

**ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО**

---

**Т. П. Литвинович**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Репозиторий Баргу

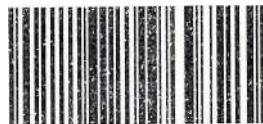
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Т. П. ЛИТВИНОВИЧ**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Практическое руководство  
по выполнению лабораторно-практических работ  
для студентов инженерно-технических специальностей**

Библиотека БарГУ



0002 6597

**Барановичи  
РиО БарГУ  
2014**

УДК 621  
ББК 30.61я77  
Л64

Рекомендовано к печати методической комиссией  
инженерного факультета

Автор

*Т. П. Литвинович*

Рецензенты:

*И. А. Богданович*, кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры оборудования и автоматизации производства (БарГУ);

*М. В. Нерода*, кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры технологии машиностроения (БарГУ)

**Литвинович, Т. П.**

**Л64** Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]:  
практ. рук. по выполнению лаб.-практ. работ для студентов  
инженер.-техн. специальностей / Т. П. Литвинович. — Барановичи :  
РИО БарГУ, 2014. — 80, [4] с. — 62 экз. — ISBN 978-985-498-630-2.

Изложены цели и задачи, организация проведения и последовательность выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Приведены инструкции по выполнению 11 лабораторно-практических работ. В соответствии с действующей учебной программой данный материал может быть использован студентами дневной и заочной форм получения образования.

Табл. 22. Рис. 56.

УДК 621  
ББК 30.61я77

© Литвинович Т. П., 2014  
© БарГУ, 2014

ISBN 978-985-498-630-2

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i> .....	4
Цели и задачи лабораторного практикума .....	5
Организация и руководство лабораторно-практическими работами .....	5
Структура и содержание лабораторно-практических работ .....	6
Лабораторно-практическая работа 1 Основные метрологические характеристики средств измерений .....	7
Лабораторно-практическая работа 2 Измерение радиального и торцового биения тел вращения с помощью измерительных головок .....	11
Лабораторно-практическая работа 3 Плоскопараллельные концевые меры длины .....	18
Лабораторно-практическая работа 4 Контроль и измерение размеров деталей гладких цилиндрических соединений ..	24
Лабораторно-практическая работа 5 Оценка параметров шероховатости поверхностей .....	37
Лабораторно-практическая работа 6 Поверка измерительных средств. Поверка штангенциркулей (ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, ШЦТ-I) .....	45
Лабораторно-практическая работа 7 Контроль и измерение параметров углов призматических элементов и конических соединений .....	51
Лабораторно-практическая работа 8 Контроль и измерение параметров резьбовых соединений .....	56
Лабораторно-практическая работа 9 Контроль и измерение параметров зубчатых колёс .....	61
Лабораторно-практическая работа 10 Контроль и измерение параметров шпоночных соединений .....	72
Лабораторно-практическая работа 11 Контроль и измерение параметров прямобочных шлицевых соединений ..	76
Список использованных источников .....	81

## ВВЕДЕНИЕ

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Метрология имеет большое значение для прогресса естественных и технических наук, так как повышение точности измерений — одно из средств совершенствования путей познания многих явлений, открытий и практического применения точных знаний.

Для обеспечения научно-технического прогресса метрология должна опережать в своём развитии другие области науки и техники, так как для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования.

К основным задачам метрологии относятся:

- установление единиц физических величин и их государственных эталонов;
- создание образцовых средств измерений;
- определение физических постоянных, физических и химических свойств веществ и материалов, а также получение стандартных образцов этих свойств;
- разработка стандартных методов и средств испытания и контроля;
- разработка теории измерений и методов оценки погрешностей;
- надзор за приборостроением и эксплуатацией средств измерений;
- систематические поверки мер и измерительных приборов.

Осуществление указанных задач достигается Государственной системой обеспечения единств измерений. Последняя является нормативно-правовой основой метрологического обеспечения точности измерений, результаты которых используются государственными органами, предприятиями и организациями страны.

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА**

Лабораторно-практическая работа является самостоятельной работой студента, при выполнении которой он выполняет измерения и расчёты необходимых параметров.

Основной целью лабораторного практикума является совершенствование практических навыков студентов при решении различных инженерных задач на основе знаний, полученных при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Выполнение лабораторной работы позволяет судить о степени усвоения студентом теоретического материала по изучаемой дисциплине и его способности применять полученные знания на практике.

## **2 ОРГАНИЗАЦИЯ И РУКОВОДСТВО ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИМИ РАБОТАМИ**

Тематика лабораторно-практических работ рассчитана на проведение занятий фронтальным методом, а при отсутствии необходимого количества лабораторного оборудования группу студентов можно разбивать на звенья. Во втором случае составляется график перемещения по рабочим местам.

При разработке тем лабораторно-практических работ необходимо учитывать специфику подготовки студентов по специальностям («Технология оборудования машиностроительного производства», «Технология машиностроения», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства»).

Преподаватель должен познакомить студентов с правилами техники безопасности при выполнении каждой лабораторно-практической работы. Если работа выполняется с помощью электроприборов, то следует заострить внимание на правилах электробезопасности. Каждый студент должен расписаться в журнале по технике безопасности.

Любая работа только тогда даёт результаты, когда студентам ясна цель предстоящей работы, понятны пути её решения. Студенты должны представлять, в какой связи предлагаемая им работа находится с изучаемым материалом. Поэтому вначале раскрывается цель

работы, определяется план её проведения, даются необходимые конструктивные указания об организации работы, обращении с приборами и оборудованием, о ведении записей, расчётов, подготовке материалов для отчётов.

При выполнении лабораторно-практической работы следует руководствоваться инструкцией. Результаты работы оформляются в виде отчёта на бланке установленной формы или в тетради для лабораторно-практических работ.

Принимая отчёт, преподаватель проверяет знания по устройству прибора или инструмента и умение пользоваться им. При неудовлетворительных ответах работа не может быть зачтена и должна переделаться. При оценке работы должны учитываться, кроме устных ответов, правильность выполнения работы, результаты измерений, точность расчётов, аккуратность оформления отчёта.

После окончания работы студент должен привести в порядок своё рабочее место, протереть чистой тканью используемые приборы и инструменты, смазать их рабочие поверхности и уложить в футляры.

### **3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Каждая лабораторно-практическая работа состоит из трёх частей: теоретической, практической и отчёта.

В лабораторно-практической работе 1 изучаются метрологические характеристики средств измерений, которые необходимо знать при использовании измерительных средств для выполнения измерений. В работах 2, 4, 5, 7 изучаются основные универсальные средства измерений (измерительные головки, штангенциркули, микрометры, угломеры) и технологии измерения. Методика поверки измерительных средств на примере штангенциркулей рассмотрена в лабораторной работе 6. Что такое меры и как ими пользоваться, студенты изучат в работе «Поверка измерительных средств». Годность размеров отдельных деталей и их соединений (зубчатых колёс, резьбовых, шпоночных, шлицевых соединений) рассматривается в лабораторно-практических работах 8—11.

В практической части каждой работы описывается последовательность выполнения работы и даются в связи с этим отдельные указания.

Отчёт по лабораторно-практической работе содержит две (три) таблицы: в одну заносятся метрологические характеристики измерительных средств, во вторую (третью) — расчётные параметры и результаты измерений. Здесь же даются заключения и выводы.

В конце каждой работы предлагаются контрольные вопросы для полной защиты отчёта и список рекомендуемых источников.

## Лабораторно-практическая работа 1

# ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

*Цель* — изучить основные понятия и основные метрологические характеристики универсальных измерительных средств.

*Материально-техническое обеспечение:* ШЦ-I, микрометр гладкий, индикатор (ич) и индикаторные головки.

### Ход работы

#### 1 Изучение основных понятий

Универсальные инструменты и приборы служат для определения числовых значений измеряемой величины, равных отношению последней к единице измерения.

Приборы для линейных и угловых измерений характеризуются следующими метрологическими характеристиками: ценой деления, пределом измерения по шкале, пределом измерения по прибору, измерительным усилием, погрешностью показаний. Для полной характеристики измерительного средства необходимо знать интервал деления шкалы, передаточное отношение, точность отсчёта и нестабильность показаний.

Отсчёт показаний ведётся по *шкале*, которая представляет собой совокупность штрихов и чисел отсчёта, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины.

Расстояние между серединами двух соседних штрихов (отметок) шкалы называется *интервалом деления*.

Большинство приборов имеют равномерную шкалу (постоянная величина по всей длине шкалы). Пневматические приборы имеют неравномерную шкалу (интервалы делений на различных участках

шкалы не равны между собой). Неравномерные шкалы характеризуются коэффициентом неравномерности шкалы (отношение большего деления к наименьшему делению). Интервалы деления шкал измерительных средств выбирают в пределах 0,9...2,5 мм. При таких интервалах обеспечивается наилучший результат глазомерной оценки долей деления, когда указатель (стрелка) располагается между штрихами шкалы. Разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы, называют *ценой деления*. На практике используют три типа шкал, с ценой деления, кратной 1, 2 и 5.

Ширина штрихов шкал выбирается в пределах 0,1...0,2 мм. Разность ширин штрихов в пределах одной шкалы не должна быть больше 0,05 мм. Длина коротких штрихов принимается 2,0...2,5 интервала деления, длинных — 3,0...3,5 интервала. Ширина конца стрелки, располагающегося над штрихами шкалы, не должна быть больше ширины штрихов. Конец стрелки должен перекрывать 0,3...0,8 длины коротких штрихов шкалы.

