовую сторону. Смещение нулевого штриха определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. При этом показание штангенциркуля должно быть не более 1,1 мм.

Для штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I класса точности 2, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается смещение нулевого штриха нониуса до -0,1 мм при сдвинутых до соприкосновения губках.

3. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОШИБОК

Анализ действующих ошибок (т.е. ошибок, проявляющихся в работе прибора) осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки штангенциркуля и теоретического материала по курсу «Точность измерительных приборов».

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значе-

нием допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо заполнить столбцы 3, 4 табл. 1.6, являющейся базой исходных данных к расчету на точность механизма рычажной скобы. Табл. 1.6 является составной частью отчета по лабораторной работе.

Таблица 1.6 – Анализ действующих ошибок

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите характер проявления погрешности (случайный, систематический). Укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный)
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций	
4	Трение в кинематических парах механизма ИП	Укажите места возникновения сил и моментов трения	
5	Воздействие окружающей среды (температурные погрешности)	Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний	

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением и метрологическими характеристиками прибора. Изучить конструкцию и принцип действия прибора. Нарисовать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства.

Изучить порядок проведения измерений и снятия показаний. Основные метрологические характеристики прибора и занести в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Метрологические характеристики прибора

Тип прибора	Диапазон измерения	Цена деления, мм		Предельная допускаемая погрешность измерения, мм
		по основной шкале	по нониусу	

2. Ознакомиться с методами поверки: операциями и средствами проведения поверки, порядком ее проведения.

3. Указать элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ и занести их в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Средства поверки и элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ

№	Наименование операций, проводимых при поверке СИ, находящегося в применении	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
1.		

4. Произвести поверку штангенциркуля и составить протокол поверки.

5. Провести анализ действующих ошибок измерительного прибора. Результаты свести в табл. 1.9.

Таблица 1.9 – Анализ действующих ошибок измерительного прибора

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунка конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- конструкцию и описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;

– таблицу анализа действующих ошибок;
– протокол поверки прибора;
– вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких составляющих складывается погрешность показаний прибора?
2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний прибора на данном интервале его поверки?
3. Включает ли погрешность показаний прибора ошибку схемы?
4. Какая из составляющих погрешности показаний данного прибора будет являться доминирующей?
5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора?
6. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности).
7. Что такое параллакс? Как уменьшить погрешность от параллакса?

П Р О Т О К О Л №_____

поверки штангенциркуля типа **ШЦ – I** ____ № _____

Пределы измерения ___ ____ мм Цена деления ____ мм t =_____ °С

Наименование операций поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр	–	–		
2. Опробование	–	–		
Определение метрологических характеристик (МХ)				
3. Длина вылета губок, ***мм***	Металлическая измерительная линейка 0-150 мм	ℓ=35÷ 42 ℓ1≥15		
4. Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей, ***мкм***: • губок для наружных измерений • торца штанги	Лекальная линейка ЛД КТ 1, образец просвета из КМД 4 разряда или КТ 3 и плоской стеклянной пластины ПИ60	ЦД 0,05 ≤4 ≤10	ЦД 0,1 ≤7	
5. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок, ***мкм***		ЦД 0,05 ≤8	ЦД 0,1 ≤12	
6.1. Расстояние между губками для внутренних измерений при зажатой рамке, ***мм***	КМД 4 разряда или КТ 3 длиной 10 мм, микрометр МК 25	$10^{+0,07}_{-0,03}$		
6.2. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений при зажатой рамке, ***мкм***		≤40		
7. Погрешность штангенциркуля типа *ШЦ-I* и *ШЦТ-I* при измерении глубины, ***мм***	Две КМД 20 мм 4 разряда или КТ 3, плита КТ 1	ЦД 0,05 ±0,05	ЦД 0,1 ±0,10	
8. Погрешность штангенциркуля, ***мм***: ЦД 0,05	КМД 4 разряда или КТ 3, набор № 22 или № 1	± 0,05		
ЦД 0,1		КТ 1 ±0,05	КТ 2 ±0,10	

8. Определение погрешности

Контролируемые точки, ***мм***	21,2	71,5	101,6
Показания штангенциркуля, ***мм***			
Погрешность, ***мм***			

Наибольшая погрешность: ___ _____ мм

Заключение по результатам поверки

Штангенциркуль типа ШЦ-I №___ _____требованиям ГОСТ 166-89
соответствует/несоответсвует

для_____ класса точности. Поверка проведена по ГОСТ 8.113-85.

Поверитель _____ _____ Дата_____
подпись Фамилия, И.О.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ПОВЕРКА МИКРОМЕТРА ГЛАДКОГО

***Цель работы*:** Получение навыков поверки микрометра гладкого в соответствии с методикой и выявления действующих ошибок механизма прибора.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ

1.1. Назначение и метрологическая характеристика прибора

Микрометр относится к классу микрометрических измерительных инструментов и предназначен для абсолютных измерений наружных линейных размеров изделий. Принцип действия микрометра основан на использовании винтовой пары (винт-гайка), позволяющей преобразовать вращательное движение микровинта в поступательное, при этом искомое значение физической величины находят непосредственно по шкале отсчетного устройства средства измерения (прямые измерения).

Приборостроительная промышленность изготавливает микрометры в соответствии с требованиями ГОСТ 6507-90 с пределами измерений от 0 до 300 мм с интервалом 25мм (0-25, 25-50 и т.д.). В комплект микрометра типа МК должны входить установочные меры (для микрометра с верхним пределом измерения 50 мм и более) и соединительные гильзы (для микрометра с верхним пределом измерения более 300 мм). Изготавливаются двух классов точности: 1 и 2.

Микрометр гладкий применяется в единичном, серийном и массовом производстве, обычно в цеховых условиях.

Основные параметры микрометров типа МК представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Основные параметры микрометра гладкого

<table>
<tr><th rowspan="2">Тип микрометра</th><th rowspan="2">Диапазон измерения, мм</th><th rowspan="2">Перемещение микровинта, мм</th><th rowspan="2">Цена деления по шкале барабана микровинта, мм</th><th colspan="2">Предел допускаемой погрешности, мм, для классов точности</th><th rowspan="2">Измерительное усилие, Н</th><th rowspan="2">Колебание измерительного усилия, Н</th></tr>
<tr><th>1 класс</th><th>2 класс</th></tr>
<tr><td>МК-25</td><td>0-25</td><td rowspan="4">25</td><td rowspan="4">0,01</td><td>±0,002</td><td rowspan="4">±0,004</td><td rowspan="4">5-10</td><td rowspan="4">2</td></tr>
<tr><td>МК-50</td><td>25-50</td><td rowspan="3">±0,0025</td></tr>
<tr><td>МК-75</td><td>50-75</td></tr>
<tr><td>МК-100</td><td>75-100</td></tr>
</table>

Допуск параллельности и допуск плоскостности измерительных поверхностей не должен превышать значений, установленных в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Допуск параллельности измерительных поверхностей

Тип микрометра	Верхний предел измерений микрометра, мм	Допуск параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра, мкм, классов точности		Допуск плоскостности измерительных поверхностей микрометра, мкм, классов точности	
		1	2	1	2
МК	25	1,5	2	0,6	0,9
	50	2	2		
	75; 100	3	3		

1.2. Описание конструкции и принципа действия

Основные элементы конструкции гладкого микрометра представлены на рис. 2.1.

Действие микрометра основано на перемещении микрометрического винта 3 вдоль оси при вращении его в неподвижной гайке. Перемещение пропорционально углу поворота винта вокруг оси. Полные обороты отсчитывают по шкале, нанесённой на стебле микрометра 5, а доли оборота – по круговой шкале, нанесённой на барабане 6. Оптимальным является перемещение винта в гайке лишь на длину не более 25 мм из-за трудности изготовления винта с точным шагом на большей длине. Поэтому микрометры изготовляют нескольких типоразмеров для измерения длин от 0 до 25 мм, от 25 до 50 мм и т. д.

Рисунок 2.1 – Конструкция микрометра гладкого:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопорное устройство;
5 – стебель; 6 – барабан; 7 – трещотка; 8 – установочная мера

Предельный диапазон измерений наибольшего из микрометров заканчивается на отметке в 3000 мм. Для микрометров с пределами измерений

от 0 до 25 мм при сомкнутых измерительных плоскостях пятки и микрометрического винта нулевой штрих шкалы барабана должен точно совпадать с продольным штрихом на стебле, а скошенный край барабана – с нулевым штрихом шкалы стебля. Для измерений длин, больших 25 мм, применяют микрометр со сменными пятками; установку таких микрометров на ноль производят с помощью установочной меры 8, прикладываемой к микрометру, или концевых мер длины. Измеряемое изделие зажимают между измерительными плоскостями микрометра 2 и 3. Обычно шаг винта равен 0,5 или 1 мм и соответственно шкала на стебле имеет цену деления 0,5 или 1 мм, а на барабане наносится 50 или 100 делении для получения отсчёта 0,01 мм. Постоянное осевое усилие при контакте винта с деталью обеспечивается фрикционным устройством – трещоткой 7. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью измеряемой детали трещотка начинает проворачиваться с лёгким треском, при этом вращение микровинта следует прекратить после трёх щелчков.

1.3. Подготовка прибора к работе. Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора

Каждый раз перед началом работы необходимо провести проверку нулевых показаний микрометра, при необходимости выполняют настройку.

Подготовка прибора к работе.

Проверить жесткость крепления пятки и стебля микрометра в скобе.

Протереть чистой мягкой тканью измерительные поверхности.

Проверить нулевые показания инструмента. Для этого у МК-25 соединяют между собой рабочие поверхности пятки и микрометрического винта усилием трещотки (3-5 щелчков). Если прибор настроен правильно, его показания будут равны 0,00.

Для проверки микрометров с диапазоном измерений 25-50 мм, 50-75 мм и более используют соответствующие им эталоны (концевые меры длины), точный размер которых известен. Эталон, имеющий чистую торцевую поверхность, должен быть зажат без перекосов между измерительными поверхностями прибора усилием трещотки в несколько щелчков. Полученное значение сравнивают с известным, и при необходимости выполняют настройку микрометра в следующей последовательности.

Настройка на ноль.

а) Фиксируют микрометрический винт при помощи стопорного устройства в положении с зажатой концевой мерой или соединенными вместе измерительными поверхностями.

б) Разъединяют барабан и микрометрический винт между собой. Для этого придерживают одной рукой барабан, а другой отворачивают корпус трещотки (достаточно полуоборота).

Также возможна конструкция прибора, в которой соединение барабана с микрометрическим винтом осуществлено с помощью винта или прижимной гайки с углублением. В этом случае воспользуйтесь ключом, идущим в комплекте.

в) Нулевой штрих барабана совмещается с продольным штрихом стебля. После этого барабан вновь соединяют с микрометрическим винтом, проводят новую проверку. При необходимости производится повторная настройка.

Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора.

Рабочие поверхности микрометра разводят на величину чуть большую, чем размер измеряемой детали, иначе при работе можно её поцарапать. Торцевые поверхности пятки и микрометрического винта имеют высокую твердость для устойчивости к истиранию.

Пятку слегка прижимают к детали и вращают микрометрический винт с помощью трещотки до соприкосновения его с измеряемой поверхностью. Трещотка служит для регулирования измерительного усилия – обычно 3-5 щелчков. Положение микрометрического винта фиксируют с помощью стопорного устройства для того, чтобы не сбить показания при считывании значений со шкалы.

В процессе работы с микрометром его следует держать за скобу таким образом, чтобы была видна шкала стебля, и показания можно было снять на месте.

При измерении диаметра вала, измерительные поверхности нужно выставлять в диаметрально противоположных точках. При этом пятка прижимается к валу, а микрометрический винт, который медленно вращают трещоткой, последовательно выравнивается в двух направлениях: осевом и радиальном.

Определение показаний прибора

Указателем при отсчете по шкале стебля 2 (рис. 2.2) служит торец барабана 3, а продольный штрих 1 стебля 2 является указателем для круговой шкалы барабана 3. Пронумерованная шкала стебля показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала служит для подсчета половин миллиметров.

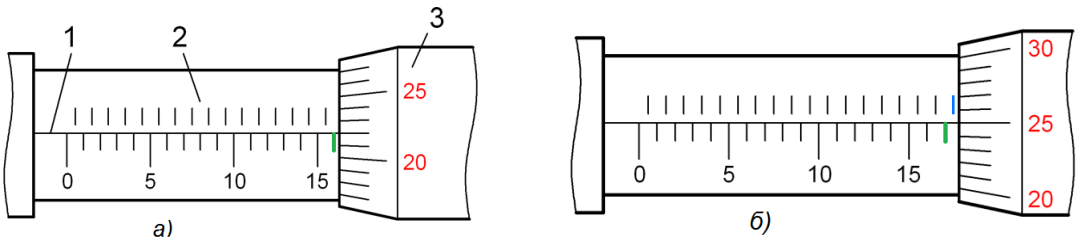


Рисунок 2.2 – Определение показаний прибора

Отметим последний видимый штрих миллиметровой шкалы стебля – его значение составляет целое число миллиметров (на рис. 2.2 он обозначен зеленым цветом).

При отсчете показаний круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1. Таким образом, на рис. 2.2, *а* показания прибора составляют:

16+0,22=16,22 *мм*.

Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы (обозначен голубым), нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

На рис. 2.2, б) показания микрометра составляют:

17+0,5+0,25=17,75 *мм*.

2. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

МИ 782-85 устанавливает методику первичной и периодической поверок микрометров с ценой деления 0,01 мм типов МК; МЛ; МТ; МЗ; МГ; МП, изготовленных по ГОСТ 6507-90.

Рекомендуемый межповерочный интервал - не более 1 года.

2.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в табл. 2.3.

2.2. Условия поверки

На правильность поверки микрометров влияет температурный режим, при котором проводится поверка. Допускаемое по ГОСТ 6507-90 отклонение температуры от 20 °С при поверке микрометров с верхним пределом измерения до 150 мм – ±4 °С.

Относительная влажность воздуха должна быть не более 80 %.

Перед проведением поверки измерительные поверхности микрометра необходимо очистить от смазки.

Перед проведением поверки микрометры и СИТ, используемые при поверке, должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с эксплуатационными документами и выдержаны в течение трех часов на рабочем месте.

Таблица 2.3 – Средства поверки и операции, проводимые при поверке микрометров

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
1.	Внешний осмотр	Визуально, без применения СИТ	да	да	да
2.	Опробование	Визуально, без применения СИТ	да	да	да
	Определение (контроль) метрологических характеристик				
3.	Определение шероховатости измерительных поверхностей микрометров установочных мер	Образцы шероховатости поверхности по ГОСТ 9378-93 или измерительный интерференционный микроскоп по ГОСТ 9847-79 модели МИИ-4	да	да	нет
4.	Определение расстояния a от стебля до измерительной кромки барабана микрометра	Щуп толщиной 0,45 мм по ГОСТ 882-75	да	нет	нет
5.	Определение зазора между концом стрелки и шкалой циферблата микрометра типа МЛ	Визуально, без применения СИТ	да	да	нет
6.	Определение расстояния b от торца конической барабана до начального штриха шкалы стебля	Визуально, без применения СИТ	да	да	нет
7.	Определение измерительного усилия и его колебания	Циферблатные весы с ценой деления 5 г по ГОСТ 23711-79; стойка типа С-II-28-125×125 по ГОСТ 10197-70; кронштейн или динамометр	да	да	нет

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
8.	Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометра	Плоская стеклянная пластина нижняя ПИ60 2 класса точности по ГОСТ 2923-75; лекальная линейка типа ЛД класса точности 1 по ГОСТ 8026-92	да	да	да
9.	Определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров типов МК и МЗ	Плоскопараллельные стеклянные пластины по ГОСТ 1121-75; плоскопараллельные концевые меры длины класса точности 2 по ГОСТ 9038-90	да	да	да
10.	Определение перекоса плоской измерительной поверхности микрометрического винта при зажатии стопора микрометров типа МК	Плоскопараллельные стеклянные пластины по ГОСТ 1121-75; измерительная рычажно-зубчатая головка с ценой деления 0,001 мм по ГОСТ 18833-73; приспособление	да	да	нет
11.	Определение погрешности микрометров: типов МК, МЛ, МП, МТ с верхним пределом измерения до 50 мм классов точности 1 и 2;	Плоскопараллельные концевые меры длины; образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 2 по ГОСТ 9038-90	да	да	да
	типов МК, МЛ, МП, МТ с верхним пределом измерения более 50 мм классов точности 1 и 2:	Плоскопараллельные концевые меры длины			

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
	класса точности 1 класса точности 2	образцовые 4-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 1 по ГОСТ 9038-90 образцовые 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 2 по ГОСТ 9038-90			
12.	Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей и погрешности микрометров типа МЗ	Меры с цилиндрическими измерительными поверхностями	да	да	да
13.	Определение отклонения от перпендикулярности измерительной поверхности микрометрической головки относительно оси вращения микрометрического винта микрометров типа МГ	Унифицированный автоколлиматор АК-IV ГОСТ 11899-77; плита поверочная размером 630×400 мм по ГОСТ 10905-86	да	нет	нет
14.	Определение отклонения длины от номинальной и отклонения от параллельности (плоскопараллельности) измерительных поверхностей установочных мер	Плоскопараллельные концевые меры длины образцовые 4-го разряда по ГОСТ 8.166-75 или класса точности 1 по ГОСТ 9038-90; горизонтальный оптиметр по ГОСТ 5405-75 или оптико-механическая машина типа ИЗМ по ГОСТ 10875-76	да	да	да

2.3. Порядок проведения поверки

Рассмотрим порядок проведения поверки микрометров типа МК, находящегося в применении.

1). Поверяемый элемент – *внешний осмотр*

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

– соответствие микрометров требованиям ГОСТ 6507-90 в части формы измерительных поверхностей микрометров и установочных мер, качества поверхностей, оцифровки и штрихов шкал, комплектности и маркировки;

– наличие твердого сплава на измерительных поверхностях, стопорного устройства для микрометрического винта, шкал на стебле, барабане микрометров, антикоррозионного покрытия микрометров (за исключением пятки, микрометрического винта и измерительной губки) и установочных мер (за исключением измерительных поверхностей), теплоизоляции скоб микрометров с верхним пределом измерения более 50 мм,

– отсутствие механических повреждений на измерительных и других наружных поверхностях деталей, влияющих на эксплуатационные качества.

2). Поверяемый элемент – *опробование*

При опробовании проверяют:

– плавность перемещения барабана микрометра вдоль стебля;

– отсутствие трения барабана о стебель;

– плавность перемещения винта микрометра;

– отсутствие вращения микрометрического винта, закрепленного стопорным устройством, после приложения момента, передаваемого устройством, обеспечивающим измерительное усилие (при этом показания микрометра не должны изменяться);

– неизменность положения закрепленной передвижной или сменной пятки – по отсутствию радиального или осевого качения.

– нулевую установку микрометра.

3). Поверяемый элемент – *отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра МК*

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра определяют интерференционным методом при помощи плоской стеклянной пластины.

Стеклянную пластину накладывают на контролируемую поверхность. При этом добиваются такого контакта, при котором наблюдалось бы наименьшее число интерференционных полос (колец).

Отклонение от плоскостности определяют по числу интерференционных полос. Отсчет следует производить, отступив на 0,5 мм от края измерительной поверхности.

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометров не должно превышать значений, установленных в ГОСТ 6507-90 и указанных в табл. 2.2.

Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометров, находящихся в эксплуатации, можно производить с помощью лекальной линейки. Просвет между лекальной линейкой и измерительной поверхностью не допускается.

4). Поверяемый элемент – *отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров типов МК*

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров типов МК и МЗ с верхним пределом измерения до 100 мм определяют при помощи стеклянных плоскопараллельных пластин, а более 100 мм - при помощи концевых мер длины при незакрепленном стопорном винте.

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров с верхним пределом измерения до 100 мм определяют интерференционным методом по четырем стеклянным плоскопараллельным пластинам, размеры которых отличаются друг от друга на значение, соответствующее ¼ оборота микрометрического винта.

Приведя пластину в контакт с измерительными поверхностями микрометра, при использовании устройства, обеспечивающего измерительное усилие, добиваются такого положения, при котором была бы наименьшая сумма полос на обеих измерительных поверхностях. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей определяется наибольшей из сумм интерференционных полос, подсчитанной для каждой из четырех стеклянных пластин, при этом одна полоса соответствует отклонению от параллельности 0,3 мкм.

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров не должно превышать значений, указанных в табл. 2.2.

5). Поверяемый элемент – *погрешность микрометра*

Погрешность микрометров типа МК определяют в пяти (не менее) равномерно расположенных точках шкалы микрометра путем сравнения показаний с размерами концевых мер длины. Точки, в которых рекомендуется проводить определение погрешности микрометров, указаны в МИ 782-85 и приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Рекомендуемые точки для определения погрешности микрометров

Диапазон измерений микрометров, мм	Шаг микрометрического винта, мм	Рекомендуемые номинальные значения размеров концевых мер длины, используемых при поверке, мм
0-25	0,5	5,12; 10,24; 15,36; 21,50; 25,00
A-(*A* + 25)		*A* + 15,12; *A* + 10,24; *A* + 15,36; *A* + 21,50; *A* + 25,00

Примечание. *A* – нижний предел измерений поверяемого микрометра.

Погрешность микрометров не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 6507-90 и приведенных в табл. 2.1.

6). Поверяемый элемент – *отклонение длины от номинальной и отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочных мер*

Отклонения длины от номинальной и отклонения от параллельности (плоскопараллельности) измерительных поверхностей установочных мер определяют сравнением установочных мер с концевыми мерами длины соответствующих размеров.

Установочные меры с плоскими измерительными поверхностями поверяют на горизонтальном оптиметре или оптико-механической машине с использованием сферических наконечников, добиваясь наименьших показаний прибора при покачивании меры вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

Отклонение длины установочной меры от номинального значения определяют в средней точке 2 и в четырех точках 1, 3, 4 и 5, расположенных на расстоянии 0,7-1 мм от края измерительной поверхности (рис. 2.3).

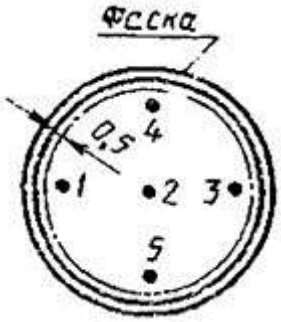


Рисунок 2.3 – Отклонение длины установочной меры от номинального значения

За отклонение длины установочной меры от номинального значения принимают наибольшее по абсолютному значению отклонение из пяти полученных.

За отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочных мер принимают наибольшую по абсолютному значе-

нию разность между наибольшим и наименьшим из отсчетов в точках 1, 2, 3, 4 и 5.

Отклонения длины от номинальных размеров и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочных мер не должны превышать значений, установленных в ГОСТ 6507-90 и приведенных в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Допускаемое отклонение длины установочных мер от номинального размера микрометров и суммарный допуск плоскостности и параллельности измерительных поверхностей установочных мер

Номинальный размер установочных мер, мм	Допускаемое отклонение длины установочных мер от номинального размера микрометров класса точности, мкм		Суммарный допуск плоскостности и параллельности измерительных поверхностей установочных мер, мкм
	1	2	
25; 50; 75	±1,0	±1,5	0,5
100; 125	±1,2	±2,0	0,75

Для микрометров, находящихся в эксплуатации и выпускаемых из ремонта, допускается уменьшение размера нерегулируемых установочных мер на 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 мм, но при этом на установочной мере должен быть отчетливо нанесен действительный размер.

3. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОШИБОК

Анализ действующих ошибок (т.е. ошибок, проявляющихся в работе прибора) осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки рычажной скобы и теоретического материала по курсу "Точность измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо заполнить столбцы 3, 4 табл. 2.6, являющейся базой исходных данных к расчету на точность механизма рычажной скобы. Табл. 2.6 является составной частью отчета по лабораторной работе.

Таблица 2.6 – Анализ действующих ошибок

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите характер проявления погрешности (случайный, систематический). Укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный)
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций	
4	Трение в кинематических парах механизма ИП	Укажите места возникновения сил и моментов трения	
5	Воздействие окружающей среды (температурные погрешности)	Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний	

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением и метрологическими характеристиками прибора. Изучить конструкцию и принцип действия прибора. Нарисовать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства. Изучить порядок проведения измерений и снятия показаний. Основные метрологические характеристики прибора и занести в табл. 2.7.

Таблица 2.7 – Основные метрологические характеристики

Тип микрометра	Диапазон измерения, мм	Цена деления по шкале барабана микровинта, мм	Перемещение микровинта, мм	Предел допускаемой погрешности, мм, для классов точности		Измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
				1 класс	2 класс		

2. Ознакомиться с методами поверки: операциями и средствами проведения поверки, порядком ее проведения.

3. Указать элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ и занести их в табл. 2.8.

Таблица 2.8 – Средства поверки и элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ

№	Наименование операций, проводимых при поверке СИ, находящегося в применении	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
1.		

4. Провести анализ действующих ошибок измерительного прибора. Результаты свести в табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Анализ действующих ошибок измерительного прибора

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- конструкцию и описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- таблицу анализа действующих ошибок;
- протокол поверки прибора;
- вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой метод измерения реализует данный прибор?

2. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности).

3. Как осуществляется поверка микрометра?

4. Что является результатом поверки?

5. Из каких составляющих складывается погрешность показаний прибора?

6. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний прибора на данном интервале его поверки?

7. Включает ли погрешность показаний прибора ошибку схемы?

8. Какая из составляющих погрешности показаний данного прибора будет являться доминирующей?

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микрометра типа **МК** _____ № _____

Пределы измерения _____мм t = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
Определение метрологических характеристик (МХ)				
3. Отклонение от плоскостности измерит. поверхностей, ***интерф. пол***: ➢ пятки ➢ микровинта	Плоская стеклянная пластина ПИ60 или лекальная линейка типа ЛД КТ 1	КТ 1 ≤2	КТ 2 ≤3	$n_п$ = $n_м$ =
4. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей, ***интерф. пол.***	Пластины ПМ (до 100 мм), КМД КТ 2 или прибор ППМ-600 (св ыше 100 мм)	n ≤ 7		
5. Погрешность микрометра, ***мкм***	КМД 4 разряда или КТ 2	Табл. 2.1		
6. Установочные меры (УМ): ➢ отклонение длины от номинальной (для УМ длиной до 75 мм), ***мкм*** ➢ отклонение от параллельности измерительных поверхностей, ***мкм***	КМД 4 разряда или КТ 1, горизонтальный оптиметр или оптико-механическая машина типа ИЗМ	КТ 1 ±1,0 ≤ 0,5	КТ 2 ±1,5	
МХ, определяемые после ремонта				
7. Шероховатость измерительных поверхностей R_a , ***мкм***	Образцы шероховатости R_a =0,08 мкм	$R_a \le 0,08$		
8. Расстояние от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля, ***мм***	Визуально	недокр. ≤ 0,15 перекр.≤ 0,07		
9. Измерительное усилие и его колебания, ***Н***	Весы ВНЦ с ЦД 5 г и стойка типа С-II или динамометр	F = 5….10 ΔF ≤ 2		
10. Перекос измерительной поверхности микрометрического винта при зажатии стопора, ***интерф. пол.***	Пластины ПМ или измерительная рычажно-зубчатая головка с ЦД 1 мкм	Δn ≤ 3		

4. Определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра с помощью:

КМД

Размер КМД, L_i, ***мм***	Показания микрометра X_i , ***мм***, при положении меры				Разность между показаниями микрометра, ***мкм***, X_{max}- X_{min}
	1	2	3	4	
А+5,12					
А+10,24					
А+15,36					
А+21,50					

Допускаемое значение:_____

пластин ПМ

Размер пластины ПМ, ***мм***	Число интерференционных полос на		Сумма интерференционных полос
	подв. пятке	неподв. пятке	

Допускаемое значение:_____

5. Определение погрешности микрометра

Контролируемые точки, ***мм***	А+5,12	А+10,24	А+15,36	А+21,50	А+25,00
Размер меры, ***мм***					
Показания микрометра, ***мкм***					
Погрешность, ***мкм***					

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Микрометр типа МК ___ № _____ _____ требованиям ГОСТ 6507-90

соответствует/несоответсвует

для ___ класса точности. Поверка проведена по МИ 782-85.

Поверитель _____ _____ Дата_____

подпись Фамилия, И.О.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ПОВЕРКА РЫЧАЖНОЙ СКОБЫ

***Цель работы*:** Получение навыков поверки рычажной скобы в соответствии с методикой и выявления действующих ошибок механизма прибора.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ

1.1. Назначение и метрологическая характеристика прибора

Рычажные скобы относятся к приборам с рычажно-зубчатой передачей и предназначены для относительных измерений наружных линейных размеров.

Требования к рычажным скобам определены ГОСТ 11098-75.

Диапазон показаний для скоб с пределом измерения до 100 мм составляет ±0,08 мм, свыше 100 мм – ±0,14 мм. Метрологические характеристики прибора приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Метрологические характеристики прибора

Наименование и тип прибора	Диапазон перемещения переставной пятки, мм	Пределы измерения, мм	Обозначение	Цена деления, мм	Предел допускаемой погрешности, мм	Измерительное усилие, Н
Скоба рычажные типа СР	25	0-25	СР 25	0,002	±0,002	6,0±1,0
		25-50	СР 50			6,0±1,0
		50-75	СР 75			8,0±2,0
		75-100	СР 100			8,0±2,0

1.2. Описание конструкции и принципа действия

Общий вид рычажной скобы и ее кинематическая схема представлены на рис. 3.1 и 3.2.

Рычажная скоба состоит из собственно скобы 1, в которой с левой стороны находится подвижная пятка 2. Линейные перемещения подвижной пятки преобразуются в угловые перемещения стрелки 9 с помощью рычажно-зубчатого механизма. С правой стороны скобы помещена переставная пятка 3, которая может закрепляться с помощью стопора 4. Подвижная пятка, перемещаясь, воздействует на рычаг 14, имеющий зубчатый сектор, входящий в зацепление с трибом 12, на ось которой насажена стрелка 9; арретир 5 служит для отвода подвижной пятки при установке концевых мер или детали; волосок 13 служит для обеспечения однопрофильного зацепления.

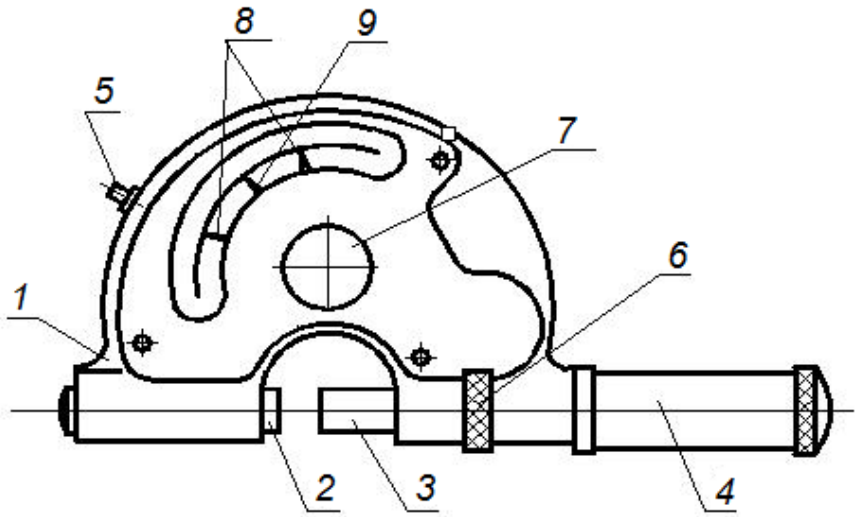


Рисунок 3.1 – Общий вид рычажной скобы

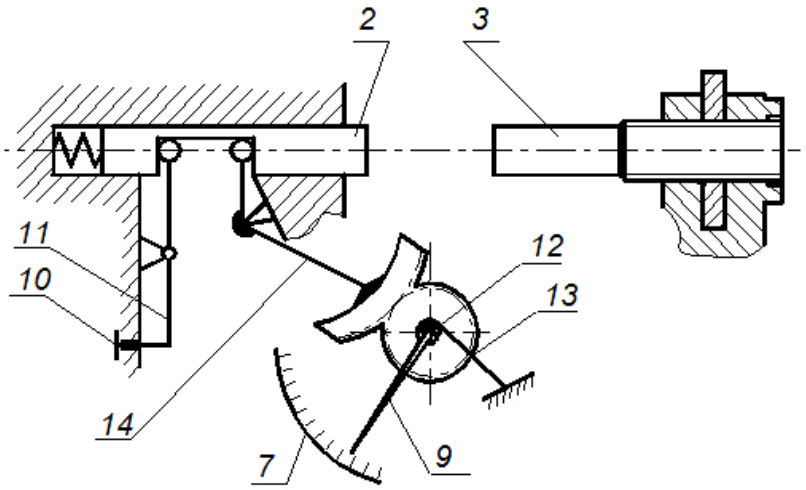


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема рычажной скобы:
1 – скоба; 2 – подвижная пятка; 3 – переставная пятка; 4 – защитный колпачок; 5 – арретир; 6 – маховик; 7 – крышка механизма установки указателей; 8 – указатели предельных отклонений; 9 – стрелка; 10 – стержень арретира; 11 – рычаг арретира; 12 – триб; 13 – волосок; 14 – рычаг

Указатели 8 предельных отклонений контролируемых деталей используются при контроле больших партий деталей и их сортировки на годные/бракованные, при этом указатели устанавливают таким образом, что они фактически являются ограничителями интервала допуска контролируемых деталей. Механизм установки указателей находится под резьбовой крышкой 7.