Значение измеряемой величины, соответствующее всей шкале прибора, называется *пределом измерения по шкале прибора*.

*Предел показаний прибора* — наибольшая или наименьшая величины, которые могут быть измерены прибором.

*Чувствительность прибора* определяется отношением сигнала на выходе прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины. Абсолютную чувствительность прибора  $S$  определяют по формуле  $S = a/C$ , где  $a$  — интервал деления шкалы, мм;  $C$  — цена деления шкалы, мм.

Одной из основных характеристик средств измерения линейных и угловых величин контактным методом является *измерительное усилие* — сила, создаваемая прибором при контакте с изделием и действующая по линии измерения.

Под *точностью измерений* понимают качество измерений, отражающее близость их результатов истинному значению измеряемой величины. При анализе измерений сравнивают истинные значения физических величин с результатом измерений. Отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины называется *погрешностью измерения*.

На погрешность средств измерений большое влияние оказывают условия их применения: температура, давление, влажность, запылённость окружающей среды, механические и акустические вибрации

и др. Условия применения средств измерений, при которых влияющие величины имеют нормальное значение, называются *нормальными условиями*. Нормальные условия для линейных и условных измерений — температура +20°C, атмосферное давление 760 мм рт. ст., относительная влажность 58% и др.

Погрешности средств измерений возникают в результате большого числа факторов, обусловленных их изготовлением, хранением, эксплуатацией и условиями проведения измерений. *Абсолютная погрешность прибора* — разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

*Приведённая погрешность прибора* — отношение абсолютной погрешности к нормируемому значению, за которое принимают значение, равное верхнему пределу измерений, или диапазону измерений, или длине шкалы.

*Основной погрешностью* является погрешность средства измерения, используемого при нормальных условиях; *дополнительной погрешностью* называется измерение действительного значения меры или показания прибора при отклонении одной из влияющих величин за пределы, установленные для нормальной области её значений. Наибольшая погрешность средства измерения, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению, называется *пределом допускаемой погрешности или предельной допускаемой погрешностью*.

*Класс точности средства измерения* — это обобщённая характеристика средства измерения, определяемая пределами допускаемых и дополнительных погрешностей.

При обработке измерений вычисляется средний арифметический размер. При многократных измерениях каждый полученный результат среднеарифметического значения сравнивают со среднеарифметическим значением предыдущего значения. Эти результаты должны быть близкими по величине или постоянными и называются *стабильностью среднего значения*.

## 2 Организация практического процесса

2.1 Изучите назначение и устройство измерительных средств.

2.2 Определите все метрологические характеристики указанных измерительных средств (по заданию преподавателя) и внесите в таблицу 1 отчёта по работе.

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 1

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

#### Лабораторно-практическая работа 1

### ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### Ход работы

1. Записать ключевые слова.
2. Внести в таблицу характеристики средств измерений:

Название измерительного средства	Метрологические характеристики, мм			Сила измерения, $N$
	цена деления	предел измерений по шкале	диапазон показаний шкалы	
Штангенциркуль				—
Микрометр				9
Измерительная головка				5

#### 3. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на контрольные вопросы:

1. Перечислите основные метрологические характеристики средств измерений.
2. Назовите параметры нормальных условий измерений.
3. Что называют ценой деления шкалы, интервалом деления шкалы?

4. Чем отличается предел измерения от интервала деления шкалы?
5. Что такое паралакс?
6. Что такое погрешность измерения и каковы её причины?
7. Как определить стабильность показания измерительного средства?

## 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М.: Академия, 2006. — 384 с.
2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М.: Высш. шк., 2002. — 510 с.
3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск: Оракул, 1995. — 268 с.

### Лабораторно-практическая работа 2

## ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК

*Цель* — освоить навыки работы с измерительными головками при измерении торцового и радиального биения.

*Материально-техническое обеспечение:* измерительные головки (ич, иг), прибор для измерения биения ПБ-500П, образцы деталей.

### Ход работы

#### 1 Изучение основных понятий

*Суммарным отклонением формы и расположения* называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и расположения рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения оцениваются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

Радиальное биение поверхности (ECR, по ГОСТ 24642-81 [8]) (рис. 1) вращения относительно базовой оси является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси.

Торцовое биение (ECA, по ГОСТ 24642-81 [8]) (рис. 2) — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Определяется на заданном или любом диаметре торцевой поверхности.

Биение в заданном направлении — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса.

Полное радиальное биение (ECTR, по ГОСТ 24642-81 [8]) (рис. 3) — разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси.

Полное торцовое биение (ECTA, по ГОСТ 24642-81 [8]) (рис. 4) — разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси.

Допуски радиального и торцового биения всегда имеют положительные значения.

Для контроля изделий на биение применяют приборы ПБ-200П и ПБ-500П (рис. 5). Основанием приборов является станина 1

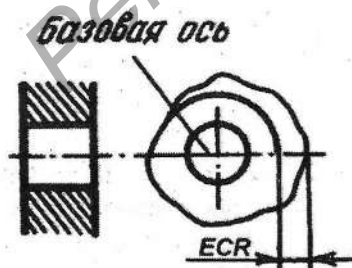


Рисунок 1 — Радиальное биение  
[10, с. 42]

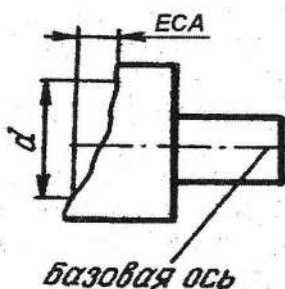


Рисунок 2 — Торцовое биение  
[10, с. 41]

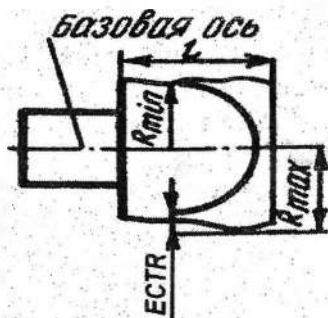


Рисунок 3 — Полное радиальное биение [10, с. 42]

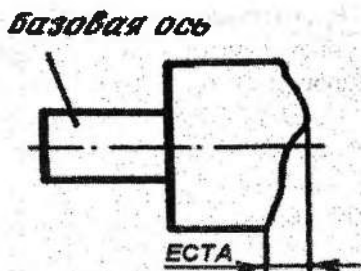


Рисунок 4 — Полное торцовое биение [10, с. 41]

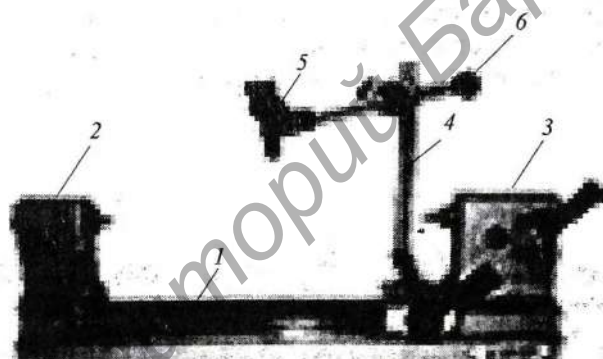


Рисунок 5 — Конструкция прибора ПБ-500П [9]

с направляющими, по которым перемещаются центровые бабки: одна 2 снабжена жестким центром, а другая 3 подвижным центром. В середине направляющих устанавливается стойка 4 с кронштейном, имеющим присоединительную втулку для крепления измерительной головки 5. Для плавного подвода измерительного стержня головки кронштейн имеет микроподачу 6.

Предельная погрешность измерения радиального и торцового биения индикаторами часового типа равна 5...20 мкм, в зависимости от радиуса измеряемой детали и величины хода измерительного стержня индикатора.

В качестве отсчётного устройства применяют индикаторы часового типа (ич) (рис. 6, а). Основанием индикатора служит корпус 9, внутри которого смонтирована рычажно-зубчатая передача (рис. 6, б). На стержне 7 нарезана рейка, движения которой передаются зубчатыми колёсами стрелке 4 (повороты последней отсчитываются по круговой шкале).

Целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале 5. Сотые доли миллиметров отсчитываются по большой шкале 2. При подъёме измерительного наконечника 8 (прямой ход) показания читают по наружным цифрам большой шкалы (увеличение — по часовой стрелке). При опускании измерительного стержня (обратный ход) показания читают по внутренним цифрам большой шкалы (уменьшение — против часовой стрелки).

Перед началом работы индикатор необходимо проверить на постоянство показаний, установив ободом 3 большую стрелку на 0. При этом несколько раз приподнять до упора стержень 1 и опустить до конца. Каждый раз большая стрелка должна занимать первоначальное положение. Разность показаний не должна превышать 0,05 мм.