1.3. Подготовка прибора к работе. Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора.

Рычажная скоба – прибор относительного метода намерения.

Чтобы измерить деталь, нужно знать ее номинальный размер, который определяется из чертежа детали или измерением с помощью прибора непосредственного метода измерения, (например, штангенциркулем или микрометром). По номинальному размеру собирают блок концевых мер и производят настройку прибора на ноль.

Настройку рычажной скобы на размер осуществляют в следующем порядке:

1. Открутить защитный колпачок.
2. Настроечной гайкой передвинуть переставную пятку на расстояние, достаточное, чтобы между измерительными поверхностями можно было вставить блок концевых мер, размер которого соответствует номинальному.
3. Вставить блок концевых мер и, вращением настроечной гайки микровинта установить стрелку рычажной скобы на нуль.
4. Закрепить переставную пятку с помощью защитного колпачка, не вынимая блока мер.
5. Проверить правильность установки рычажной скобы, для чего два–три раза нажать и отпустить кнопку арретира. Если стрелка не будет возвращаться на нулевой штрих, следует произвести повторную настройку.
6. Пользуясь кнопкой арретира, ввести в рычажную скобу измеряемую деталь и установить ее так, чтобы диаметральный размер совпадал с осью измерительных пяток.
7. Произвести отсчет по шкале с учетом знака.

Результат измерений определяют как алгебраическую сумму размера блока концевых мер (номинального размера) и отклонения, отсчитанного по шкале с учетом знака, т.е. размер детали равен:

$$d = A \pm B,$$

где A – значение размера меры, мм;

B – показание прибора, мм.

2. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

ГОСТ 8.359-79 устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок скоб рычажных с отсчетным устройством по ГОСТ 11098-75. Скобы подлежат ведомственной поверке. Рекомендуемый межповерочный интервал – не более 1 года.

2.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Элементы рычажных скоб, подлежащие поверке

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
1.	Внешний осмотр	–	да	да	да
2.	Опробование	–	да	да	да
3.	Определение ширины штрихов шкалы и конца стрелки, а также расстояния между штрихами	Универсальный измерительный микроскоп типа УИМ или инструментальный микроскоп по ГОСТ 8074-82	да	нет	нет*
4.	Определение жесткости корпуса скобы	Гиря массой 1 кг 5-го класса точности по ГОСТ 7328-82 или динамометр на усилие 10 Н, погрешность измерения не более 10%	да	нет	нет
5.	Определение измерительного усилия	Циферблатные весы по ГОСТ 23676-79	да	да	нет
6.	Определение шероховатости измерительных поверхностей пяток и упоров	Лупа 4х; образцы шероховатости поверхности Ra=0,025 и 0,2 мкм по ГОСТ 9378-93 или профилографы-профилометры контактные по ГОСТ 19300-86	да	да	нет

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
7.	Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей скоб	Плоские стеклянные пластины 2-го класса по ГОСТ 2923-75	да	да	да
8.	Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей скоб	Плоскопараллельные стеклянные пластины по ГОСТ 1121-75; плоскопараллельные концевые меры длины 5-го разряда по ГОСТ 8.166-75	да	да	да
9.	Определение отклонения от соосности измерительных поверхностей пяток скобы типа СР	Приспособление для определения отклонения от соосности	да	нет	нет
10.	Определение размаха показаний скоб (вариации показаний)	Плоскопараллельные концевые меры длины 4 и 5-го разрядов по ГОСТ 8.166-75	да	да	да
11.	Определение основной погрешности скоб	Плоскопараллельные концевые меры длины 4 и 5-го разрядов по ГОСТ 8.166-75	да	да	да

Примечание.

*В данной лабораторной работе производиться поверка скобы рычажной, находящейся в применении. Дополнительно необходимо выполнить операцию п.3.

2.2. Условия поверки

Отклонение от температуры помещения (20 °С), в котором производится поверка рычажных скоб, не должны быть более:

±5 °С для скоб с верхними пределами измерений 25 и 50 мм;

±3 °С для скоб с верхними пределами измерений 75 и 100 мм;

±2 °С для скоб с верхними пределами измерений 125 и 150 мм.

2.3. Порядок проведения поверки

Рассмотрим порядок проведения поверки измерительного средства, находящегося в применении.

1) Поверяемый элемент – *внешний осмотр*

а) Основные требования, предъявляемые к внешнему виду прибора – отсутствие на наружных поверхностях скобы дефектов, ухудшающих внешний вид или влияющих на их эксплуатационные свойства.

На рабочих поверхностях прибора не должно быть царапин, пятен и следов коррозии.

Стекло должно быть прозрачным, чистым, без пузырей, царапин и других дефектов, искажающих отсчет показаний.

Штрихи шкалы должны быть четкими, с ровными краями.

Конец стрелки должен быть не шире штрихов шкалы, и должен находиться в пределах коротких штрихов шкалы. В свободном (нерабочем) состоянии скобы стрелка должна находиться вне шкалы справа.

б) Методы поверки.

Требования, перечисленные выше, проверяются наружным осмотром.

2) Поверяемый элемент – *опробование*

а) Требования, предъявляемые к взаимодействию частей прибора.

Обе пятки должны перемещаться плавно и не должны иметь ощутимой качки.

Стрелка должна перемещаться плавно, без скачков и заеданий. Стрелка при снятии давления с подвижной пятки должна свободно возвращаться в исходное положение.

При отводе подвижной пятки стрелка должна выходить за пределы шкалы влево. Стопор должен надежно закреплять переставную пятку.

Показания по шкале должны оставаться неизменными при любом положении скобы.

Механизм арретира (отводки) должен действовать безотказно.

б) Методы поверки.

Плавность хода пяток, отсутствие качки у пятки, положение стрелки при отводе подвижной пятки, возврат стрелки в исходное положение,

надежность закрепления стопором переставной пятки, безотказность работы механизма арретира поверяются путем простого опробования.

Неизменность показаний по шкале поверяется следующим образом.

На скобе устанавливают любое показание, вводя в контакт измерительные поверхности пяток – у скоб с верхним пределом измерения 25 мм, или помещая между ними концевую меру – у скоб с большим верхним пределом измерения, и закрепляют стопором переставную пятку.

После этого, приводя скобу в различные положения, следят за показанием скобы, которое не должно меняться.

Плавность хода стрелки поверяется в этих же положениях скобы путем медленного поворота винта, находящегося под колпачком, в обе стороны на весь предел перемещения стрелки.

3) Поверяемый элемент – *ширина штрихов шкалы, конца стрелки, а также расстояния между штрихами*

а) Требования, предъявляемые к ширине штрихов шкалы прибора:

Длина деления шкалы отсчетного устройства должна быть не менее 0,9 мм, ширина стрелки и штрихов - 0,15-0,25 мм. Разница в ширине отдельных штрихов в пределах одной шкалы не должна превышать 0,05 мм.
б) Метод поверки.

Измерение ширины штрихов производится на инструментальном микроскопе. На каждой поверяемой скобе должно быть измерено не менее 3-х штрихов.

При предъявлении к позерке партии вновь изготовленных скоб допускается выборочная поверка ширины штрихов у 3-4 приборов из всей партии.

4) Поверяемый элемент - *плоскостность измерительных поверхностей*

а) Требования, предъявляемые к плоскостности измерительных поверхностей.

Отклонения от плоскостности измерительных поверхностей пяток не должны превышать 0,0006 мм.

б) Методы поверки.

Поверку плоскостности измерительных поверхностей скобы производят интерференционным методом с помощью плоской либо плоскопараллельной стеклянной пластины.

Пластину накладывают на измерительную поверхность и с легким нажимом выравнивают так, чтобы число интерференционных полос (колец), наблюдаемых между измерительной поверхностью скобы и рабочей поверхностью пластины, стало возможно меньшим. Отклонение от плоскостности определяют путем подсчета полос при кольцевом их расположении либо путем оценки искривления полос. Подсчет полос (колец) или оценку их искривления производят, отступая на 0,5 мм от края измери-

тельной поверхности. Отклонения от плоскостности не должны превышать *двух* полос (или *0,6 мкм*).

5) Поверяемый элемент - *параллельность измерительных поверхностей*

а) Требование, предъявляемые к параллельности измерительных поверхностей прибора.

Отклонения измерительных поверхностей пяток от параллельности не должны превышать величин, указанных в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Допускаемые значения отклонений от параллельности измерительных пяток

Пределы измерения, мм	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150
Допустимые отклонения от параллельности при закрепленном, мкм	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5

б) Методы поверки.

Поверку параллельности измерительных поверхностей скобы производят с помощью плоскопараллельной стеклянной пластины.

Стеклянную пластину помещают между измерительными поверхностями пяток и подсчитывают сумму интерференционных полос, наблюдаемых между поверхностями пластины и поверхностями пяток.

Пластина устанавливается между пятками таким образом, чтобы эта сумма полос была бы наименьшей.

При подсчете отклонений одну полосу принимают соответствующей *0,3 мкм*. Полосы, расположенные на расстоянии 0,5 мм от края, во внимание не принимаются.

Поверку параллельности производят как при отпущенном, так и при зажатом стопоре.

6) Поверяемый элемент - *размах показаний скобы (вариация показаний)*

а) Требования, предъявляемые к вариации показаний прибора.

Размах показаний не должен превышать ⅓ цены деления отсчетного устройства.

б) Метод поверки.

Размах показаний скобы (вариацию показаний) типа СР с диапазоном измерения 0-25 мм определяют путем контакта подвижной и переставной пяток, а скобы с верхним пределом измерений свыше 25 мм – неоднократным измерением концевой меры при трех положениях стрелки на шкале: на нулевом штрихе и на двух близких к крайним штрихах справа и слева от нуля, путем пятикратного арретирования подвижной пятки.

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями в данном положении подвижной пятки принимают за вариацию показаний.

Размах показаний скоб определяют одновременно с определением основной погрешности.

7) Поверяемый элемент – *основная погрешность скоб*

а) Основные требования – требования, предъявляемые к погрешности показаний прибора.

Погрешности показаний скоб не должны превышать величин, приведенных в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Допустимые погрешности показаний рычажных скоб

Цена деления скобы, мм	Допустимые погрешности показаний, мкм	
	в пределах ±30 делений от нулевого штриха	св. ±30 делений от нулевого штриха
0,002	± 0,001	± 0,002

б) Методы поверки.

Основную погрешность скобы типа СР определяют по плоскопараллельной концевой мере длины 4-го разряда. Погрешность в диапазоне измерений ±10 делений от нулевого штриха определяют через пять делений и в диапазоне свыше ±10 делений – через 10 делений.

При определении основной погрешности скобы с диапазоном измерений 0-25 мм и диапазоном показаний скобы ±140 мкм применяют концевые меры длиной 1; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10; 1,12; 1,13; *1,14*; 1,15; 1,16; 1,18; 1,20; 1,22; 1,24; 1,26; 1,28 мм. Концевую меру длиной 1,14 мм помещают между измерительными поверхностями пяток и устанавливают на отсчетном устройстве показание, равное нулю. Переставную пятку закрепляют стопором, затем отводят арретиром подвижную пятку и удаляют концевую меру длиной 1,14 мм, на место которой помещают последовательно остальные меры, каждый раз отсчитывая показания.

Допускается скобы поверять при помощи сокращенного числа концевых мер, но при этом необходимо дважды скобу устанавливать на нулевую отметку. Скобу с диапазоном измерения 0-25 мм и диапазоном показаний скобы ±140 мкм устанавливают на нулевую отметку по концевой мере 1 мм и поверяют левую часть шкалы концевыми мерами длиной 1,01; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10; 1,12; 1,14 мм. Затем скобу устанавливают на нулевую отметку по концевой мере длиной 1,14 мм и поверяют правую часть шкалы, помещая между пятками последовательно концевые меры длиной 1,13; 1,12; 1,10; 1,08; 1,06; 1,04; 1,02; 1,0 мм.

Скобу рычажную с диапазоном измерения 0-25 мм и диапазоном показаний скобы ±80 мкм поверяют аналогично в пределах диапазона показаний средства показаний.

Основную погрешность скобы с верхним пределом измерений свыше 25 мм определяют таким же образом, при этом надев на переставную пятку насадку (удлинитель). При отсутствии насадки применяют блок концевых мер, размер которого должен обеспечить контакт с измерительными поверхностями пяток поверяемой скобы. Так, например, для поверки скобы с диапазоном измерений 25-50 мм следует применять блоки концевых мер длиной 31,00; 31,02; 31,04; 31,06; 31,08; 31,10; 31,12; 31,13; 31,14; 31,15; 31,16; 31,18; 31,20; 31,22; 31,24; 31,26; 31,28 мм.

3. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОШИБОК

Анализ действующих ошибок (т.е. ошибок, проявляющихся в работе прибора) осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки рычажной скобы и теоретического материала по курсу "Точность измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо заполнить столбцы 3, 4 табл. 3.5, являющейся базой исходных данных к расчету на точность механизма рычажной скобы. Табл. 3.5 является составной частью отчета по лабораторной работе.

Таблица 3.5 – Анализ действующих ошибок

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите характер проявления погрешности (случайный, систематический).
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	Укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный)

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций	
4	Трение в кинематических парах механизма ИП	Укажите места возникновения сил и моментов трения	
5	Воздействие окружающей среды (температурные погрешности)	Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний	

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением и метрологическими характеристиками прибора. Изучить конструкцию и принцип действия прибора. Нарисовать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства. Изучить порядок проведения измерений и снятия показаний. Основные метрологические характеристики прибора и занести в табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Основные метрологические характеристики

Диапазон измерения, мм	Цена деления, мм	Допустимые погрешности показаний, мм	
		В пределах ±10 делений от нулевого штриха	В пределах свыше ±10делений от нулевого штриха

2. Ознакомиться с методами поверки: операциями и средствами проведения поверки, порядком ее проведения.

3. Указать элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ и занести их в табл. 3.7.

4. Произвести поверку рычажной скобы и составить протокол поверки.

5. Провести анализ действующих ошибок измерительного прибора. Результаты свести в табл. 3.8.

Таблица 3.7 – Средства поверки и элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ

№	Наименование операций, проводимых при поверке СИ, находящегося в применении	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
1.		

Таблица 3.8 – Анализ действующих ошибок измерительного прибора

№ источ-ника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- конструкцию и описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- таблицу анализа действующих ошибок;
- протокол поверки прибора;
- вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких составляющих складывается погрешность показаний прибора?
2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний прибора на данном интервале его поверки?
3. Включает ли погрешность показаний прибора ошибку схемы?
4. Какая из составляющих погрешности показаний данного прибора будет являться доминирующей?
5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора?
6. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности).

ПРОТОКОЛ № _____

поверки скобы рычажной типа СР ___ с ЦД _____ мм

Диапазон измерения _____ мм t =____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр	–	–	
2. Опробование	–	–	
3. Ширина штрихов шкалы, Ширина конца стрелки, Расстояние между штрихами		0,15-0,25 0,15-0,25 0,9	
4. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей скобы, ***интерф. пол***.	Пластина ПИ 60	n≤2	n_1 = n_2 =
5. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей скобы СР25 СР50	Пластины ПМ I, II, III или IV рядов или КМД 4 разряда	при закрепленном стопоре 1,2 1,5	
6. Размах показаний, ***мкм***	КМД 4 разряда (набор № 1) и стойка для микрометров	≤ 0,6	
7. Основная погрешность на участке, ***мкм***: до ± 30 делений свыше ± 30 делений		 ±1 ±2	

6. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, ***дел.***	Отклонение показаний скобы, ***мкм***					Δmax – Δmin		Размах показаний скобы, ***мкм***
	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	*дел.*	***мкм***	
-70								
0								
+70								

7. Определение основной погрешности скобы

Поверяемый участок шкалы, ***дел.***	Номинальное значение КМД, ***мм***	Разность действительных значений мер, ***мкм***, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания скобы, ***мкм***, X_i	Основная погрешность скобы, ***мкм***, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
0+	L_{0+}=*1,0*	ΔL_{0+}=		0
0…+5	L_1 =1,01	ΔL_1 =		
0…+10	L_2 =1,02	ΔL_2 =		
0…+20	L_3 =1,04	ΔL_3 =		
0…+30	L_4 =1,06	ΔL_4 =		
0…+40	L_5 =1,08	ΔL_5 =		
0-	L_{0-}=*1,08*	ΔL_{0-} =		0
0…-5	L_6 =1,07	ΔL_6 =		
0…-10	L_7 =1,06	ΔL_7 =		
0…-20	L_8 =1,04	ΔL_8 =		
0…-30	L_9 =1,02	ΔL_9 =		
0…-40	L_{10} =1,0	ΔL_{10}=		

Наибольшая погрешность: на участке ±30 делений _____;
на участке свыше ±30 делений _____

Заключение по результатам поверки:

Рычажная скоба СР-__ _____ ГОСТ 11098-75. Поверка проведена по ГОСТ 8.359-79.
соответствует/не соответствует

Поверитель _____ _____ Дата_____
подпись Фамилия, И.О.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ПОВЕРКА РЫЧАЖНОГО МИКРОМЕТРА

***Цель работы*:** Получение навыков поверки рычажного микрометра в соответствии с методикой и выявления действующих ошибок механизма прибора.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ

1.1. Назначение и метрологическая характеристика прибора

Микрометры типа МР предназначены для непосредственных измерений наружных размеров деталей.

Микрометры рычажные могут применяться также для относительных измерений аналогично рычажным скобам при установке при установке прибора по концевым мерам длины или по образцовой детали.

Микрометры типов МР имеют встроенные внутрь корпуса рычажно-чувствительные устройства.

Общие технические условия на микрометры рычажные типа МР, основные параметры и требования к ним установлены в ГОСТ 4381-87.

Основные метрологические характеристики (пределы измерения и параметры отсчетных устройств) в соответствии с типом рычажного микрометра приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Метрологические характеристики микрометров рычажных

Типы микрометров	Пределы измерений микрометров	Отсчетное устройство		Диапазон перемещения микрометрического винта, мм
		Цена деления, мм	Диапазон показаний, мкм	
МР-25	0-25	0,002	±80 (±140)	25
МР-50	25-50	0,002	±80 (±140)	25

Примечание. Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжаются установочными мерами.

На стебле микрометра нанесен продольный штрих с миллиметровыми и полумиллиметровыми делениями. Коническая часть барабана содержит 50 делений. Цена деления шкалы барабана микрометра – 0,01 мм.

1.2. Описание конструкции и принципа действия

Основными частями микрометров (рис. 4.1 и 4.2) с ценой деления 0,002 мм являются: скоба 1, подвижная пятка 2, микрометрический механизм, состоящий из микрометрического винта 3, стебля 5 и барабана 6, смонтированного с правой стороны скобы стопора 4 и рычажно-чувствительного устройства.

Преобразование линейных перемещений подвижной пятки в угловые перемещения стрелки осуществляются с помощью рычажно-зубчатого механизма.

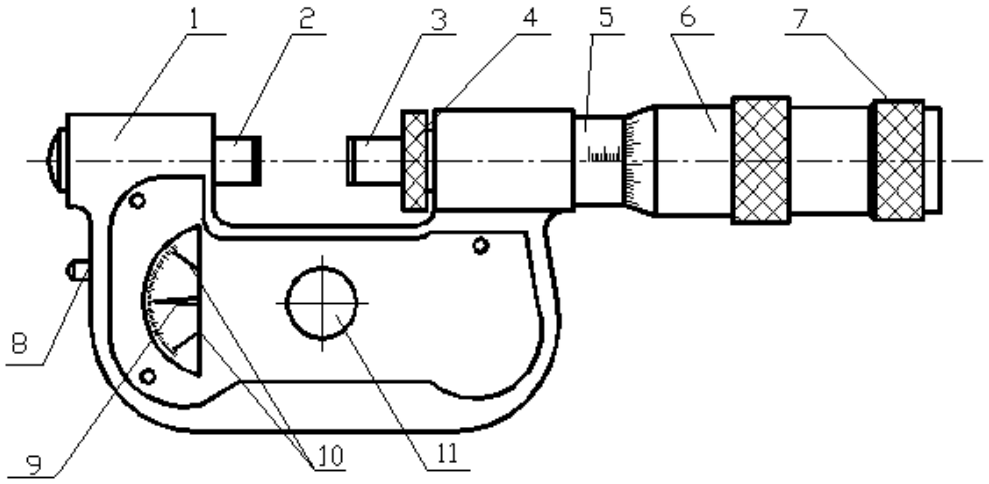


Рисунок 4.1 – Внешний вид рычажного микрометра

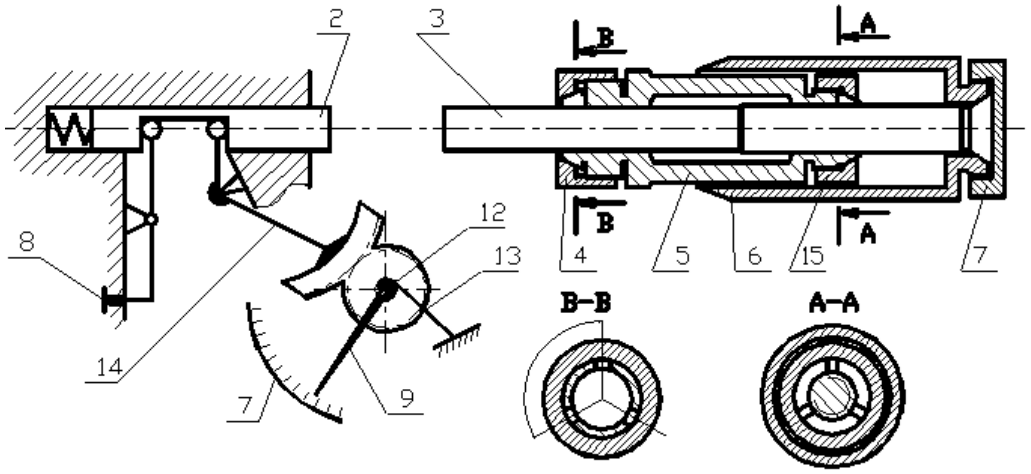


Рисунок 4.2 – Кинематическая схема рычажного микрометра:
1 – скоба; 2 – подвижная пятка; 3 – микрометрический механизм;
4 – стопор; 5 – стебель; 6 – барабан; 7 – гайка крепления барабана;
8 – кнопка арретира; 9 – стрелка; 10 – указатели предельных отклонений;
11 – крышка механизма установки указателей; 12 – триб; 13 – волосок;
14 – рычаг; 15 – компенсационная гайка

Подвижная пятка, перемещаясь при измерении, вызывает поворот рычага 14 (рис. 4.2) с зубчатым сектором; последний находится в зацеплении с трибом 12, на ось которого полотно насажена стрелка 9 (рис. 4.1 и 4.2), перемещающаяся относительно неподвижной шкалы, нанесенной на стебель 5. Волосок 13 служит для обеспечения однопрофильного зубчатого зацепления. Шкала имеет указатели предельных отклонений 10, которые могут перемещаться, и устанавливаться относительно шкалы. Механизм установки указателей находится под резьбовой крышкой 11. Арретирование подвижной пятки производится рычагом с помощью кнопки арретира

8. Микрометрический механизм рычажного микрометра состоит из микрометрического винта 3, стопорной гайки 4, стебля 5, барабана 6, компенсационной гайки 15, гайки крепления барабана 7. Стебель 5 с двух своих концов имеет наружную резьбу и наружные конусы с прорезями под углом 120°. При навинчивании гаек 4 или 15, имеющих внутренние конические отверстия, происходит обжим цилиндрической части микровинта (стопорение с помощью гайки 4) и компенсация зазора между резьбовой частью винта и резьбовым отверстием стебля (с помощью гайки 16).

1.3. Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора.

Подготовка прибора к работе.

Рычажный микрометр – прибор непосредственного метода измерения.

Перед измерением прибор нужно настроить на "0". Для этого необходимо установочную меру поместить между микрометрическим винтом и подвижной пяткой и, вращая микрометрический винт, установить стрелку отсчетного устройства на "0" и закрепить стопор. Отвинтить гайку 7 крепления барабана 6, установить его таким образом, чтобы нулевой штрих барабана совпадал с горизонтальным штрихом на стебле 5 и закрепить барабан, завинтив гайку его крепления. После этого микрометр готов к измерению.

Измерение с помощью микрометра рычажного.

Деталь помещают между измерительными поверхностями винта и пятки. Вращая микрометрический винт, подводят стрелку отсчетного устройства к "0". После этого смотрят на шкалу микрометра, и совмещает ближайший штрих на барабане с горизонтальным штрихом на стебле. Производят отсчет показаний, который равен:

$$d = A + B,$$

где А – показания микрометра; В – показания отсчетного устройства.

2. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

Микрометры рычажные подлежат ведомственной поверке. Рекомендуемый межповерочный интервал – не более 1 года.

2.1. Операции и средства поверки

Методику первичной и периодической поверок рычажных микрометров устанавливает ГОСТ 8.411-81. При поверке микрометров типа МР производятся операции, изложенные в таблице 4.2.

2.2. Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха в помещении (20±3) °С;
- изменение температуры помещения в течение 1 ч – не более 0,3 °С;
- относительная влажность не более 80 %.

Таблица 4.2 – Элементы рычажных микрометров, подлежащие поверке

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
1.	Внешний осмотр	–	да	да	да
2.	Опробование	–	да	да	да
3.	Поверка отсчетного устройства микрометра типа МРИ	по МИ 2195-92 для микрометров с ценой деления 0,002 мм, по МИ 2192-92 для микрометров с ценой деления 0,01 мм	да	да	да
4.	Определение ширины штрихов и ширины стрелки отсчетного устройства, ширины продольного штриха и штрихов шкал на стебле и барабане	Универсальный измерительный микроскоп по ГОСТ 14968-69 или инструментальный микроскоп по ГОСТ 8074-82	да	нет	нет*
5.	Определение расстояния от стебля до верха торца конической части барабана микрометра	Шуп толщиной 0,45 мм по ТУ 2-034-225-87	да	да	нет
6.	Определение высоты расположения стрелки над шкалой микрометров типов МР и МРЗ	–	да	да	да
7.	Проверка нулевой установки микрометра	–	да	да	да
8.	Определение измерительного усилия и его колебания	Циферблатные настольные весы с ценой деления 5 г по ГОСТ 29329-92; стойка типа С-II-28 – 125х125 по ГОСТ 10197-70; кронштейн	да	да	нет

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
9.	Определение шероховатости измерительных поверхностей микрометра и установочных мер	Образны шероховатости поверхности по ГОСТ 9378-93 с параметрами шероховатости Ra≤0,04 мкм и Ra≤0,08 мкм	да	да	нет
10.	Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометра и установочных мер	Стеклянная плоская нижняя пластина 2-го класса по ТУ 3-3.2123-88	да	да	да
11.	Проверка отклонения от соосности микрометрического винта и подвижной пятки микрометра типа МР	Приспособление для проверки несоосности	да	нет	нет
12.	Определение отклонений длины установочных мер от номинальных размеров и отклонений от параллельности измерительных поверхностей установочных мер	Образцовые плоскопараллельные концевые меры длины 3-го разряда размером до 75 мм и 4-то разряда размером более 75 мм по МИ 1604-87; контактный интерферометр типа ИКПГ; оптикатор типа 01П по ГОСТ 28798-90 оптико-механическая машина типа ИЗМ по ТУ 3-3.1045-75	да	да	да
13.	Определение биения измерительных поверхностей установочных мер длиной более 275 мм	Оптико-механическая машина типа ИЗМ по ТУ 3-3.1045-75	да	да	да

№	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки		
			При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении
14.	Определение изменения показаний микрометров типа МР при нажиме на измерительные стержни в направлении, перпендикулярном к оси стержня	Граммометр с ценой деления 0,10 Н, диапазоном измерения 0,05-3 Н погрешностью не более 0,10 Н	да	да	нет
15.	Определение отклонений от параллельности измерительных поверхностей микрометра	Стеклянные плоскопараллельные пластины по ТУ 3-3.1045-75; плоскопараллельные концевые меры длины 2-го класса по ГОСТ 9038-90; цилиндрические валики	да	да	да
16.	Определение основной погрешности и размаха показаний отсчетного устройства микрометров типов МР	Образцовые концевые меры длины 3 и 4-го разрядов по МИ 1604-87; приспособление с дополнительной пяткой; стойка для микрометров	да	да	да
17.	Определение основной погрешности микрометров	Образцовые концевые меры длины 4-го разряда для микрометров с ценой деления 0,002 мм и 5-го разряда для микрометров с ценой деления 0,01 мм по МИ 1604-87; стойки для микрометров; приспособление для поверки микрометров	да	да	да

Примечание.

*В данной работе производиться поверка средства измерения, находящегося в применении. Дополнительно необходимо выполнить операцию п.4.

2.3. Порядок проведения поверки

Рассмотрим порядок проведения поверки измерительного средства, находящегося в применении.

1) Операция – *внешний осмотр*

а) Требования к внешнему виду микрометра установлены ГОСТ 4381-87.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие рычажного микрометра следующим требованиям:

– на наружных поверхностях микрометра и установочной меры не должно быть следов коррозии и механических повреждений, влияющих на их эксплуатационные свойства;

– наружные поверхности микрометра и установочных мер, за исключением подвижной пятки, микрометрического винта и измерительных поверхностей установочных мер, должны иметь антикоррозионное покрытие;

– скоба микрометра и установочные меры номинальной длиной 50 мм и более должны иметь теплоизоляцию;

– стекло отсчетного устройства микрометра должно быть чистым и прозрачным и не должно иметь дефектов, препятствующих отсчету показаний;

– поверхности, на которых нанесены штрихи и цифры, не должны быть блестящими;

– штрихи и цифры должны быть контрастными;

– лицевая сторона шкалы отсчетного устройства должна быть светлого тона, с четкими штрихами и цифрами;

– начальные штрихи и штрихи, соответствующие каждому пятому миллиметру на шкале стебля и каждому пятому делению на шкале барабана, должны быть удлиненными и должны иметь числовые отметки;

– кромка конической части барабана микрометра должна быть ровной, без зазубрин и прорезов;

– измерительная поверхность микрометрического винта должна быть плоской; измерительная поверхность подвижной пятки микрометров с верхним пределом измерения до 300 мм должна быть плоской, а свыше 300 мм – сферической;

– комплектность и маркировка микрометров должна соответствовать требованиям ГОСТ 4381-87.

б) Метод поверки

Требования, перечисленные выше, проверяются наружным осмотром; проверку ровности края скоса барабана производить при вращении микрометрического винта.

2) Операция – *опробование*

а) Требования, предъявляемые к взаимодействию частей микрометра:

Пятка микрометра должна перемещаться легко и плавно.

Конец стрелки должен перекрывать короткие штрихи шкалы не менее чем на 0,3 и не более чем на 0,8 их длины. В свободном (нерабочем) состоянии прибора стрелка должна находиться слева за пределами шкалы, но не выходить из поля зрения. Перемещение стрелки должно быть плавным, без скачков и заеданий, при снятии давления с пятки стрелка должна свободно возвращаться в исходное положение. При отводе пятки арретиром стрелка должна выходить за пределы шкалы вправо. Механизм арретира должен действовать безотказно. Стопорное устройство должно надежно закреплять микрометрический винт в требуемом положении.

Перемещение микровинта и барабана должно быть плавным, без заеданий на всей длине при перемещении в обе стороны.

Указатели пределов интервала допуска должны устанавливаться в любом месте в пределах шкалы и не должны смещаться с установленного положения и касаться стрелки в процессе работы.