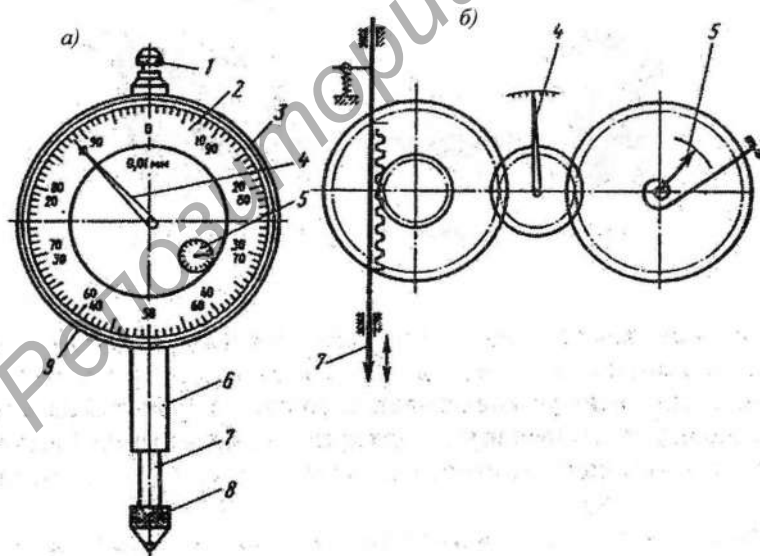


Рисунок 6 — Индикатор часового типа: а — внешний вид, б — принципиальная схема [10, с. 215]

## 2 Организация практического процесса

2.1 Установите вал (рис. 7) между центрами прибора ПБ-500П и закрепите.

2.2 Проверьте индикатор (ич) на постоянство показаний.

2.3 Закрепите индикатор (ич) на индикаторной стойке.

2.4 Индикаторную стойку вместе с индикатором установите на направляющие, чтобы колонка стойки оказалась против середины измеряемого участка *l* измеряемой поверхности вала, и прочно закрепите зажимом стойки.

2.5 Установите индикатор над измеряемой поверхностью *l* и, наблюдая за стрелкой индикатора, медленно поверните рукоятку винта микроподачи до создания контакта измерительного наконечника с поверхностью вала и далее — до поворота большой стрелки индикатора на полный оборот.

2.6 Установите на 0 шкалу индикатора по положению стрелки, для чего плавно поверните ободок с циферблатом до совмещения оси большой стрелки и середины нулевого штриха шкалы.

2.7 Поверните вал вручную медленно от себя до приведения большой стрелки в наименьшее положение и запишите показание в этом положении.

2.8 Продолжайте вращение вала в том же положении до тех пор, пока вал не займёт наибольшее положение (вращать от себя) и запишите показания в этом положении.

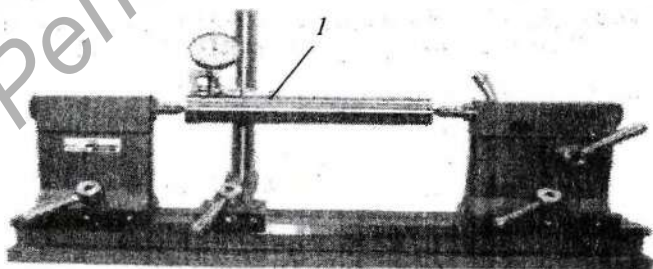


Рисунок 7 — Технология измерения радиального и торцового биения [9]

2.9 Повторите полный оборот вала в центрах, записывая показания в крайних положениях стрелки (наименьшее и наибольшее), сравнивая с показаниями при первом обороте вала. Если эти показания будут расходиться больше чем на одно деление круговой шкалы, то выполните третий оборот с записью показаний.

2.10 Подсчитайте разности показаний в верхних и нижних точках для каждого оборота вала, найдите среднее значение биения и запишите в таблицу 2 отчёта.

2.11 Для измерения полного радиального и полного торцового биения измерения выполните не менее чем в трёх сечениях указанной поверхности вала.

2.12 Прodelайте аналогичные действия с другой указанной наружной радиальной поверхностью.

2.13 Для измерения торцового биения поверните индикатор на  $90^\circ$  так, чтобы наконечник последнего коснулся торцовой поверхности, и нагрузите его на один полный оборот.

2.14 Все действия прodelайте так же, как и с радиальной поверхностью.

2.15 Сравните расчётные значения радиального и торцового биения вала с табличными значениями и дайте заключение о его годности.

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 2

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

#### *Лабораторно-практическая работа 2*

#### **ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ Тел ВРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВOK**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1 Внести характеристики измерительных средств в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал, мм	Диапазон измерения, мм
Индикатор часового типа (ич)	контактный		

2. По заданию преподавателя выполнить эскиз предложенной детали.

3. Выполнить измерения, результаты внести в таблицу:

Биение	Величина допуска по чертежу (ГОСТ 24643-81 [8])	Результаты измерений			Заключение о годности
		1	2	3	
Радиальное биение 1-й ступени					
Полное радиальное биение 1-й ступени					
Радиальное биение 2-й ступени					
Полное радиальное биение 2-й ступени					
Торцовое биение 1-го торца					
Полное торцовое биение 1-го торца					
Торцовое биение 2-го торца					
Полное торцовое биение 2-го торца					

4. Заключение о годности детали.

5. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на контрольные вопросы:

1. Что понимают под биением?

2. Какие причины вызывают радиальное и торцовое биение?

3. С помощью каких приборов можно измерить радиальное и торцовое биение?

4. Что принимают за величину радиального и торцового биения?

5. Что такое полное радиальное и торцовое биение?

6. Как избежать радиального и торцового биения?

## 5. Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

## Лабораторно-практическая работа 3

### ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

*Цель* — изучить назначение, устройство и компетентность применения концевых мер длины.

*Материально-техническое обеспечение:* наборы концевых мер длины, принадлежности к концевым мерам длины, образцы деталей, микрометры (25...50; 50...75; 75...100), регулируемая скоба, индикаторная стойка, индикатор (ич).

#### Ход работы

#### 1 Изучение назначения и устройства концевых мер длины

Плоскопараллельные концевые меры длины предназначены для передачи размеров от эталона единицы длины к изделию, для проверки и градуировки средств измерений, для точных измерений изделий и точной разметки. Выполнены концевые меры длины в виде брусков (плитки) прямоугольного сечения из хромистых закалённых сталей или твёрдого сплава ВК6М.

Основные параметры плоскопараллельных концевых мер длины:

- длина (размер) концевой меры — номинальная и действительная;
- плоскопараллельность измерительных поверхностей концевой меры — равенство расстояний между измерительными поверхностями данной меры в разных местах;
- точность концевой меры — точность длины и отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей;
- притираемость измерительных поверхностей концевых мер — способность плиток сцепляться друг с другом при смещении в прижатом состоянии.

Рабочим размером концевой меры является длина  $L$  перпендикуляра АВ (рис. 1), опущенного из какой-либо точки измерительной поверхности на противоположную поверхность. Длина концевой меры характеризуется её отклонением от номинального размера и отклонением от плоскопараллельности.

По точности изготовления стандартом [6] установлено 4 класса концевых мер: 0, 1, 2, 3 — и два дополнительных класса 4 и 5 (для мер, находящихся в эксплуатации). По точности аттестации различают пять разрядов — 1, 2, 3, 4, 5.

Класс точности концевых мер определяется точностью их изготовления: величиной отклонения срединной длины мер от номинального размера, отклонения их от плоскопараллельности и качеством притираемости. Класс набора концевых мер определяется нижшим классом отдельной меры, входящей в набор.

Разряд концевых мер определяется точностью их аттестации, т. е. погрешностью действительного значения срединной длины мер, а также их состоянием: отклонением от плоскопараллельности и качеством притираемости.

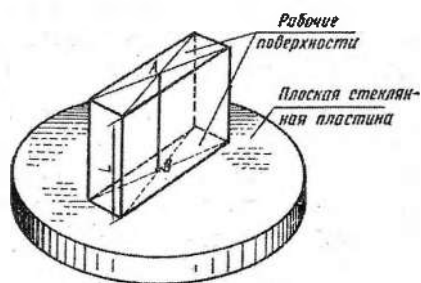


Рисунок 1 — Длина концевой меры [10, с. 146]

Концевые меры комплектуются в наборы, обеспечивающие возможность получения блока (соединения) концевых мер любого (в пределах определённого диапазона) размера до третьего десятичного знака. Наибольшее распространение в машиностроении получили наборы № 1 (87 мер), № 2 (42 меры) и № 3 (116 мер). В каждый блок входят две пары дополнительных — защитных мер с номинальным размером 1 и 1,5 (или 2) мм. Защитные меры притираются по концам блока одной и той же стороной (маркировкой наружу) и служат для предохранения основных мер набора от износа и повреждения.

Защитные меры для отличия от основных мер набора имеют срезанный угол и дополнительную буквенную маркировку при внесении в аттестат.

Возможности указанных выше наборов могут быть расширены за счёт совместного их использования с дополнительными наборами из 10 мер с градацией размеров в 0,001 мм или наборов больших мер с градацией размеров 25...100 мм.

Блок концевых мер образуется путём притирания последних (после их обезжиривания) друг к другу. Притираемость концевых мер состоит в способности пластин сцепляться при надвигании одной на другую. Явление притираемости объясняется молекулярным притяжением в присутствии тончайших слоёв смазки. Плёнка смазки, толщина которой приблизительно равна 0,02 мм, остаётся на пластинах после промывки их в бензине. Полное удаление смазки ведёт к уменьшению силы сцепляемости мер.

В целях повышения удобства и расширения области применения при эксплуатации концевых мер длины применяют специальные принадлежности к этим мерам в виде наборов измерительных, разметочных и наборов для концевых мер с отверстиями. В зависимости от назначения наборы укомплектовываются державками, боковиками (плоскими, радиусными, чертильными, центровыми) (рис. 2).