б) Метод поверки

Требования, перечисленные выше проверяются путем опробования.

3) Операция – *определение ширины штрихов отсчетного устройства, ширины части стрелки, находящейся над штрихами шкалы, ширины продольного штриха и штрихов шкал на стебле и барабане*

а) Требования

Ширина штрихов шкалы отсчетного устройства рычажного механизма микрометра должна быть в пределах 0,15-0,25 мм. Длина деления должна быть не менее 0,9 мм.

Ширина продольного штриха на стебле и штрихов шкал на стебле и на барабане должна быть не более 0,25 мм.

Ширина части стрелки, которая находится над штрихами шкалы, должна быть в пределах 0,15-0,20 мм.

Разность ширины отдельных штрихов в пределах одной шкалы не должна превышать 0,05 мм.

Концы указателей пределов поля допуска должны перекрывать короткие штрихи на 0,3-0,8 длины последних.

Расстояние от стебля до верха торца конечной части барабана у продольного штриха стебля не должно превышать 0,45 мм.

б) Методы поверки

Ширину штрихов отсчетного устройства, ширину части стрелки, находящейся над штрихами шкалы, ширину продольного штриха и штрихов шкал на стебле и барабане измеряют на универсальном или инструментальном микроскопе.

На каждой шкале измеряют не менее трех штрихов, равномерно расположенных по длине шкалы. Ширину продольного штриха на стебле измерят также на трех участках, равномерно расположенных по его длине.

Перекрытие коротких штрихов шкалы стрелкой и указателями пределов интервала допуска определяется визуально.

4). Операция – *определение высоты расположения стрелки над шкалой микрометров типа МР*

а) Требования

Высота расположения стрелки над шкалой не должна превышать 0,5 мм.

б) Методы поверки

Высоту расположения стрелки над шкалой микрометров типа МР определяют по изменению показаний при наклоне шкалы.

Микрометр устанавливают на нулевое показание по шкале отсчетного устройства. Затем микрометр поворачивают вокруг оси, параллельной стрелке, приблизительно на 45° и, не меняя положения головы, наблюдают изменение показания. Изменение показания по шкале отсчетного устройства не должно превышать 0,5 деления шкалы. В этом случае высота расположения стрелки не превышает значения, указанного в ГОСТ 4381-87.

5). Операция – *проверка нулевой установки микрометра*

а) Требования

При совмещении нулевого штриха барабана с продольным штрихом стержня при контакте измерительных поверхностей между собой или с установочной мерой начальный штрих шкалы стебля должен быть виден полностью, а расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха у микрометров, выпускаемых из производства, не должно превышать 0,1 мм, а у микрометров, находящихся в применении – 0,15 мм.

У микрометров, находящихся в применении, допускается также перекрытие штриха торцом конической части барабана не более 0,07 мм.

б) Метод поверки

Положение края скоса барабана относительно начального штриха стебля определяет у микрометров с пределами измерений 0-25 мм (МР-25) при контакте измерительных поверхностей, у микрометров с пределами измерений 25-50 мм (МР-50) – по установочным мерам соответствующего номинального размера.

При контакте измерительных поверхностей между собой или с установочной мерой совмещают нулевой штрих барабана с продольным штрихом шкалы стебля. Если торец барабана не доходит до начального штриха, то величину смещения можно определить, подводя торец барабана вплот-

ную до совмещения с правым краем следующего штриха шкалы стебля. В этом случае величина смещения δ (в мм), определяется по формуле

$$\delta = (0{,}5 - b),$$

где b – показания на барабане, мм.

При этом величина b должна составлять не менее 35 делений шкалы барабана.

Перекрытие, определяемое перемещением барабана из нулевого положения до совмещения скоса барабана с правым краем начального штриха, должно быть не более 7 делений шкалы барабана.

6) Операция – *определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометра и установочных мер*

а) Требования

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей пятки и микрометрического винта не должно превышать величин, указанных в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Допускаемые отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометра

Верхний предел измерения	Допускаемое отклонение от плоскостности, *в интерф. полосах*	Расстояние от краев измерительной поверхности, на котором допускаются завалы, мм
до 50 мм	2	0,2
св. 50 мм	2	0,5

б) Метод поверки

Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометров производят интерференционным методом с помощью плоской или плоскопараллельной стеклянной пластины. Пластину накладывают на поверяемую поверхность и легким нажимом выравнивают так, чтобы число наблюдаемых интерференционных полос (колец) стало возможно меньшим, затем определяют отклонение от плоскостности по числу наблюдаемых интерференционных колец (полос), которое не должно превышать значений, указанных в табл. 4.3.

7) Операция – *определение отклонений длины установочных мер от номинальных размеров и отклонений от параллельности измерительных поверхностей установочных мер*

а) Требования

Допускаемые отклонения длины от номинальных размеров, суммарный допуск плоскостности и параллельности, а также допуск плоскостности измерительных поверхностей установочных мер должны соответствовать указанным в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Допускаемые отклонения длины от номинальных размеров, суммарный допуск плоскостности и параллельности, а также допуск плоскостности измерительных поверхностей установочных мер

Диапазон измерений микрометров, мм	Номинальный размер установочных мер, мм	Допускаемые отклонения длины от номинальных размеров, мкм	Суммарный допуск плоскостности и параллельности, мкм	Допуск плоскостности, мкм
25-50 50-75 75-100	25 50 75	±0,5	0,5	0,45

б) Метод поверки

Отклонение длины установочных мер от номинального значения определяют сличением установочных мер с образцовыми концевыми мерами длины соответствующих размеров. Для поверки установочных мер размером до 75 мм применяют образцовые концевые меры длины 3-го разряда, горизонтальный контактный интерферометр или горизонтальный оптиметр с измерительной пружинной головкой или оптикатором. Для поверки установочных мер размером более 75 мм применяют образцовые концевые меры длины 4-го разряда и оптико-механическую машину или горизонтальный оптиметр для мер размером до 300 мм.

Отклонения от параллельности измерительных поверхностей установочных мер определяют одновременно с отклонениями длины установочных мер от номинального размера.

У установочных мер размером 50 и 75 мм, находящихся в эксплуатации, допускаются отклонения длины от номинальных значений ±0,75 мкм и отклонения от параллельности измерительных поверхностей до 0,75 мкм.

8) Операция – *определение допуска биения измерительных поверхностей относительно оси установочной меры длиной более 275 мм*

а) Требования

Допуск биения измерительных поверхностей относительно оси установочной меры длиной более 275 мм не должен превышать половины допуска на размер.

б) Метод поверки

Биение измерительных поверхностей установочных мер относительно их оси определяют у мер длиной более 275 мм. После измерений отклонения длины люнетом, расположенным у плоской поверхности меры, наклоняют меру так, чтобы середина плоской измерительной поверхности меры сместилась приблизительно на 3 мм относительно центра сферической поверхности измерительного наконечника. Вращая меру вокруг оси, наблюдают изменение показаний измерительного устройства машины. Биение измерительных поверхностей определяют как наибольшую разность показаний измерительного устройства при вращении меры. Биение не должно превышать значения, указанного выше.

9) Операция – *определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометров*

а) Требования

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей рычажных микрометров не должно превышать величин, указанных в табл. 4.5.

Таблица 4.5 – Допускаемое отклонение от параллельности измерительных поверхностей микрометров

Типы микрометров	Пределы измерения, мм	Допускаемое отклонение от параллельности	
		При незакрепленном стопоре	При закрепленном стопоре
МР-25	0-25	0,9	1,2
МР-50	25-50	1,2	1,5
МР-75	50-75	1,5	2,0
МР-100	75-100	2,0	2,5

б) Метод поверки

Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометров типов МР с верхним пределом измерения до 100 мм определяют интерференционным методом по четырем стеклянным плоскопараллельным пластинам, рабочие размеры которой отличаются друг от друга на значение, соответствующее 1/4 оборота микрометрического винта. Стеклянную пластину помещают между измерительными поверхностями микрометра (стрелка отсчетного устройства должна находиться на нулевом делении шкалы) и определяют общее число интерференционных полос, наблюдаемых на обеих измерительных поверхностях.

При подсчете отклонения одну полосу принимают соответствующей *0,3 мкм*.

Поверка производится при закрепленном и незакрепленном стопоре.

При отсутствии стеклянных пластин допускается поверять микрометры, находящиеся в эксплуатации, по концевым мерам длины. Отклонение

от параллельности измерительных поверхностей микрометра в каждом из четырех положений микрометрического винта (по каждой стеклянной пластине или концевой мере длины), не должно превышать значения, указанного в табл. 4.5.

10) Операция – *определение основной погрешности и размаха показаний отсчетного устройства микрометров типа МР*

а) Требования

Основная погрешность и размах показаний отсчетного устройства микрометра установлены в ГОСТ 4381-87.

Пределы допускаемой погрешности отсчетного устройства с ценой деления 0,002 мм микрометров типа МР в любом рабочем положении на участках шкалы:

±0,03 мм – не должна превышать ±0,5 деления (±1 мкм),

±0,14 мм – не должна превышать ±1 деление (±2 мкм).

Допускаемый размах показаний из 10 измерений, характеризующий случайную составляющую погрешности отсчетного устройства, равен *0,6* мкм.

б) Методы поверки

Основную погрешность отсчетного устройства микрометра с верхним пределом измерения до 25 мм определяют в последовательности, изложенной ниже. Концевую меру размером *1,08 мм* помещают между измерительными поверхностями. Вращая барабан, устанавливают стрелку отсчетного устройства на нулевое деление шкалы. В этом положении необходимо стопором закрепить микрометрический винт. После этого, удалив меру размером 1,08 мм, последовательно помещают на ее место меры размерами 1,09; 1,10; 1,12; 1,14 и 1,16 мм для поверки отсчетного устройства в точках положительной части шкалы и концевые меры размерами 1,07; 1,06; 1,04; 1,02 и 1,0 мм для поверки отсчетного устройства в точках отрицательной части шкалы. При этом отсчеты снимают по шкале отсчетного устройства. Разность между показанием отсчетного устройства и разностью действительных размеров концевых мер длины равна основной погрешности отсчетного устройства на проверяемом участке шкалы.

Основную погрешность отсчетного устройства микрометров типа МР с верхним пределом измерения от 50 до 100 мм определяют по методике, изложенной выше. При этом на выступающую часть микрометрического винта микрометра необходимо надеть приспособление с дополнительной пяткой и между измерительной поверхностью подвижной пятки микрометра и дополнительной пяткой приспособления поместить концевые меры.

Определение погрешности показаний по шкале рычажного механизма микрометров типа МР производится в нескольких отметках шкалы (не менее 10) с помощью концевых мер 4-го разряда.

Если в качестве образцовых мер 4 разряда, принимаются плоскопараллельные концевые меры классов 0 или 1, то поверка отсчетного устройства может производиться без введения поправок на отклонение длины образцовых мер от номинальных размеров.

Концевую меру размером 1 мм помещают между измерительными поверхностями микрометра, устанавливают на шкале рычажного механизма нулевой отсчет и закрепляют микрометрический винт стопором. После этого, удалив эту меру и пользуясь при этом арретиром, последовательно помещают на ее место остальные меры, используя, таким образом, первую часть шкалы.

Не удаляя меру размером 1,02 мм, отпускают стопор, с помощью микрометрического винта вновь устанавливают на шкале нулевой отсчет и закрепляют стопор, после чего процесс поверки повторяют в обратном порядке, в связи, с чем стрелка будет перемещаться по левой части шкалы.

Вариацию показаний (размах) определяют при 2-3 показаниях (нулевом, верхнем и нижнем) шкалы отсчетного устройства микрометра, закрепленного в стойке, путем 5-кратного арретирования, приводя в контакт измерительную поверхность пятки с измерительной поверхностью микрометрического винта (у микрометров с пределами измерений 0-25 мм), либо с поверхностью концевой меры (у микрометров с нижним пределом измерений, отличным от нуля). Стопорный винт при определении вариации показаний закрепляют. После каждого арретирования производят отсчет.

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями принимают за вариацию показаний, которая не должна превышать установленного допуска.

Определение погрешности показаний отсчетного устройства производится при горизонтальном положении микровинта и вертикальном положении плоскости скобы микрометра при двух установках: скоба снизу и скоба сверху. Поверка отсчетного устройства в этом положении микрометра может производиться только в двух точках (-0,02 и +0,02 мм).

При первой установке микрометр закрепляют в стойке. При второй установке в стойке закрепляют концевые меры для микрометров с пределами измерений 25-50, либо поверку производят без стойки. При этом нулевая установка производится только в первом (основном) положении (скоба снизу).

Если погрешность показаний шкалы отсчетного устройства микрометра в какой-либо точке шкалы окажется равной допускаемой погрешно-

сти или меньше ее на величину, не превышающую вариацию показаний данного микрометра, производится дополнительное трехкратное арретирование.

9) Операция – *определение погрешности показаний микрометров МР*

Основную погрешность микрометра МР определяют как сумму погрешностей микрометрической головки и отсчетного устройства. Погрешность определяют в нескольких точках шкал микрометрической головки и отсчетного устройства сравнением показаний микрометра с действительными значениями образцовых концевых мер длины.

а) Требования

Погрешность показаний микрометров в любом рабочем положении не должна превышать:

± 3 мкм – для микрометров типа МР.

б) Методы поверки

Определение погрешности показаний микрометров производится в нескольких точках шкалы микрометрического винта и рычажно-чувствительного отсчетного устройства путем непосредственного сравнения показаний микрометра с длиной плоскопараллельных концевых мер (блоков) 4-го разряда.

В соответствии с поверяемыми точками шкал микрометров рекомендуются концевые меры или блоки мер, указанные в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Рекомендуемые номинальные размеры концевых мер или блоков для поверки шкал микрометров

Типы микрометров	Пределы измерения, мм	Номинальные размеры концевых мер или блоков, по которым рекомендуется производить определение погрешности показаний микрометров, мм
МР	0-25 25-50	5,12; 10,24; 15,36; 21,48; 25 30,12; 35,24; 40,36; 36,5; 50,0

При поверке микрометрический механизм устанавливают соответственно номинальному размеру концевых мер (5,12; 10,24; 15,36 и т.д.), а отсчеты снимают по шкале рычажно-чувствительного устройства.

Полученные при поверке размеры концевых мер (блоков) на всем пределе измерений микрометров не должны отличаться от указанных в аттестате более, чем на величину допускаемой погрешности показаний микрометра.

Если погрешность микрометра в какой-либо точке шкалы рычажного механизма равна допускаемой погрешности или меньше ее на величину, не

превышающую вариации показаний данного микрометра, производится дополнительное трехкратное арретирование.

Поверка производится в основном рабочем положении, при горизонтальном положении микрометра, скоба снизу.

3. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОШИБОК

Анализ действующих ошибок (т.е. ошибок, проявляющихся в работе прибора) осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки рычажного микрометра и теоретического материала по курсу "Точность измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо заполнить столбцы 3, 4 табл. 4.7, являющейся базой исходных данных к расчету на точность механизма рычажного микрометра. Табл. 4.7 является составной частью отчета по лабораторной работе.

Таблица 4.7 – Анализ действующих ошибок

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите характер проявления погрешности (случайный, систематический). Укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный)
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их де-	

№ источ-ника	Источники возникновения по-грешностей меха-низма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
		формаций	
4	Трение в кинематических па-рах механизма ИП	Укажите места воз-никновения сил и мо-ментов трения	
5	Воздействие окру-жающей среды (температурные погрешности)	Укажите температур-ные изменения, вызы-вающие погрешность показаний	

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением и метрологическими характеристика-ми прибора. Изучить конструкцию и принцип действия прибора. Нарисо-вать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства. Изучить порядок проведения измерений и снятия показаний. Основные метрологические характеристики прибора и занести в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Метрологические характеристики микрометров рычажных

Типы микрометров	Пределы измерений микрометров	Отсчетное устройство		Перемещение микрометрического винта
		Цена деления, мм	Пределы измере-ний, мм	

2. Ознакомиться с методами поверки: операциями и средствами про-ведения поверки, порядком ее проведения.

3. Указать элементы, подлежащие поверке находящегося в примене-нии СИ и занести их в табл. 4.9.

Таблица 4.9 – Средства поверки и элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ

№	Наименование операций, проводимых при поверке СИ, находящегося в применении	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
1.		

4. Произвести поверку рычажного микрометра и составить протокол поверки.

5. Провести анализ действующих ошибок измерительного прибора. Результаты свести в табл. 4.10.

Таблица 4.10 – Анализ действующих ошибок измерительного прибора

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- конструкцию и описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- таблицу анализа действующих ошибок;
- протокол поверки прибора;
- вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких составляющих состоит погрешность показаний прибора?
2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний?
3. Включает ли погрешность показаний данного прибора ошибку схемы.
4. Какая из составляющих погрешностей показаний данного прибора является доминирующей?
5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора, и в чем состоит этот метод?

ПРОТОКОЛ № _____

поверки микрометра рычажного типа МР ___ с ЦД _____ мм

Диапазон измерения _____ мм t =____ºС

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений	Примечание
1. Внешний осмотр	–	–		
2. Опробование	–	–		
3. Ширина штрихов отсчетного устройства, ширины продольного штриха и штрихов шкал на стебле и барабане; ширина стрелки отсчетного устройства	Универсальный измерительный микроскоп по ГОСТ 14968-69 или инструментальный микроскоп по ГОСТ 8074-82	0,15-0,25 не более 0,25 0,15-0,20		
4. Высоты расположения стрелки над шкалой микрометров типа МР, ***мм***	–	≤0,5		
5. Проверка нулевой установки МР: до ближайшего штриха, не более, мм перекрытие штриха, не более, ***мм***	–	недокр ≤0,15 перекр.≤0,07		
6. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра и установочных мер, ***интерф. пол.***	Стеклянная плоская нижняя пластина 2-го класса по ТУ 3-3.2123-88	n≤2		
7. Отклонение длины установочных мер от номинальных размеров и отклонений от параллельности измерительных поверхностей установочных мер, ***мкм***	Образцовые концевые меры длины	табл. 4.4		
9. Определение отклонений от параллельности измерительных поверхностей микрометра: МР-25 МР-50	Стеклянные плоскопараллельные пластины	при закрепленном стопоре 1,2 1,5		
10. Определение основной погрешности отсчетного устройства микрометров типа МР, ***мкм***	Образцовые концевые меры длины	до ±30 / св. ±30 1 / 2		
11. Размах показаний из 10 измерений, ***мкм***	Образцовые концевые меры длины	≤0,6		
12. Погрешность показаний микрометров типа МР (до 100 мм), ***мкм***	Образцовые концевые меры длины	± 3		

11. Определение вариации (размаха) показаний

Отметки шкалы, ***дел***.	Отклонение показаний скобы, ***мкм***					Δmax–Δmin, ***мкм***	Размах показаний, ***мкм***
	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5		
-70							
0							
+70							

10. Определение основной погрешности отсчетного устройства микрометра рычажного

Поверяемый участок шкалы, ***дел.***	Номинальное значение КМД, ***мм***	Разность действительных значений мер, ***мкм***, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания стрелочного отсчетного устройства, ***мкм***, X_i	Основная погрешность отсчетного устройства, ***мкм***, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
0+	L_{0+}=*1,0*	ΔL_{0+}=		0
0…+5	L_1 =1,01	ΔL_1 =		
0…+10	L_2 =1,02	ΔL_2 =		
0…+20	L_3 =1,04	ΔL_3 =		
0…+30	L_4 =1,06	ΔL_4 =		
0…+40	L_5 =1,08	ΔL_5 =		
0…+50	L_6 =1,10	ΔL_6 =		
0…+60	L_7 =1,12	ΔL_7 =		
0…+70	L_8 =1,14	ΔL_8 =		
0-	L_{0-}=*1,14*	ΔL_{0-} =		0
0…-5	L_9 =1,13	ΔL_9 =		
0…-10	L_{10}=1,12	ΔL_{10}=		
0…-20	L_{11}=1,10	ΔL_{11}=		
0…-30	L_{12}=1,08	ΔL_{12}=		
0…-40	L_{13}=1,06	ΔL_{13}=		
0…-50	L_{14}=1,04	ΔL_{14}=		
0…-60	L_{15}=1,02	ΔL_{15}=		
0…-70	L_{16}=1,0	ΔL_{16}=		

Наибольшая погрешность: на участке ±30 делений _____
на участке св. ±30 делений _____

12. Определение погрешности показаний микрометра типа МР

Контролируемые точки, ***мм***	А+5,12	А+10,24	А+15,36	А+21,50	А+25,00
Размер меры (блока концевых мер), ***мм***					
Показания отсчетного устройства микрометра, ***мкм***					
Погрешность, ***мкм***					

Наибольшая погрешность: ___ _____ ***мкм***

Заключение по результатам поверки:

Микрометр рычажный МР-_____ _____ ГОСТ 4381-87.
соответствует/не соответствует

Поверка проведена по ГОСТ 8.411-81.

Поверитель _____ _____ Дата_____
подпись Фамилия, И.О.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ПОВЕРКА ИНДИКАТОРА ЧАСОВОГО ТИПА

***Цель работы*:** Получение навыков поверки индикатора часового типа в соответствии с методикой и выявления действующих ошибок механизма прибора.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ

1.1. Назначение и метрологическая характеристика прибора

Индикаторы часового типа предназначены для измерения линейных размеров абсолютным и относительным методами, определения величины отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей.

Для измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей индикатор часового типа применяют в стойке, штативе или специальном приспособлении. Измерения проводят абсолютным (непосредственной оценки) и относительным (сравнения с мерой) методами. Абсолютные измерения размеров, как и измерения отклонений формы и расположения, поверхностей могут быть проведены в пределах диапазона измерений индикатора.

Метрологические характеристики индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм и диапазонами измерений до 25 мм установлены в ГОСТ 577-68 и не должны превышать значений, указанных в табл. 5.1.

1.2. Описание конструкции и принципа действия

Индикатор часового типа представляет собой систему связующих шестерен, которые усиливают поступательное движение измерительного стержня и преобразуют эти движения во вращательное движение стрелки по шкале, т.е. показания прибора.

Внешний вид прибора показан на рис. 5.1.

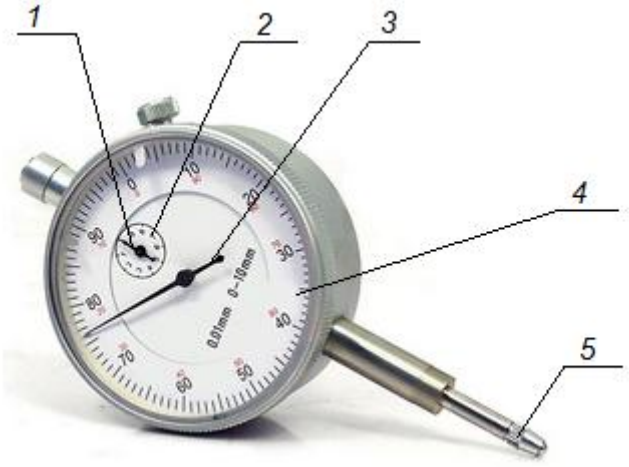


Рисунок 5.1 – Внешний вид индикатора часового типа

Таблица 5.1 – Основные технические характеристики приборов

Наименование характеристики индикатора	Класс точности	Тип индикатора			
		ИЧ02	ИЧ05	ИЧ10	ИЧ25
1. Диапазон показаний, мм		0-2	0-5	0-10	0-25
2. Цена деления, мм		0,01			
3. Превышение общего хода измерительного стержня, мм		0,3	0,5	1	
4. Наибольшая разность погрешностей, мкм, для диапазона:		Δ2	Δ5	Δ10	Δ25
- на всем диапазоне показаний	0	10	12	15	22
	1	12	16	20	30
	2	14	20	25	40
- на участке Δ1 мм	0	8			
	1	10			
	2	12			
- на участке Δ0,1 мм	0	4			
	1	6			
	2	8			
5. Размах показаний, мкм	0	3			5
	1				6
	2	4			7
6. Вариация показаний, мкм	0	2			5
	1	3			6
	2	5			7
7. Измерительное усилие при прямом ходе, Н, не более		1,5			3
8. Колебание измерительного усилия, Н: - при прямом или обратном ходе;		0,4	0,6		1,8
- при изменении направления движения измерительного стержня		0,5			1

Примечания:
1. Под Δ0,1, Δ1 понимают алгебраические разности ординат самой высокой и самой низкой точек кривой погрешностей индикатора в пределах любого участка длиной соответственно 0,1 мм и 1 мм диапазона измерений при прямом или обратном ходе измерительного стержня.
2. Под Δ2, Δ5, Δ10 и Δ25 понимают алгебраические разности ординат самой высокой и самой низкой точек кривой погрешностей индикатора с диапазоном измерения соответственно 0-2 мм (Δ2), 0-5 мм (Δ5), 0-10 мм (Δ10) и 0-25 мм (Δ25) при прямом или обратном ходе измерительного стержня.

На лицевой стороне индикаторов часового типа имеются две шкалы: большая шкала 4 (рис. 5.1) с нанесенными на ней 100 делениями с ценой деления 0,01 мм и малая шкала 2 с миллиметровыми делениями. Перемещение измерительного стержня 5 на величину, равную 1 мм, вызывает поворот большой стрелки 3 на 360º (полный оборот) и малой стрелки 1 на одно деление, т.е. на 1 мм.

Кинематическая схема механизма индикатора представлена на рис. 5.2.

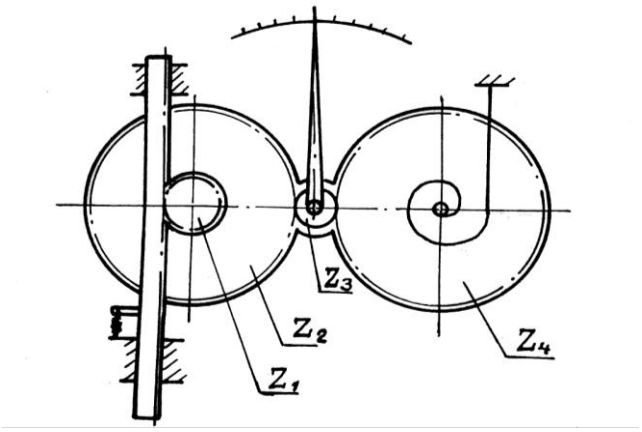


Рисунок 5.2 – Кинематическая схема индикатора часового типа

Зубчатая рейка, нарезанная на измерительном стержне (либо жестко соединенная с измерительным стержнем), сцепляется с зубчатым колесом z_1, на оси которого неподвижно сидит колесо z_2, колесо сцепляется с трибом z_3, на ось которого насажена стрелка индикатора. Колесо z_4 с пружинным волоском служит для обеспечения однопрофильного зацепления.

Технические требования и основные характеристики индикаторов часового типа определены ГОСТ 577-60.

1.3. Порядок проведения измерений и снятия показаний прибора

Индикатор относится к приборам относительного метода измерения. Если номинальный размер измеряемой детали известен из чертежа, прибор настраивают на «0» по концевой мере, размер которой равен номинальному размеру детали.

Для этого на столик индикаторной стойки устанавливается мера, а индикатор вместе с державкой перемещают по колонке стойки, вводя наконечник прибора в соприкосновение с мерой, и смотрят за перемещением малой стрелки, которая должна быть установлена напротив числа, определяющего оборот, на котором находится нормированный участок. Закрепив в этом положении державку с индикатором, путем поворота шкалы сов-

мещают стрелку прибора с «0» отметкой шкалы. Меру убирают, а на ее место устанавливают измеряемую деталь и наблюдают показание прибора. В зависимости от знака это показание прибавляют или вычитают из числового значения номинального размера детали. Полученный результат – размер измеряемой детали.

Если чертежа детали нет и номинальный ее размер не известен, деталь нужно предварительно измерить прибором непосредственного метода измерения. Для возможности дальнейшего измерения индикатором на нормированном участке необходимо, чтобы прибор непосредственного метода измерения имел цену деления меньшую, чем длина нормированного участка (например, штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм). Определив номинальный размер, деталь измеряют в последовательности, изложенной выше.

2. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

МИ 2192-92 устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Рекомендуемый межповерочный интервал – не более 1 года.

2.1. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в табл. 5.2.

2.2. Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха в помещении (20 + 5) °С;
- изменение температуры воздуха в течение 1 ч не более 2 °С;
- относительная влажность при температуре 20 °С не более 80 %.

Таблица 5.2 – Элементы индикатора часового типа, подлежащие поверке

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки	
			При первичной поверке	При периодической поверке
1.	Внешний осмотр	–	да	да
2.	Опробование	–	да	да
3.	Контроль присоединительного диаметра гильзы и отклонения от цилиндричности	Калибр-скоба 8h7 по ГОСТ 16675; Рычажный микрометр типа МР с диапазоном измерений 0-25 мм по ГОСТ 4381-87	да	нет
4.	Контроль шероховатости рабочей поверхности измерительного наконечника и наружной поверхности гильзы	Образцы шероховатости по ГОСТ 9378-93 или детали-образцы с параметром шероховатости Ra = 0,63 мкм и Ra = 0,1 мкм	да	нет
5.	Определение ширины стрелки, штрихов шкалы и длины деления шкалы	Микроскоп инструментальный по ГОСТ 8074-82 или универсальный измерительный микроскоп	да	нет*
6.	Определение расстояния между концом стрелки и циферблатом	–	да	нет
7.	Определение измерительного усилия и его колебания	Циферблатные настольные весы с ценой деления 5 г по ГОСТ 23711; Стойка типа С-II по ГОСТ 18197 с дополнительным кронштейном с присоединительным диаметром 8 мм	да	да

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Виды поверки	
			При первичной поверке	При периодической поверке
8.	Определение изменения показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси	Граммометр с ценой деления 0,1 Н, диапазоном измерений 0,5-3 Н, погрешностью не более +0,1 Н или динамометрическое приспособление, отградуированное на усилие 2,5 Н с погрешностью не более +0,1 Н	да	да
	Определение метрологических характеристик:			
9.	Определение размаха показаний	Прибор ППИ-4 (или приспособление с микрометрической головкой) с диапазоном измерений 0-10 мм, вариацией показаний не более 1 мкм, наибольшей разностью погрешностей на любом участке длиной в 1 мм не более 2 мкм и на всем диапазоне измерений не более 3 мкм; Прибор ПМИ-25 с диапазоном измерений 0-25 мм, вариацией показаний не более 1,5 мкм, наибольшей разностью погрешностей на любом участке диапазона измерений 1 мм не более 2 мкм и на всем диапазоне измерений не более 4 мкм	да	да
10.	Определение вариации показаний		да	да
11.	Определение наибольшей разности погрешностей		да	да

Примечание.

*В данной лабораторной работе производиться поверка средства измерения, находящегося в применении. Дополнительно необходимо выполнить операцию п.5.

2.3. Порядок проведения поверки

Рассмотрим порядок проведения поверки измерительного средства, находящегося в применении.

1) Поверяемый элемент – *внешний осмотр*

а) Требования, предъявляемые к внешнему виду индикатора.

Стекло должно быть прозрачным, чистым, без пузырей, царапин и других дефектов, искажающих отсчет показаний или препятствующих ему.

На рабочих и наружных поверхностях прибора не должно быть следов коррозии, механических повреждений (царапин, забоин) и других дефектов, влияющих на эксплуатационные свойства.

У индикаторов, выпускаемых из производства, стрелка в свободном состоянии должна находиться слева от оси симметрии 5-10 мм и 10-15 делений – при меньших верхних пределах измерений.

Стрелка и элементы шкалы (штрихи, цифры) должны быть четкими, с ровными краями и отчетливо видны на фоне циферблата.

б) Метод поверки внешнего вида индикатора.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие индикатора требованиям ГОСТ 577-68 к стрелке и элементам шкалы, материалу, закрывающему циферблат, оснащению их указателем числа оборотов стрелки и устройством совмещения нулевого штриха шкалы со стрелкой, маркировке; кроме того проверяют отсутствие на наружных поверхностях индикатора коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные свойства.

Соответствие требованиям, предъявляемым к индикатору часового типа, устанавливается наружным осмотром, без применения измерительных средств.

2) Поверяемый элемент – *опробование*

При опробовании проверяют взаимодействие подвижных частей индикатора в соответствии с требованиями ГОСТ 577-68:

– превышение общего хода измерительного стержня при сравнении с рабочим ходом;

– перекрытие стрелкой коротких штрихов;

– отсутствие проворота стрелки при свободном перемещении измерительного стержня или при его резкой остановке;

– переход стрелки за ось симметрии индикатора в обоих крайних положениях двойного хода измерительного стержня;

– соответствие оцифровки шкалы указателя оборотов прямому ходу измерительного стержня;

– отклонение стрелки от направления оси измерительного стержня при установке индикатора по указателю оборотов на любое число полных оборотов;

– плавность работы устройства совмещения стрелки с любым делением шкалы и отсутствие самопроизвольного смещения стрелки с установленного положения.