Державки 1 предназначены для крепления блоков концевых мер с боковиками в целях проверки размеров и разметки в диапазоне — 0...80; 60...160; 160...320 мм.

Боковики 2 бывают различной формы и имеют своё назначение. Плоскопараллельные служат для наружных измерений, радиусные — для внутренних измерений с размерами 2, 5, 10 и 15 мм; чертильный 3 и центровой 4 боковики служат для разметочных работ; основание 5 предназначено для установки мер на плиту.

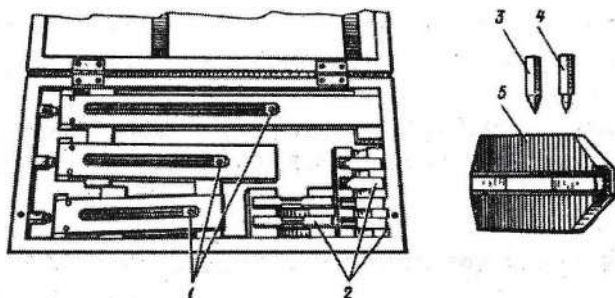


Рисунок 2 — Принадлежности к концевым мерам [10, с. 147]

## 2 Изучение последовательности составления концевых мер в блоке

Максимальное количество плиток не должно превышать 4-5 штук, так как в противном случае увеличивается погрешность размера. При расчёте учитывают имеющиеся в наборе размеры плоскопараллельных мер длины. Первой мерой берут ту, которая по нескольким (или одной) последним цифрам совпадает с размером блока. Затем из размера блока вычитают размер выбранной меры и берут вторую меру, совпадающую по нескольким (или одной) последним цифрам с остатком. Дальнейший расчёт осуществляется в такой же последовательности.

*Пример.* Составить блок концевых мер длиной 46,385 мм из набора № 2 (42 меры).

1-я мера — 1,005 мм;

остаток — 45,380 мм;

2-я мера — 1,08 мм;

остаток — 44,3 мм;

3-я мера — 1,3 мм;

остаток — 43 мм;

4-я мера — 3 мм;

остаток — 40 мм;

5-я мера — 40 мм.

*Проверка:*  $1,005 + 1,08 + 1,3 + 3 + 40 = 46,385$  мм

Достать из набора выбранные плитки и обезжирить авиационным очищенным керосином или бензином, а также протереть насухо мягкой сухой тканью.

Сопрягаются (притираются) плитки между собой блестящими поверхностями и устанавливаются в державку между боковиками.

### **3 Организация практического процесса**

3.1 Изучите состав набора концевых мер длины и заполните в отчёте таблицу 1.

3.2 Составьте блок концевых мер длиной (по заданию преподавателя).

3.3 Проверьте размер наружный (внутренний) детали (по заданию преподавателя).

3.4 Настройте регулируемую скобу на размер (по заданию преподавателя).

3.5 Проверьте установку микрометра на 0 (по заданию преподавателя).

3.6 Определите действительный размер детали (по заданию преподавателя).

Все измерения и расчёты внесите в таблицу 2 отчёта.

### **4 Отчёт по лабораторно-практической работе 3**

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 3*

#### ***ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ (КМД)***

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1. Внести характеристики набора концевых мер длины (КМД) в таблицу:

Название меры	№ набора	Класс точности	Количество штук	Минимальный размер плитки	Максимальный размер плитки

2. Произвести измерения и расчёты, результаты внести в таблицу:

Название задания	Заданный размер	Расчётная длина блока концевых мер
Составить блок концевых мер		
Проверить размер		
Настроить регулируемую скобу на размер		
Проверить установку микрометра на 0		
Определить размер детали		

3. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

## 5 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на контрольные вопросы:

1. Что представляют собой КМД?
2. Для чего они предназначены?
3. Как определяется точность изготовления КМД?
4. Сколько плиток должно быть в блоке и почему?
5. Как пользоваться плитками при работе?
6. По заданию преподавателя составьте блок из КМД.

## 6 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

## Лабораторно-практическая работа 4

### КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Цель* — изучить назначение и устройство универсальных контрольно-измерительных средств и освоить методы измерения наружных и внутренних размеров гладких поверхностей.

*Материально-техническое обеспечение:* инструкции; ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III; микрометры гладкие 0...25; 25...50 мм; индикаторный нутромер 0...50 мм, микрометрический нутромер 0...50 мм; образцы деталей.

#### Ход работы

#### 1 Изучение назначения и устройства универсальных средств измерения для гладких наружных и внутренних поверхностей

*Штангенциркули.* Предназначены для измерения размеров наружных и внутренних поверхностей, высоты уступов, глубины отверстий и пазов. К ним относятся: штангенциркули, штангенрейсмусы, штангенглубиномеры, штангензубомеры.

Штангенциркули. Основными частями устройства всех штангенциркулей (ШЦ) (рис. 1) являются штанга с основной шкалой 5, рамка 3 с нониусом 7, зажим 2, пластина 4, линейка глубиномера 6, губки для наружных измерений 8 и губки для измерения внутренних размеров 1.

Все штангенциркули делятся на шесть типов:

1) ШЦ-I (см. рис. 1) — для измерения наружных, внутренних поверхностей, высоты уступов, глубины отверстий, пазов и углублений;

2) ШЦ-II (рис. 2) — вместо нониуса имеется отсчётная головка, которая перемещается вместе с рамкой;

3) ШЦГ-I (рис. 3) — губки для измерения внутренних размеров отсутствуют, а губки для наружных поверхностей оснащены пластинками из твёрдого сплава для повышения износостойкости;

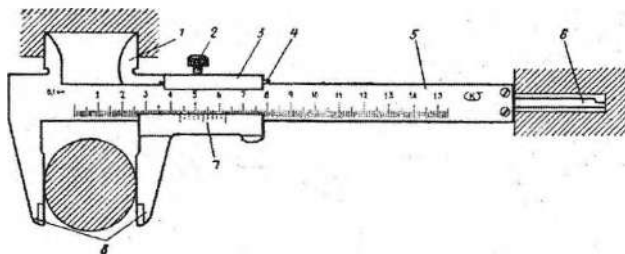


Рисунок 1 — Штангенциркуль ШЦ-I [10, с. 152]

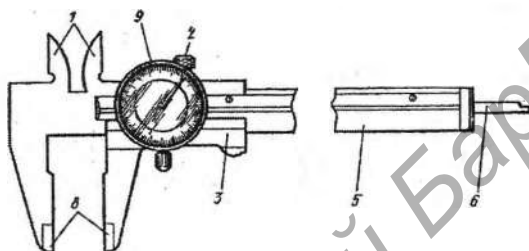


Рисунок 2 — Штангенциркуль ШЦ-III (модель со стрелочной индикацией): 1 — губки для внутренних измерений, 2 — зажим, 3 — рамка, 5 — штанга, 6 — линейка глубиномера, 7 — нониус, 8 — губки для наружных измерений, 9 — отсчетное устройство [10, с. 153]

4) ШЦ-II (рис. 4) — для измерения наружных, внутренних размеров и для разметки;

5) ШЦ-III (рис. 5) — для измерения наружных и внутренних поверхностей;

6) ШЦ-IIIЭ (рис. 6) — с электронным табло.

Метрологические характеристики:

— цена деления на нониусе — 0,10; 0,01; 0,02; 0,05 мм;

— пределы измерений: ШЦ-I, ШЦ-III, ШЦТ-I, ШЦ-IIIЭ — 0...120; 0...125; ШЦ-II — 0...200; 0...250; ШЦ-III — 0...160; 0...400; 0...1 000 мм.

*Микрометрические инструменты.* Предназначены для измерения размеров наружных

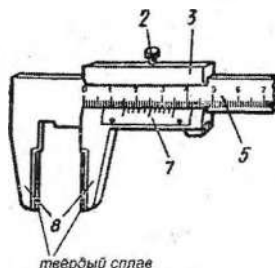


Рисунок 3 — Штангенциркуль ШЦТ-I (с губками, оснащёнными твёрдым сплавом): 2 — зажим, 3 — рамка, 5 — штанга, 7 — нониус, 8 — губки для наружных измерений [10, с. 153]

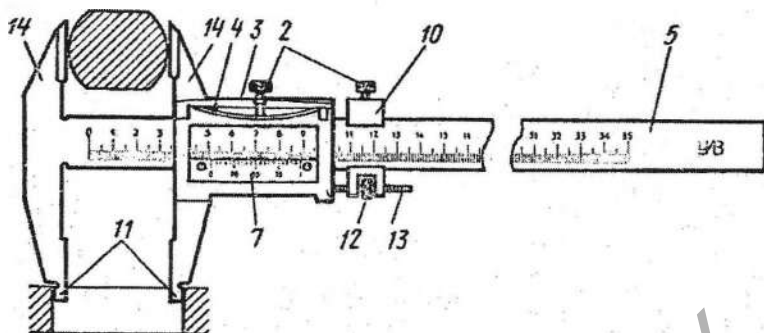


Рисунок 4 — Штангенциркуль ШЦ-II: 2 — зажимы, 3 — рамка, 4 — плоская пружина, 5 — штанга, 7 — нониус, 10 — рамка микроподачи, 11 — губки для наружных и внутренних измерений, 12 — гайка микроподачи, 13 — винт микроподачи, 14 — губки для плоскостной разметки и наружных измерений [10, с 154]