а) Требования ГОСТ 577-68.

Движение измерительного стержня и устройства для установки стрелки на требуемое деление должно быть плавным, без задержек и заеданий.

При нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном оси с усилием 2-2,5 Н, изменение показаний индикатора не должно превышать 0,5 деления шкалы.

Общий ход измерительного стержня должен превышать рабочий, *мм,* не менее чем на:

0,3 – у индикаторов с диапазоном измерения 0-2 мм;

0,5 – у индикаторов с диапазоном измерения 0-5 и 0-10 мм;

1,0 – у индикаторов с диапазоном измерения 0-25 мм.

Конец стрелки должен перекрывать короткие штрихи шкалы не менее чем на 0,3 и не более чем на 0,8 их длины.

Стрелка должна быть насажена на ось таким образом, чтобы при свободном перемещении измерительного стержня или его резкой остановке она не проворачивалась.

В обоих крайних положениях двойного хода измерительного стержня стрелка должна переходить ось симметрии не менее чем на 5 делений у индикаторов с верхним пределом измерения до 3 мм и на 10 делений – у индикаторов с верхним пределом измерении свыше 3 мм.

Оцифровка шкалы указателя должна быть черного цвета и соответствовать шкале прямого хода.

При установке индикатора по указателю оборотов на любое число полных оборотов отклонение стрелки от направления оси измерительного стержня индикатора не должно превышать 15 делений, для индикаторов с верхним пределом измерений до 10 мм и 20 делений – для индикаторов с верхним пределом измерений свыше 10 мм.

Индикаторы должны иметь устройство совмещения стрелки с любым делением шкалы. Устройство должно работать плавно, без заеданий и предохранять от самопроизвольного смещения стрелки с установленного положения.

б) Методы поверки взаимодействия частей индикатора.

Плавность перемещения измерительного стержня и устройства для установки стрелки на требуемое деление, возврат стрелки в исходное положение, плотность насадки стрелки на ось, а также положение стрелки

при установке индикатора по указателю числа оборотов и возвращение ее в исходное положение путем простого опробования.

Отсутствие задержек и заеданий хода поверяется на специальном микрометре (рис. 5.3) или с помощью специального устройства (рис. 5.4), путем медленного поворота микрометрического винта на полную величину прямого и обратного хода индикатора, наблюдая при этом за перемещением стрелки.

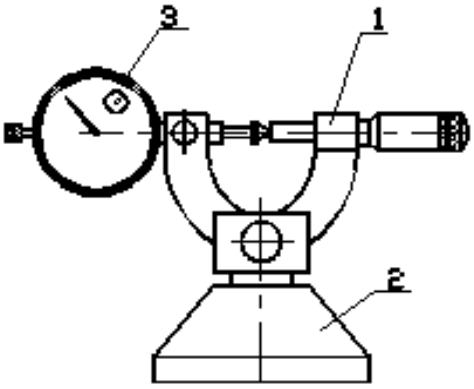


Рисунок 5.3 – Установка для поверки отсутствия задержек и заедания хода с использованием специального микрометра

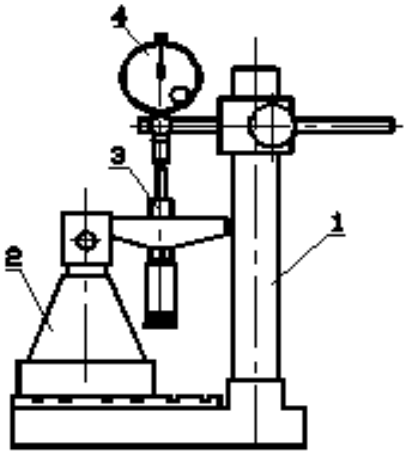


Рисунок 5.4 – Установка для поверки отсутствия задержек и заедания хода с использованием микрометрического глубиномера

3) Поверяемый элемент – *ширина стрелки, штрихов и длины деления шкалы индикатора*

а) Требования, предъявляемые ГОСТ 577-68.

Ширина штрихов должна быть 0,15-0,25 мм.

Разница в ширине отдельных штрихов в пределах одной шкалы не должна превышать 0,05 мм. Допускается изготовлять индикаторы со штрихами шириной 0,25-0,35 мм для диапазонов измерений свыше 10 мм.

Ширина стрелки в той ее части, которая находится над шкалой, должна быть в пределах 0,15-0,20 мм.

Длина деления должна быть не менее 1 мм.

б) Метод поверки.

Ширину стрелки, штрихов и длину деления шкалы индикатора измеряют на инструментальном микроскопе.

Ширину стрелки измеряют в той ее части, которая находится над шкалой.

Ширину штрихов шкалы измеряют не менее чем у пяти любых штрихов. Разность в ширине отдельных штрихов в пределах шкалы не должна превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

Длину деления шкалы (расстояние между осями штрихов) измеряют на любом участке шкалы у концов штрихов, ближайших к центру шкалы.

Ширина стрелки, штрихов и длина деления шкалы должны соответствовать требованиям ГОСТ 577-68.

4) Поверяемый элемент – *определение измерительного усилия и его колебания*

а) Требования ГОСТ 577-68, предъявляемые к измерительному усилию и его колебанию.

Наибольшее измерительное усилие при прямом ходе, колебание измерительного усилия при прямом или обратном ходе, колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня не должны превышать значений по ГОСТ 577-68.

б) Методы поверки.

Измерительное усилие и его колебания определяют при помощи циферблатных весов при контакте измерительного наконечника индикатора с площадкой весов. При этом индикатор закрепляют в стойке типа С-II или в любой другой стойке с диапазоном перемещения не меньшим диапазона измерений индикатора.

Показания весов отсчитывают в начале, середине и конце диапазона измерений индикатора при прямом ходе измерительного стержня (при подъеме измерительного стержня).

Разность наибольшего и наименьшего показаний весов в граммах, деленная на 100 (коэффициент пересчета показаний весов в значения измерительного усилия в ньютонах), равна колебанию измерительного усилия при прямом ходе измерительного стержня в ньютонах.

Так же определяют колебание измерительного усилия при обратном ходе измерительного стержня (движение измерительного стержня вызывает движение стрелки против часовой).

Колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня определяют, отсчитывая показание весов в середине диапазона измерения. Затем перемещают измерительный стержень за эту точку 1-2 мм и возвращают в точку отсчета и снимают показание весов. Разность показаний весов в этой точке, деленная на 100, равна колебанию измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня в ньютонах.

5) Поверяемый элемент – *определение изменения показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси*

а) Требования, предъявляемые к изменению показаний индикатора.

Изменение показания индикатора при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси с усилием 2-2,5 Н, не

должно превышать 0,5 деления шкалы для индикаторов с диапазоном измерения до 10 мм и 1,5 деления шкалы – для индикаторов с диапазоном измерения свыше 10 мм.

б) Методы поверки.

Изменение показания индикатора при нажиме с усилием 2,5 Н на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном оси стержня, определяют при помощи граммометра или динамометрического приспособления.

Индикатор закрепляют на приборе ППИ-4 (приспособлении с микрометрической головкой), на приборе ПМИ-25 с диапазоном измерения 0-25 мм. Перемещают измерительный стержень до положения, соответствующего середине диапазона измерений, и нажимают с усилием 2,5 Н на измерительный наконечник индикатора щупом граммометра или динамометрического приспособления последовательно с 4 сторон по двум взаимно перпендикулярным направлениям и наблюдают изменения показаний индикатора, которые не должны превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

За колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня принимают разность усилий в проверяемой точке в середине диапазона измерений и при переходе за нее на 1-2 мм и возврате в проверяемую точку.

6) Поверяемый элемент – *размах показаний*

а) Требования, предъявляемые ГОСТ 577-68.

Под размахом показаний понимают разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора при пятикратном арретировании наконечника на неподвижную измерительную поверхность.

Размах показаний индикатора не должен превышать значений установленных в ГОСТ 577-68 и приведенных в табл. 5.1.

б) Методы поверки.

Размах показаний индикатора определяют при пятикратном арретировании измерительного наконечника при контакте его с измерительной поверхностью прибора ППИ-4 или прибора ПМИ-25, или приспособления с микрометрической головкой (микрометрический винт при этом застопорен).

Размах показаний в данной точке диапазона измерений определяют как разность между наибольшим и наименьшим показаниями.

Размах показаний определяют в трех точках в начале, середине и конце диапазона измерений индикатора.

Размах показаний в каждой точке не должен превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, метрологические характеристики которых превышают значе-

ния, указанные в ГОСТ 577-68 и табл. 5.1 для класса точности 0 и 1, устанавливают 2 класс точности в случае, если их характеристики не превышают значений для индикаторов класса точности 2, приведенных в табл. 5.1. Указанные индикаторы обозначаются как индикаторы 2-го класса точности и на их корпусе наносится (неударным способом) "II кл."

7) Поверяемый элемент – *вариация показаний*

а) Требования, предъявляемые ГОСТ 577-68.

Под вариацией показаний понимают разность показаний индикатора в одной точке диапазона измерений при прямом ходе и в той же точке - при обратном.

Вариация показаний индикатора не должна превышать значений установленных в ГОСТ 577-68 и приведенных в табл. 5.1.

б) Методы поверки.

Вариацию показаний индикатора определяют при помощи приспособления с микрометрической головкой (прибора ППИ-4 или ПМИ-25) в трех равномерно расположенных точках диапазона измерений.

Измерительный стержень индикатора перемещают вращением микрометрического винта прибора до точного совмещения стрелки индикатора со штрихом шкалы индикатора и отсчитывают показание прибора.

Затем измерительной стержень перемещают в том же направлении на 0,05 мм и, изменив направление перемещения, возвращают измерительный стержень в точку, где стрелка совпадает с тем же штрихом шкалы индикатора. Отсчитывают показание прибора. Разность показаний прибора определяет вариацию показаний индикатора. В каждой из трех точек диапазона измерений измерения повторяют по три раза и вычисляют разность показаний при каждом измерении.

Вариация показаний не должна превышать значений, установленных ГОСТ 577-68.

Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается вариация показаний, превышающая значения, указанные в ГОСТ 577-68 и табл. 5.1 для класса точности 0 и 1. Для указанных индикаторов устанавливают класс точности 2 в случае, если их характеристики не превышают значений для индикаторов класса точности 2, приведенных в табл. 5.1 и наносят соответствующее обозначение.

8) Поверяемый элемент – *наибольшая разность погрешностей*

а) Требования, предъявляемые ГОСТ 577-68.

Наибольшая разность погрешностей индикатора установлена в ГОСТ 577-68 и приведена в табл. 5.1.

б) Методы поверки.

Наибольшую разность погрешностей индикатора определяют при помощи приспособления с микрометрической головкой при одном (прямом или обратном) ходе измерительного стержня. Арретирование измерительного наконечника и изменение направления перемещения измерительного стержня при определении погрешностей не допускаются.

Для определения наибольшей разности погрешностей на всем диапазоне измерений и на любом участке в 1 мм отсчитывают отклонения показаний индикатора при непрерывном перемещении или с остановками стержня через каждые 0,2 мм (у индикаторов с диапазоном измерения 0-25 мм – через каждые 0,5 мм).

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне измерений индикатора при прямом или обратном ходе измерительного стержня равна разности наибольшего и наименьшего показаний прибора или отклонений индикатора на всем диапазоне измерений.

Наибольшая разность погрешностей на участке в 1 мм равна разности наибольшего и наименьшего показаний прибора или отклонений индикатора на поверяемом участке. Наибольшую из полученных разностей погрешностей на участках в 1 мм принимают за наибольшую разность погрешностей индикатора на любом участке в 1 мм.

Наибольшая разность погрешностей на участке в 0,1 мм определяют аналогично определению наибольшей разности погрешностей на участке в 1 мм, отсчитывая отклонения показаний индикатора на проверяемом участке через 0,02 мм перемещения измерительного стержня. Наибольшую разность погрешностей определяют на трех участках по 0,1 мм равномерно расположенных по диапазону измерения индикатора. Наибольшую из полученных разностей принимают за наибольшую погрешность индикатора на любом участке в 0,1 мм.

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне измерений и на любом участке в 1 мм и 0,1 мм не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 577-68.

Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается не определять наибольшую разность погрешностей на любом участке в 0,1 мм.

Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, у которых наибольшая разность погрешностей, превышает значения, указанные в ГОСТ 577-68, устанавливают класс точности 2 в том случае, если наибольшая разность погрешностей не превышает значений, указанных в табл. 5.1 для индикаторов класса точности 2.

В табл. 5.3 приведен пример определения наибольшей разности погрешностей на всем диапазоне измерений, на участке в 1 мм и на любом участке в 1 мм при поверке индикатора с диапазоном измерения 0-5 мм при поверке на приспособлении с микрометрической головкой.

Таблица 5.3 – Определения наибольшей разности погрешностей

Оборот стрелки индикатора	Отметки шкалы, мм						Наибольшая разность погрешностей, мкм			Соответствие классу точности
	0	20	40	60	80	0	на участке Δ1	на любом участке Δ1	0-5	
0-1	0	-2	-1	+2	+5	+3	7	10	16	1
1-2	+3	-5	-5	-5	-3	-3	8			
2-3	-3	-8	-11	-10	-8	-5	8			
3-4	-5	-6	-11	-7	-3	-1	10			
4-5	-1	+3	+3	+2	+2	+2	4			

3. АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ ОШИБОК

Анализ действующих ошибок (т.е. ошибок, проявляющихся в работе прибора) осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки индикатора часового типа и теоретического материала по курсу "Точность измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо заполнить столбцы 3, 4 табл. 5.4, являющейся базой исходных данных к расчету на точность механизма индикатора часового типа. Табл. 5.4 является составной частью отчета по лабораторной работе.

Таблица 5.4 – Анализ действующих ошибок

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите характер проявления погрешности (случайный, систематический).

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	Укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный)
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций	
4	Трение в кинематических парах механизма ИП	Укажите места возникновения сил и моментов трения	
5	Воздействие окружающей среды (температурные погрешности)	Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний	

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением и метрологическими характеристиками прибора. Изучить конструкцию и принцип действия прибора. Нарисовать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства. Изучить порядок проведения измерений и снятия показаний. Основные метрологические характеристики прибора и занести в табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Основные метрологические характеристики

Наименование характеристики индикатора	Тип индикатора, (класс точности)
1. Диапазон показаний, мм	
2. Цена деления, мм	
3. Наибольшая разность погрешностей, мкм, для диапазона: - на всем диапазоне показаний	
- на участке Δ1 мм	
- на участке Δ0,1 мм	
4. Размах показаний, мкм	
5. Вариация показаний, мкм	
6. Измерительное усилие при прямом ходе, Н, не более	

2. Ознакомиться с методами поверки: операциями и средствами проведения поверки, порядком ее проведения.

3. Указать элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ и занести их в табл. 5.6.

Таблица 5.6 – Средства поверки и элементы, подлежащие поверке находящегося в применении СИ

№	Наименование операций, проводимых при поверке СИ, находящегося в применении	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
1.		

4. Произвести поверку индикатора часового типа и составить протокол поверки.

5. Провести анализ действующих ошибок измерительного прибора. Результаты свести в табл. 5.7.

Таблица 5.7 – Анализ действующих ошибок измерительного прибора

№ источника	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- наименование и цель работы;
- конструкцию и описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- таблицу анализа действующих ошибок;
- протокол поверки прибора;
- вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких составляющих состоит погрешность показаний прибора?

2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена), является погрешность показаний измерительного устройства на данном интервале его поверки?

3. Включает ли погрешность показаний данного прибора ошибку схемы?

4. Какая из составлявших погрешностей показаний данного прибора является доминирующей?

5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора, и в чем состоит этот метод?

6. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности показаний).