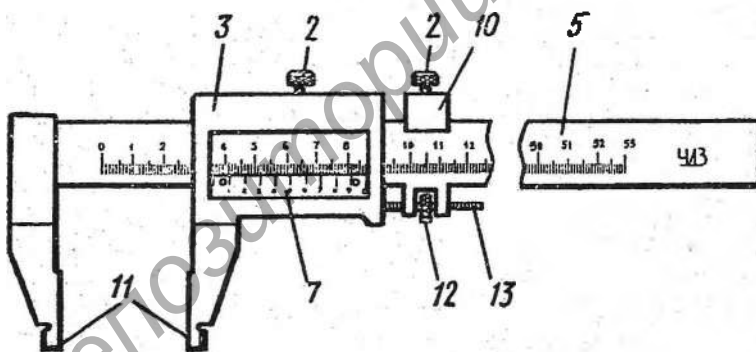


Рисунок 5 — Штангенциркуль ШЦ-III: 2 — зажимы, 3 — рамка, 5 — штанга, 7 — нониус, 10 — рамка микроподачи, 11 — губки для наружных и внутренних измерений, 12 — гайка микроподачи, 13 — винт микроподачи [10, с. 154]

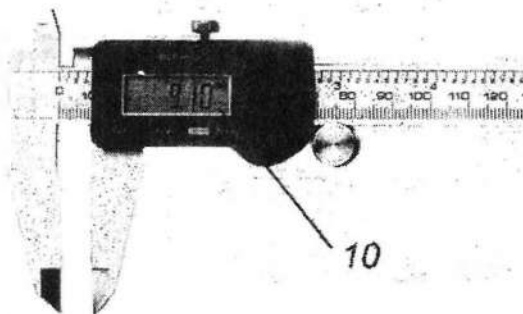


Рисунок 6 — Штангенциркуль ШЦ-1Э (модель с электронным цифровым отсчётом): 10 — электронное табло [10, с. 154]

гладких и резьбовых поверхностей. К ним относятся: микрометры гладкие, резьбовые микрометры со вставками, микрометрические глубиномеры, микрометрические нутромеры. Микрометры выпускают следующих типов:

- 1) МК (рис. 7) — для измерения наружных гладких поверхностей;
- 2) МВП (рис. 8) — для измерения деталей из мягких материалов;
- 3) МЛ (рис. 9) — микрометры с циферблатом, для измерения толщины листов и лент;
- 4) МТ (рис. 10) — для измерения толщины стенок труб;
- 5) МН (рис. 11) — настольные (вертикальные и горизонтальные) микрометры;
- 6) МВМ — для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых и трубных резьб;
- 7) МЗ — микрометры для измерения длины общей нормали зубчатых колёс;
- 8) МЭ (рис. 12) — микрометры с электронным отсчётом.

Гладкие микрометры (см. рис. 7) состоят из скобы 8, на одном конце которой запрессована неподвижная пятка 1. На другом конце скобы (внутри её) в продольном направлении перемещается микрометрический винт 3, на котором крепится стебель 4 с основной шкалой. Вдоль основной шкалы стебля перемещается барабан 5 с дополнительной круговой шкалой. Микрометрический винт перемещается с помощью трещотки 6 и стопорится зажимным винтом. Все микрометры (кроме микрометра с пределом измерения 0...25 мм) укомплектовываются установочной мерой 2.



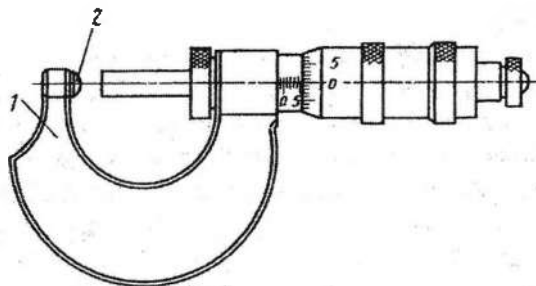


Рисунок 10 — Микрометр трубный МТ: 1 — скоба, 2 — пятка [10, с. 162]

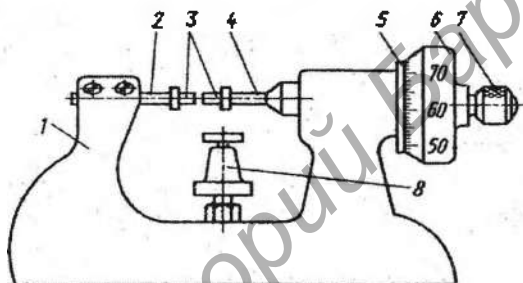


Рисунок 11 — Микрометр настольный МН: 1 — корпус, 2 — пятка, 3 — измерительные стержни, 4 — микровинт, 5 — стебель, 6 — барабан, 7 — трешотка [10, с. 162]



Рисунок 12 — Микрометр с электронным отсчётом МЭ [10, с. 163]

Метрологические характеристики:

- цена деления на барабане — 0,01; 0,001 мм;
- пределы измерений — 0...25; 25...50; 50...75; 75...100; 500...600 мм.

Пределы измерений микрометров зависят от размера скобы.

*Подготовка к работе штангенциркулей и микрометров:*

1. Сухой мягкой тканью протереть все поверхности инструментов.
2. Инструмент удерживается в руке или закрепляется на подставке (для микрометров).

3. Совместить подвижную часть инструмента с неподвижной пяткой (микрометр совмещают с помощью трещотки до трёх щелчков на звук) и проверить на «просвет» совпадение первых штрихов основной и дополнительной шкалы (нониуса — для ШЦ).

*Последовательность измерений:*

1. Деталь удерживать в руке или закрепить в приспособлении.
2. При измерении наружных размеров подвижную часть инструмента отвести немного больше измеряемого размера, а для внутренних размеров подвижную часть инструмента (ШЦ) установить немного меньше измеряемого размера.

3. Подвести рамку (ШЦ) или микрометрический винт (МК) до касания с измеряемой поверхностью (для микрометра — услышать три щелчка).

4. Прочувствовать измерительное усилие, закрепить зажимные винты и прочесть показание.

*Порядок отсчёта:*

1. Целое число и половину миллиметра (для микрометров) отсчитывают по основной шкале.

2. Десятые и сотые доли миллиметра отсчитывают по нониусу (ШЦ) или круговой шкале барабана (МК).

3. При нулевом показании штангенинструментов (когда совпадают нулевые штрихи штанги и нониуса) штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха штанги на расстоянии, равном величине отсчёта (0,1; 0,01; 0,02; 0,05 мм), умноженной на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого. Дробная величина (десятые или сотые доли) определяется умножением величины отсчёта (0,1; 0,01; 0,02 или 0,05 мм) на порядковый номер нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги (рис. 13 и 14).

4. Целое число и половину миллиметра на микрометре отсчитывают по шкале стебля микрометра. Сотые доли отсчитывают

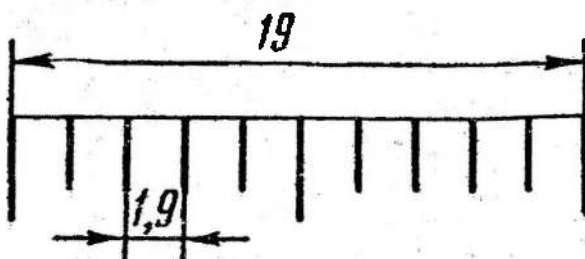


Рисунок 13 — Шкала нониуса с величиной отсчёта 0,1 мм [10, с. 157]

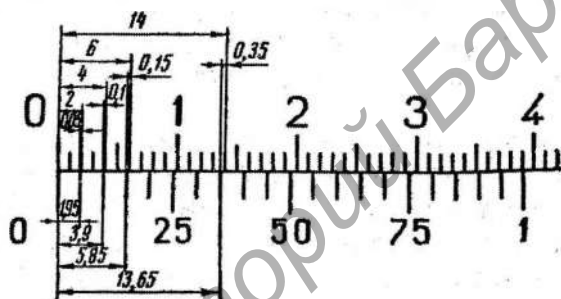


Рисунок 14 — Шкала нониуса с величиной отсчёта 0,05 мм [10, с. 157]

по круговой шкале барабана, которая имеет 50 делений (при шаге винта  $P$ , равном 0,5 мм). Тогда цена деления  $i$  на шкале барабана равна

$$i = \frac{P}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм,}$$

где  $n$  — число делений на барабане.

При одном полном обороте барабана микровинт перемещается на одно деление основной шкалы (рис. 15).

*Микрометрический нутромер (штансмакс)* (рис. 16) предназначен для измерения внутренних размеров; состоит из измерительной головки 2 и двух измерительных наконечников 1. На правом конце измерительной головки закреплён один наконечник, а на левом конце имеется резьбовое

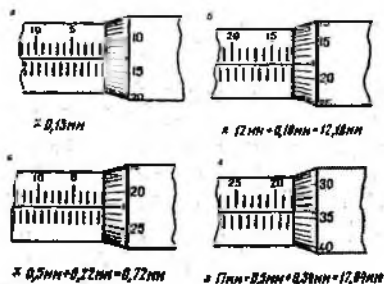


Рисунок 15 — Примеры чтения показаний [10, с. 164]

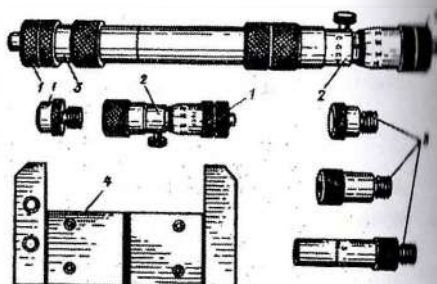


Рисунок 16 — Микрометрический нутромер [10, с. 166]

отверстие для крепления удлинителей 3 или другого наконечника. Нутромер имеет такую же основную и круговую шкалу, как и микрометр. Микрометрическая головка устанавливается на 0 по установочной мере 4 (рис. 17).

Предназначены микрометрические нутромеры для измерения размеров внутренних поверхностей и отклонений формы деталей (рис. 18).

При выборе удлинителей от проверяемого размера отнимают нижний предел измерения. Затем выбирают удлинители по размерам, обеспечивающим их наименьшее количество (от большего к меньшему). Сумма нижнего предела измерения измерительной головки с наконечником и удлинителем должна быть меньше требуемого размера, но не более чем на разность между пределами измерения микрометрической головки (рис. 19).

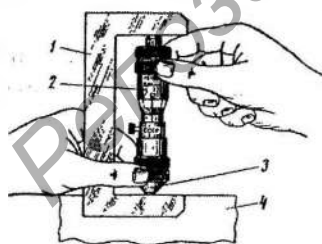


Рисунок 17 — Проверка нулевого положения микрометрического нутромера: 1 — установочная мера, 2 — микрометрическая головка, 3 — наконечник, 4 — поверочная плита [10, с. 166]

Метрологические характеристики:

- цена деления на барабане — 0,01 мм;
- пределы измерения — 50...75; 75...175; 75...600; 150...1 250...4 000... 10 000 мм.

Индикаторные нутромеры применяются для измерения внутренних размеров деталей относительным способом, а также для контроля овальности и конусообразности цилиндрических отверстий.

Все нутромеры состоят из двух частей: измерительной и индикаторной головки (рис. 20, а).



а)



б)

Рисунок 18 — Технология измерения микрометрическим нутромером: а — установка нутромера относительно диаметральной плоскости отверстия; б — измерение диаметра отверстия [10, с. 167]



Рисунок 19 — Выбор удлинителей и чтение показаний [1, с. 167]

Индикаторная головка б устанавливается в корпус теплоизоляционной трубки 2 и зажимается винтом 1. Измерительный наконечник головки связывается со штоком при помощи пружины 3. Центрирующий мостик 4 предназначен для установки нутромера в диаметральной плоскости отверстия.

В большинстве случаев индикаторные нутромеры имеют два стержня (рис. 20, б): подвижный 1 и неподвижный б. Неподвижный стержень соединяется с корпусом 5 нутромера и стопорится контргайкой 7.

В шариковых нутромерах (рис. 20, в) измерительные шарики б и 7, заменяющие измерительные стержни, давят на шток 2 и вызывают его перемещение, которое передаётся наконечнику головки 4.

В нутромерах для измерений отверстий большого диаметра (рис. 20, г) применяют клиновые или рычажные передачи от подвижного измерительного стержня 1 к штоку, проходящему внутри корпуса. Метрологические показатели:

- цена деления индикаторных головок — 0,002; 0,001; 0,01 мм;
- пределы измерения — 6...10; 10...18; 18...50; 50...100; 100...160 ... 700...1 000 мм.

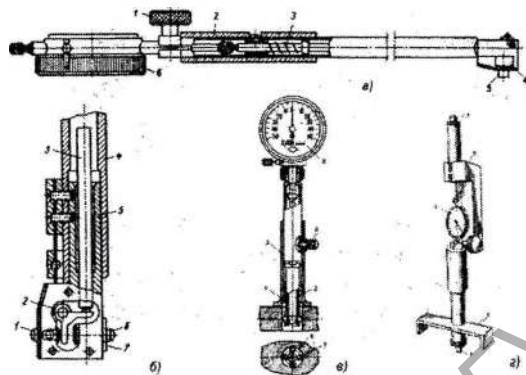


Рисунок 20 — Индикаторный нутромер: а — общий вид: 1 — зажимной винт, 2 — теплоизоляционная трубка, 3 — пружина, 4 — центрирующий мостик, 5 — подвижный стержень, 6 — измерительная головка; б — схема передачи движения штоку: 1 — подвижный стержень, 2 — рычаг, 3 — шток, 4 — трубка, 5 — корпус, 6 — неподвижный стержень, 7 — контргайка; в — индикаторный нутромер модели 104: 1 — измерительная вставка, 2 — шток, 3 — упор, 4 — зажимной винт, 5 — измерительная головка, 6, 7 — шарики; г — индикаторный нутромер модели 109: 1 — подвижный измерительный стержень, 2 — индикатор часового типа, 3 — неподвижный измерительный стержень, 4 — центрирующий мостик, 5 — корпус [10, с. 220]

## 2 Организация практического процесса

### 2.1 Подготовка к работе.

2.1.1 В зависимости от диаметра измеряемого отверстия выберите наконечник и закрепите его в корпусе нутромера (рис. 21, а).

2.1.2 По микрометру (рис. 21, б), аттестованному кольцу (рис. 21, в) или по блоку концевых мер (рис. 21, г) установите размер для настройки нутромера.

2.1.3 Окончательно установите неподвижный измерительный стержень и затяните ключом.

2.1.4 Поверните обод измерительной головки до совпадения большой стрелки с нулём большого циферблата.

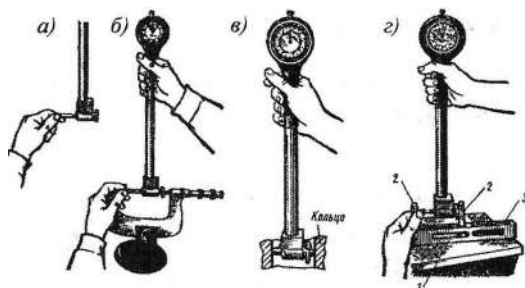


Рисунок 21 — Подготовка индикаторного нутромера к работе: а — установка сменного стержня; б — проверка размера по микрометру; в — проверка размера по аттестованному кольцу; г — установка размера по блоку концевых мер (1 — блок концевых мер, 2 — боковики, 3 — державка) [10, с. 221]

## 2.2 Последовательность измерений.

2.2.1 Отведите центрирующий мостик и введите нутромер в отверстие (рис. 22).

2.2.2 Совместите измерительные стержни с диаметральной плоскостью отверстия, т. е. совместите линию измерения с диаметром отверстия в осевой плоскости. Покачайте нутромер в осевой плоскости до получения минимальных показаний.

2.2.3 Определите отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер.

Чтение показаний: положительные отклонения, полученные при прямом ходе большой стрелки, отнимают от установленного размера, а отрицательные (полученные против часовой стрелки) — к нему прибавляют.

### 2.3 Задание.

2.3.1 Выполните чертёж указанной детали и нанесите на него размеры.

2.3.2 Проверьте все указанные размеры с помощью универсальных измерительных средств.

2.3.3 Все размеры внесите в таблицу 2 отчёта.

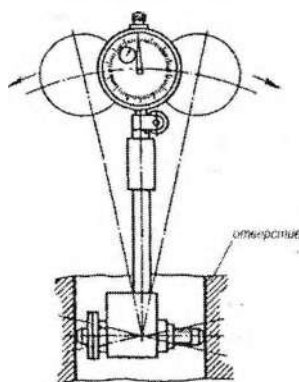


Рисунок 22 — Технология измерения внутренних размеров деталей индикаторным нутромером [10, с. 221]

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 4

Результаты лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

#### Лабораторно-практическая работа 4

### КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### Ход работы

1. Внести характеристики измерительных средств в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал, мм	Диапазон измерения
Штангенциркуль	контактный		
Штангенциркуль	контактный		
Микрометр	контактный		
Индикатор часового типа (ич)	контактный		

2. Провести измерения и результаты внести в таблицу:

Название измерительного средства	Номинальный размер, мм	Действительный размер, мм	Величина отклонения формы, мм
Штангенциркуль (ШЦ I)			—
Штангенциркуль (ШЦ III)			—
Микрометр (...)			Овальности, цилиндричности
Нутромер (...)			Овальности, конусообразности

*Примечание.* Величина овальности и цилиндричности определяется формулой

$$\Delta_{\text{кон}} = \Delta_{\text{ов}} = \Delta_{\text{цил.}} = \frac{d_{\text{max}}(D_{\text{max}}) - d_{\text{min}}(D_{\text{min}})}{2}$$

3. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы:**

1. Что относится к универсальным средствам измерения?
2. Перечислите типы штангенциркулей и расскажите об их назначении.
3. Назовите основные метрологические характеристики штангенциркулей.
4. Расскажите о технике измерения штангенциркулем.
5. Для каких целей предназначены микрометры?
6. Как отсчитывают показания по микрометру?
7. Для каких целей предназначены нутромеры?
8. Как настраивают нутромеры?
9. Покажите технологию измерения отклонений формы и размеров цилиндрических отверстий.

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.
2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.
3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

#### Лабораторно-практическая работа 5

### ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Цель работы* — изучить назначение и устройство контрольно-измерительных приборов и методов измерения параметров шероховатости поверхностей.

*Материально-техническое обеспечение:* профилограф-профилометр «АБРИС-ПМ7», образцы шероховатости, образцы деталей.