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора часового типа **ИЧ** _____ с ЦД _____ мм

Диапазон измерения _____ мм t =____ºС

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения			Результаты измерений
1. Внешний осмотр	Визуально	–			
2.1. Опробование					
2.2. Общий ход измерительного стержня, ***мм***	Визуально	≥ 11			
3. Ширина стрелки над шкалой, Ширина штрихов шкалы Длина деления шкалы	Инструментальный микроскоп	0,15-0,20 0,15-0,25 1,0			
4.1. Измерительное усилие, ***Н***	Весы ВНЦ с ЦД 5 г, стойка типа С-II	≤ 1,5			
4.2. Колебание измерительного усилия, ***Н***		≤ 0,6			
4.3. Колебание измерительного усилия при изменении направления движения стержня, ***Н***		≤ 0,5			
Определение метрологических характеристик (МХ)					
5. Изменение показания индикатора на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном оси стержня, ***дел.***	Граммометр или динамометрическое приспособление	≤ 0,5			
6. Размах показаний, ***мкм***	Приспособление с микрометрической головкой или прибор ППИ-4	3		4	
7. Вариация показаний, ***мкм***		2	3	4	
8. Наибольшие разности погрешностей, ***мкм***:		КТ 0	КТ1	КТ 2	*Соотв.* КТ___
• на участке в 1 мм		8	10	12	
• на всем диапазоне измерений		15	20	25	

7.Определение вариации показаний индикатора

Отметка шкалы индикатора, ***мм***	Показания эталона, ***мкм***		Разность показаний, ***мкм***	Вариация показаний, ***мкм***
	Прямой ход	Обратный ход		
0,2				
5,0				
9,8				

8. Определение наибольших разностей погрешностей

Оборот стрелки	Погрешность индикатора, ***мкм***, на отметках шкалы						Наибольшая разность погрешностей, ***мкм***, на участке шкалы		
	0	20	40	60	80	0	в 1 мм	любом в 1 мм	всем диапазоне
0-1									
1-2									
2-3									
3-4									
4-5									
5-6									
6-7									
7-8									
8-9									
9-10									

Заключение по результатам поверки

Индикатор часового типа ИЧ ____ _____ требованиям ГОСТ 577-68

соответствует/не соответствует

для ____ класса точности. Поверка проведена по МИ 2192-92.

Поверитель _____ _____ Дата_____

подпись Фамилия, И.О.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПОГРЕШНОСТИ ПОВЕРКИ И РАСЧЁТ ТОЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ИНДИКАТОРА ЧАСОВОГО ТИПА С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 0,01 ММ

***Цель работы*:** путем экспериментальных исследований уяснить процесс образования первичных ошибок механизма измерительного средства и их влияние на процесс измерения, ознакомиться с элементарными понятиями синтеза механизма ИС, назначения технических условий (ТУ) на его изготовление, исходя из требований точности процесса измерения.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Согласно табл. 5.2 и п. 5.8.4 МИ 2192-92 поверка наибольшей разности погрешностей индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм должна осуществляться с помощью прибора ППИ-4 (или приспособление с микрометрической головкой) или ПМИ-25. В лабораторной работе № 5 "Поверка индикатора часового типа" данная операция осуществляется с помощью специальной инструментальной наладки, кинематическая схема которой представлена на рис. 6.1.

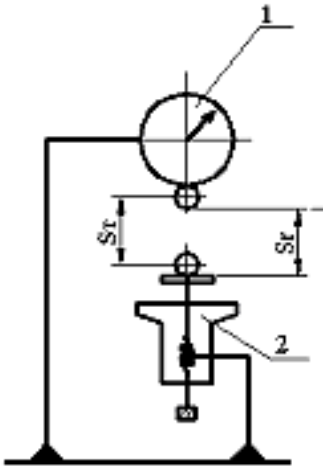


Рисунок 6.1 – Кинематическая схема инструментальной наладки для поверки индикаторов часового типа:
1 – поверяемый индикатор часового типа; 2 – микрометрический глубиномер

Отступление от требований инструкции, заключающееся в изменении условий поверки, может внести погрешности в поверку индикатора, и ее результаты могут быть недостоверны. Поэтому необходимо:

– определить погрешность показаний поверяемого индикатора, вносимую инструментальной наладкой и ее влияний на достоверность поверки;

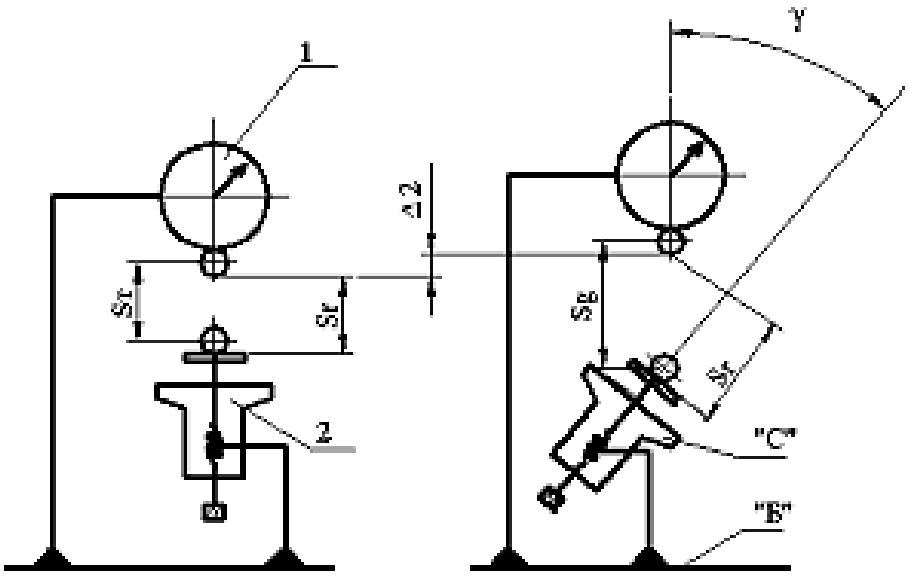
– определить погрешность положения глубиномера;

– рассчитать технические условия изготовления инструментальной наладки исходя из требований точности к поверке индикатора.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПОВЕРКИ

2.1. Определение погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимой инструментальной наладкой

На рис. 6.2 показано теоретическое (рис 6.2, а) и действительное положение (рис. 6.2, б) поверяемого индикатора 1 и микрометрического глубиномера 2.



а) б)

Рисунок 6.2 – Теоретическое и действительное положение глубиномера и индикатора

Погрешность показаний, вносимую инструментальной наладкой $\Delta_н$ можно представить как сумму погрешностей:

$$\Delta_н = \Delta_1 + \Delta_2, \qquad (1)$$

где Δ_1 – погрешность показаний, вносимая механизмом микрометрического глубиномера, мм;

Δ_2 – погрешность показаний, вносимая ошибкой положения микрометрического глубиномера, мм.

Сравнительный анализ погрешности, вносимой специальным микрометром, как прибором поверки и погрешности, вносимой механизмом микрометрического глубиномера Δ_1, позволяет принять их равными, поэтому задача определения погрешности $\Delta_н$ состоит в количественном определении Δ_2.

Зависимость погрешности Δ_2 от ошибки положения глубиномера можно вывести из схемы его положения в процессе измерения.

Как следует из рис. 6.2, а

$$\Delta_2 = S_d - S_T, \qquad (2)$$

где S_d – действительное перемещение измерительного стержня индикатора, мм;

S_T – теоретическое перемещение измерительного стержня индикатора, мм.

Из рис. 6.2, б) следует, что

$$\frac{S_Г}{S_d} = cos\,\gamma .$$

Отсюда

$$S_d = \frac{S_Г}{cos\,\gamma}, \qquad (3)$$

где γ – угол между осями измерительного стержня индикатора и микрометрического винта глубиномера,

$S_Г$ – перемещение, задаваемое микрометрическому винту глубиномера, мм.

Теоретическое перемещение (перемещение измерительного стержня индикатора в схеме, не имеющей погрешностей) согласно рис. 6.2, а), равно

$$S_T = S_Г. \qquad (4)$$

Тогда на основании (3) и (4) формула (2) примет вид

$$\Delta_2 = S_Г\left(\frac{1}{cos\,\gamma} - 1\right). \qquad (5)$$

Таким образом, погрешность, вносимую инструментальной наладкой $\Delta_н$ можно представить в виде

$$\Delta_н = \Delta_1 + S_Г\left(\frac{1}{cos\,\gamma} - 1\right). \qquad (6)$$

2.2. Определение влияния погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимой инструментальной наладкой на достоверность поверки

Можно утверждать, что поверка индикатора достоверна, если погрешность Δ_2 на порядок меньше допускаемой погрешности поверяемого прибора и, таким образом, явно не сказывается на его показаниях, т.е. если выполняется условие

$$\Delta_2 \le 0{,}1[\Delta]_{СИ}, \qquad (7)$$

где $[\Delta]_{СИ}$ – допустимая погрешность индикатора (табл.х.1 ЛР№5).

Индикатор согласно МИ 2192-92 поверяется на интервалах перемещений: 0,1 мм; 1 мм и на всем диапазоне измерений.

Т.е. погрешности инструментальной наладки на каждом из указанных интервалов поверки (Δ0,1; Δ1 и Δ_{lim}) не должны превышать десятой доли наибольшей допускаемой погрешности средства измерения на данном интервале:

$$\Delta_{2i} \le 0{,}1[\Delta]_{СИi}, \qquad (8)$$

где $[\Delta]_{СИi}$ – допустимая наибольшая погрешность индикатора на i-ом интервале поверки, мм.

Если для каждого интервала, предусмотренного инструкцией условие (8) выполняется, то погрешность, вносимую, инструментальной наладкой, можно считать меньше допустимой, а показания поверки индикатора достоверными.

2.3. Нахождение погрешности положения глубиномера

Погрешность положения глубиномера, как это следует из рис. х.2, б), характеризуется углом γ. Для нахождения его значения представим положение опорной плоскости "С" глубиномера так, как это показано на рис. 6.3.

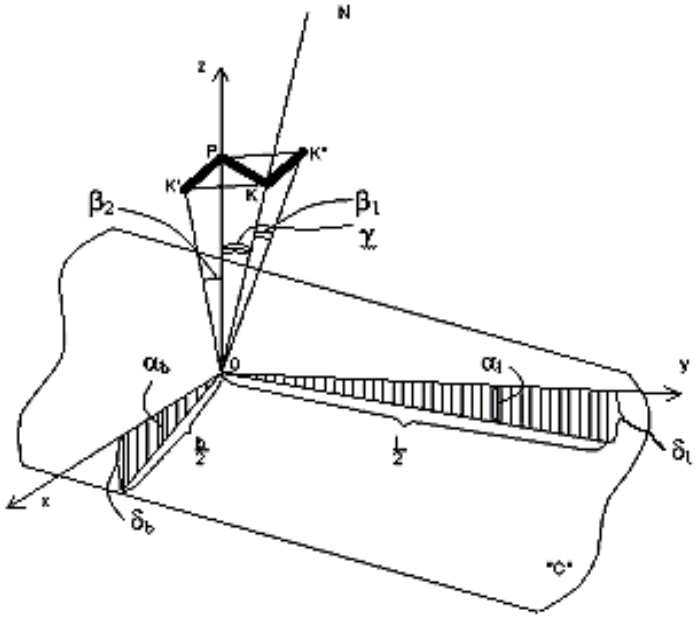


Рисунок 6.3 – Геометрическая схема определения погрешности положения глубиномера

Тогда ось винта глубиномера, перпендикулярная плоскости “С”, примет положение прямой ON. Если на расстоянии Z = 1 провести плоскость, параллельную плоскости XOУ, то эта плоскость пересечет ось Z в точке Р, а ось ON в точке К.

Спроектируем точку К на координатные плоскости ZOУ и ZOX и соединим её проекции К' и К" с точкой С начала координат. Тогда

$$tg\gamma = \frac{PK}{OP}, \tag{9}$$

где

$$PK = \sqrt{(KK')^2 + (PK')^2}, \tag{10}$$

где $KK' = PK''$.

Катеты РК" и РК' находятся из прямоугольных треугольников ОРК" и ОРК':

$$PK'' = PO \cdot tg\beta_l = tg\beta_1,$$
$$PK' = PO \cdot tg\beta_b = tg\beta_2. \tag{11}$$

Углы β_1 и β_2 при малости отклонений δb и δl можно принять равным

$$\beta_1 = \alpha_l,\ \beta_2 = \alpha_b. \tag{12}$$

В свою очередь углы α_l и α_b определяются как

$$\alpha_l = arcsin\frac{2\delta l}{l},\ \alpha_b = arcsin\frac{2\delta b}{b}, \tag{13}$$

где δl - отклонение от параллельности плоскостей "С" и "Б", измеряемое на отрезке l/2,

δb - отклонение от параллельности плоскостей "С" и "Б", измеряемое на отрезке b/2;

3. РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ, ИСХОДЯ ИЗ ТРЕБОВАНИЙ ТОЧНОСТИ ПОВЕРКИ ИНДИКАТОРА

Технические условия (ТУ) должны выражать такие требования к изготовлению устройств, при выполнении которых достигаются нормальные условия функционирования устройства.

Нормальные условия функционирования описаны формулой (8).

На основании (5) и (8) получим

$$S_{Гi}\left(\frac{1}{\cos\gamma}-1\right)\le 0{,}1[\Delta]_{СИi}. \qquad (14)$$

Отсюда получим условие изготовления инструментальной наладки (при нормальном функционировании)

$$\cos\gamma \ge \frac{S_{Гi}}{0{,}1[\Delta]_{СИi}+S_{Гi}} \quad . \qquad (15)$$

Значения $S_{Гi}$, $[\Delta]_{СИi}$ известны для каждого i-го интервала поверки.

В соответствии со значениями $S_{Гi}$, $[\Delta]_{СИi}$ на основании (15) получим три значения угла γ.

Допускаемым значением угла на изготовление инструментальной наладки будет минимальное его значение, т.е.

$$[\gamma]=min\begin{Bmatrix}\gamma_{0,1}\\ \gamma_1\\ \gamma_{lim}\end{Bmatrix} \qquad (16)$$

Исходя из значения [γ] выводятся допустимые значения отклонения от параллельности плоскостей "С" и "Б".

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с причинами возникновения погрешности поверки;

2. Произвести расчёт точности инструментальной наладки для поверки индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм:

– определить погрешность показаний поверяемого индикатора, вносимую инструментальной наладкой и ее влияний на достоверность поверки;

– определить погрешность положения глубиномера;

– рассчитать технические условия изготовления инструментальной наладки исходя из требований точности к поверке индикатора.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по экспериментально-исследовательской работе должен содержать:

– титульный лист;

– наименование и цель работы;

– кинематическую схему инструментальной наладки для поверки индикаторов часового типа;

– теоретическое и действительное положение поверяемого индикатора и микрометрического глубиномера;

– расчет погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимую инструментальной наладкой;

– анализ влияния погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимой инструментальной наладкой на достоверность поверки;

– расчет погрешности положения глубиномера;

– назначение технических условий изготовления инструментальной наладки исходя из требований точности к поверке индикатора;

– вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы причины возникновения погрешности поверки?
2. Приведите кинематическую схему инструментальной наладки для поверки индикаторов часового типа.
3. Приведите теоретическое и действительное положение поверяемого индикатора и микрометрического глубиномера.
4. Порядок расчёта точности инструментальной наладки для поверки индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм.
5. Расчет погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимую инструментальной наладкой.
6. Анализ влияния погрешности показаний поверяемого индикатора, вносимой инструментальной наладкой на достоверность поверки.
7. Расчет погрешности положения глубиномера.
8. Из каких условий производиться назначение технических условий изготовления инструментальной наладки исходя из требований точности к поверке индикатора?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия. Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.
2. ГОСТ 8.113-85. Государственная система обеспечения единства измерений. Штангенциркули. Методика поверки. Введ. 01.01.1987. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 20 с.
3. ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия. Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 12 с.
4. МИ 782-85. ГСИ. Микрометры с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки. Утв. 13.03.1985. – М.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1985. – 29 с.
5. ГОСТ 11098-75. Скобы с отсчетным устройством. Технические условия. Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 10 с.
6. ГОСТ 8.359-79. Государственная система обеспечения единства измерений. Скобы с отсчетным устройством. Методы и средства поверки. Введ. 01.07.1980. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1979. – 16 с.
7. ГОСТ 4381-87. Микрометры рычажные. Общие технические условия. Введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 15 с.
8. ГОСТ 8.411-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Микрометры рычажные. Методика поверки. Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.
9. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. Введ. 05.02.1968. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 11 с.
10. МИ 2192-92. Рекомендация. ГСИ. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки. Введ. 01.07.1992. – М., 1992. – 16 с.