## Ход работы

### 1 Изучение назначения и основных технических характеристик профилографа-профилометра «АБРИС ПМ-7»

#### 1.1 Назначение прибора

Профилограф-профилометр «АБРИС-ПМ7» предназначен для измерения шероховатости и записи профиля поверхностей изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию, в любом пространственном положении, в лабораторных и цеховых условиях машиностроительных и приборостроительных предприятий самостоятельно или в комплексе с персональным компьютером.

Измерение параметров шероховатости поверхности проводится по системе средней линии.

#### 1.2 Технические характеристики профилометра «АБРИС-ПМ7»

• Измеряемые параметры шероховатости при использовании прибора в качестве:

а) профилографа-профилометра —  $R_a, R_z, R_{max}, S_i, S_{mi}, t_p$ ;

б) профилометра —  $R_a, R_z, R_{max}$ .

• Вид отсчёта результатов измерения — цифровой.

• Вид регистраций результатов измерения при использовании прибора в качестве профилографа-профилометра в прямоугольной системе координат с результатами расчёта параметров шероховатости на мониторе и на бумаге.

• Форма измеряемых поверхностей — плоские, цилиндрические, конические и другие поверхности, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

• Наибольшая глубина измеряемого отверстия — 20 мм.

• Минимальный диаметр измеряемого отверстия — 6 мм на глубине 20 мм.

• Принцип действия — контактный.

- Метод измерения — непосредственной оценки.
- Диапазон измерений по параметрам на базовых длинах — 0,25; 0,8 и 2,5 мм.
- Минимальная/максимальная длина трассы ошупывания — 0,25/7,5 мм.
- Скорость перемещения щупа при рабочем ходе —  $1 \pm 0,05$  мм / с.
- Радиус кривизны вершины щупа — 10 мкм.
- Номинальные значения увеличений профилографа:
  - а) вертикальные — 200, 500, 1 000, 2 000, 5 000, 10 000, 20 000, 50 000, 100 000;
  - б) горизонтальные и основные — 20, 50, 100, 200, 500;
  - г) дополнительные — умножением основных на 2, 4.

### 1.3 Устройство и работа

Действие профилографа-профилометра основано на ошупывании неровностей измеряемой поверхности алмазной иглой и преобразовании колебаний щупа датчика в колебания электрического напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Колебания напряжения обрабатываются в отсчётном устройстве или персональном компьютере по специальной программе, и результат обработки выводится в цифровом виде на индикатор отсчётного устройства или в цифровом и графическом виде — на экран монитора персонального компьютера. На рисунке 1 представлена структурная схема профилографа-профилометра.

Основу профилометра-профилографа составляют первичный преобразователь и отсчётное устройство, которые настраиваются совместно и обеспечивают необходимую точность измерения параметров шероховатости.

Первичный преобразователь предназначен для перемещения с постоянной скоростью относительно измеряемой поверхности измерительного механизма и преобразования линейных колебаний иглы, воспроизводящей неровности измеряемой поверхности в колебания электрического напряжения.

Адаптер питания предназначен для питания стабилизированным постоянным напряжением 3В отсчётного устройства и первичного преобразователя. Адаптер питания подключается к отсчётному устройству с помощью соединительного шнура через гнездо на переднем торце корпуса.

Структурная схема прибора

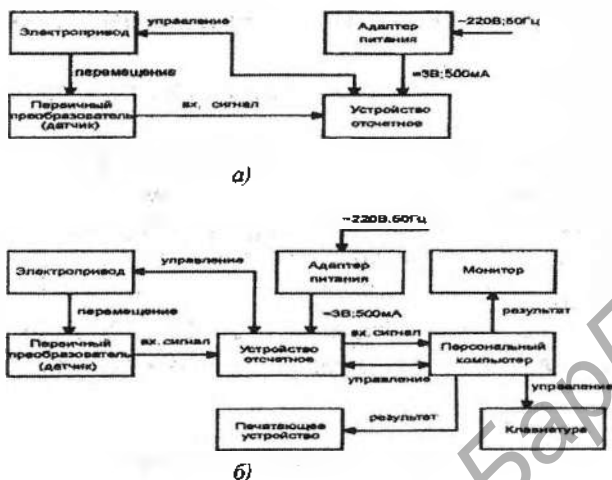


Рисунок 1 — Структурная схема прибора «АБРИС-ПМ7»: а— при работе в качестве профилометра; б — при работе в качестве профилографа-профилометра [11, с. 7]

Отсчётное устройство предназначено для усиления и преобразования сигнала с первичного преобразователя, управления электроприводом, вычисления параметров шероховатости измеряемой поверхности с выдачей результатов измерений на устройство цифровой индикации. На передней панели отсчётного устройства (рис. 2) расположены:

- а) кнопка 6 для выполнения функций:
  - запуска измерения шероховатости с движением щупа;
  - запуска измерения шероховатости без движения щупа;
- б) переключатель 2 — выбирает измеряемый параметр шероховатости;
- в) переключатель 3 — задаёт базовую длину;
- г) переключатель 4 — задаёт количество базовых длин на трассе ощупывания (длину трассы ощупывания);
- д) индикатор 1 — отображает в цифровом виде значения измеряемых параметров;
- е) переключатель 12 — изменяет род работы (в верхнем положении — профилометр (управление с отсчётного устройства), в нижнем положении — профилограф-профилометр (управление с клавиатуры персонального компьютера));



Рисунок 2 — Отсчётное устройство прибора «АБРИС-ПМ7» [11, с. 13]

ж) переключатель 5 — изменяет род питания (в верхнем положении осуществляется питание от сетевого адаптера, а в нижнем — от батареи).

С задней стороны отсчётного устройства имеется доступ к элементу подстройки показаний прибора.

Профилограф-профилометр «АБРИС-ПМ7» устанавливается на приборной стойке (рис. 3) для придания ему пространственного положения при измерениях, создания измерительного усилия, а также для установки измеряемых деталей в лабораторных и цеховых условиях предприятий.

Стойка в сборе состоит из основания 4, вертикальной направляющей 5, ползуна 7 с установленными на нём механизмами вертикального перемещения и поворота в вертикальной плоскости первичного преобразователя профилометра.

На основании 1 в поперечный паз 2 установлено и зафиксировано гайкой 3 основание 4. По цилиндрической вертикальной направляющей 5 перемещается ползун 7 и фиксируется гайкой 6 с установленным на держателе 8 и закреплённым двумя винтами 9 первичным преобразователем 10 профилометра.

Плавное перемещение первичного преобразователя в вертикальном положении для подвода его к измеряемой поверхности и создания измерительного усилия осуществляется винтом 11 при ослабленной гайке 12.

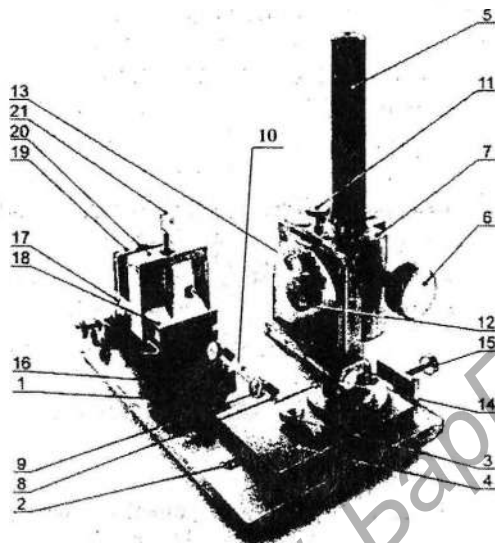


Рисунок 3 — Общий вид прибора «АБРИС-ПМ7»  
[11, с. 4]

Поворот первичного преобразователя на угол  $45^\circ$  в обе стороны от среднего положения производится вручную при ослабленном винте 13, а плавный поворот для придания параллельности движения щупа первичного преобразователя измеряемой поверхности — винтом 14 при ослабленной гайке 12.

Перемещение стойки в сборе в поперечном направлении для установки щупа преобразователя на образующую измеряемой цилиндрической поверхности или для измерения трассы плоской поверхности осуществляется винтом 15 при ослабленной гайке 3.

Призма в сборе состоит из основания 16, горизонтальной призмы 17, пластины 18 с установленной на ней вертикальной призмой 19, зажимной скобы 20 с винтом 21. Призма служит для крепления измеряемых деталей.

## 2 Организация практического процесса

2.1 Выберите деталь с обработанной поверхностью.

2.2 Установите первичный преобразователь профилометра «АБРИС-ПМ7» на измеряемую поверхность.

2.3 Придайте первичному преобразователю такое положение, чтобы траектория щупа была параллельна измеряемой поверхности.

2.4 Включите профилометр, подведите щуп первичного преобразователя к измеряемой поверхности так, чтобы опора щупа слегка касалась её (до загорания индикатора) на профилометре.

2.5 Произведите измерения шероховатости по параметрам  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  на базовых длинах 0,25; 0,8; 2,5 мм.

2.6 Если во время работы лампочка гаснет, это означает, что траектория движения щупа не параллельна измеряемой поверхности, а в этом случае необходимо выполнить корректировку положения преобразователя относительно измеряемой поверхности.

2.7 Сравните высоту микронеровностей на измеряемых поверхностях с размером шероховатости по образцам шероховатости (визуально).

2.8 Результаты измерений внесите в таблицу измерений.

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 5

Результаты лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

#### *Лабораторно-практическая работа 5*

#### **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1. Технические характеристики профилометра «АБРИС-ПМ7»:

- измеряемые параметры шероховатости при использовании прибора в качестве профилометра —  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ;
- вид отсчёта результатов измерения — цифровой;
- форма измеряемых поверхностей — плоская;
- принцип действия — контактный;
- метод измерения — непосредственной оценки;
- диапазон измерений по параметрам на базовых длинах — 0,25; 0,8 и 2,5 мм;
- минимальная/максимальная длина трассы оцупывания — 0,25/7,5 мм;
- скорость перемещения щупа при рабочем ходе —  $1 \pm 0,05$  мм / с;
- радиус кривизны вершины щупа — 10 мкм.

## 2. Внесение результатов измерения в таблицу:

Базовая длина, мм	$R_z$ , мкм	$R_a$ , мкм	$R_{\max}$ , мкм	$R_q$ , мкм (по образцам шероховатости)

## 3. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

## 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Что понимают под шероховатостью?
2. В каких единицах измеряется шероховатость?
3. Чем отличается шероховатость от волнистости?
4. Как оценивается шероховатость?
5. Перечислите параметры шероховатости.
6. Что является причиной образования шероховатости?
7. Как уменьшить величину шероховатости?
8. Как обозначается шероховатость на чертежах?

## 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Профилограф-профилометр АБРИС ПМ7 : ПМ7.00.00.000.РЭ : рук. по эксплуатации. — [Б. м.] : Абрис, 2005. — 40 с.

4. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

5. Стойка приборная для профилографа-профилометра АБРИС-ПМ7 : модель С2-200 : С2.00.00.000 РЭ : рук. по эксплуатации. — [Б. м.] : Абрис, 2005. — 11 с.

## Лабораторно-практическая работа 6

# ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ. ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЕЙ (ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, ШЦТ-I)

*Цель* — изучить основы теории и освоить методы поверки измерительных средств.

*Материально-техническое обеспечение:* ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, ШЦТ-I; линейка металлическая измерительная ГОСТ 427-75 150 мм; профилограф или профилометр; образцы шероховатости; инструментальный микроскоп; щупы; лекальная линейка ЛД; образец просвета из плоскопараллельных концевых мер; плоскопараллельные концевые меры длины (образцовые пятого разряда); ролик диаметром 5,483 мм (класс точности 1 ГОСТ 2475-88); микрометр 0...25; циферблатные весы с ценой деления 5 г; меры массы общего назначения (подвеска); гладкое кольцо; микрометрический нутромер НМ 150-1250 ГОСТ 10-75.

## Ход работы

### 1 Изучение теоретических основ

#### 1.1 Подготовительная работа

1.1.1 При проведении поверки температура воздуха в помещении должна быть  $(20 \pm 5^\circ\text{C})$ .

1.1.2 Штангенциркули должны быть промыты авиационным бензином или бензином-растворителем, протёрты чистой хлопчатобумажной тканью и выдержаны на рабочем месте не менее трёх часов.

1.1.3 Штангенциркули должны быть размагничены.

#### 1.2 Внешний осмотр

1.2.1 При внешнем осмотре должны быть установлены:

1) отчётливость и правильность оцифровки штрихов шкал, комплектность и маркировка;

2) наличие твёрдого сплава на губках ШЦТ-I, зажимных винтов рамки всех ШЦ, шкал на штанге и нониусе, микрометрической подачи ШЦ-II.

1.2.2 Не допускаются:

- заметные при визуальном осмотре дефекты, ухудшающие эксплуатационные качества и препятствующие отсчёту показаний;
- перекос края нониуса к штрихам шкалы штанги, препятствующий отсчёту показаний.

### 1.3 Опробование

При опробовании проверяют:

- а) плавность перемещения рамки вместе с микрометрической подачей по штанге штангенциркуля;
- б) возможность продольного регулирования нониусов ШЦ-II, ШЦ-III;
- в) значение мёртвого хода микрометрической пары (не должен превышать  $\frac{1}{2}$  оборота);
- г) отсутствие перемещения рамки под действием собственной массы;
- д) нахождение рамки с нониусом и рамки микроподачи по всей их длине на штанге при измерении размеров, равных по верхнему пределу измерения;
- е) отсутствие продольных царапин на шкале штанги при перемещении на ней рамки (визуально).

### 1.4 Определение метрологических характеристик

Определяют:

- а) длину вылета губок — при помощи измерительной металлической линейки (для ШЦ-I допускается уменьшение длины вылета губок до 30 мм и уменьшение длины губок для внутренних измерений на  $\frac{1}{4}$  их длины);
- б) шероховатость измерительных поверхностей — по параметру  $R_a$  при помощи профилографа, профилометра или образцов шероховатости (визуально);
- в) расстояние от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы — параллаксом в трёх точках по шкале штанги и в трёх точках по шкале нониуса. Один штрих нониуса совмещают с любым штрихом штанги и производят отсчёт, после чего наклоняют ШЦ на  $10...15^\circ$  вдоль длинного ребра штанги. При наклоне инструмента в одну и другую сторону показания не должны изменяться более чем на одно деление;
- г) отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных губок, а также торца штанги ШЦ-I и ШЦТ-I — лекальной линейкой. Ребро лекальной линейки устанавливают на торец штанги и измерительную поверхность губок параллельно длинному ребру. Значение просвета определяют визуально — сравнением с образцом (рис. 1) или бруском для определения значения просвета (допускаются завалы на расстоянии 0,5 мм от краёв измерительной поверхности);

д) отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок — с помощью концевых мер длины и ролика (рис. 2) при трёх положениях подвижной губки, близких к пределам измерений и середине диапазона измерения ШЦ.

За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок принимают наибольшую разность измерений расстояний при каждом положении подвижной губки. Допускается значение просвета между губками до 0,008 мм — при отсчёте по нониусу 0,05 мм и до 0,012 мм — при отсчёте по нониусу 0,1 мм. Значение просвета определяют визуально сравнением с образцом (см. рис. 1) или бруском для определения значения просвета;

е) размер сдвинутых до соприкосновения губок и отклонений от параллельности образующих измерительных поверхностей губок для внутренних измерений ШЦ-II и ШЦ-III — микрометром или индикаторной скобой (рис. 3). У штангенциркулей, находящихся в эксплуатации или выпускаемых из ремонта, размер сдвинутых губок должен быть не менее 7 мм — для ШЦ с пределом измерения 400 мм, 10 мм — с пределом измерения более 400 мм. Отклонение измеренного размера от указанного в маркировке не должно превышать  $\pm 0,03$  мм;

ж) усилие перемещения рамки по штанге штангенциркуля — при помощи весов (рис. 4). Штангу ШЦ упирают в чашу весов, при перемещении рамки по штанге снимают показания по шкале весов. За значение перемещения принимают наибольшее значение разности показаний весов и массы штангенциркуля. Контроль усилия перемещения рамки по штанге ШЦ-I осуществляют при помощи мер массы общего назначения и подвески (рис. 5) при вертикальном положении ШЦ-I.

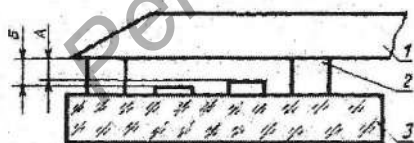


Рисунок 1 — Образец для определения значения просвета: 1 — лекальная линейка; 2 — плоскопараллельные концевые меры длины; 3 — плоская стеклянная пластина; А, В — пластины просвета [5]

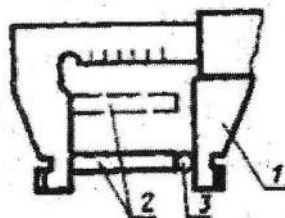


Рисунок 2 — Определение отклонений от параллельности губок ШЦ: 1 — губка; 2 — концевая мера длины; 3 — ролик [5]

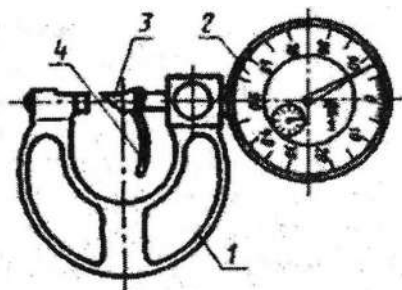


Рисунок 3 — Индикаторная скоба: 1 — скоба; 2 — индикатор (ИЧ); 3 — специальный наконечник; 4 — арретир [5]

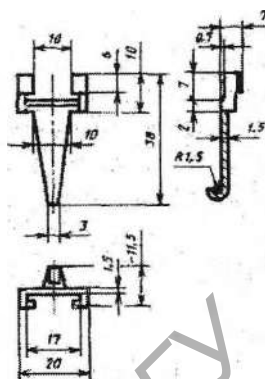


Рисунок 4 — Подвеска для контроля усилия перемещения рамки ШЦ по штанге [5]

Штангенциркуль устанавливают на верхний предел измерения. Подвеску крепят к штанге ШЦ и нагружают гириями, вес которых равен нормируемому измерительному усилию перемещения за вычетом веса штанги  $1H$  ( $100 \text{ кг} \cdot \text{с}$ ). Перемещение штанги относительно рамки под действием приложенной нагрузки должно происходить при полном диапазоне измерений штангенциркуля;



Рисунок 5 — Схема контроля усилия перемещения рамки по штанге: 1 — ШЦ; 2 — подвеска; 3 — мера массы [5]

и) отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений ШЦ-I и расстояние между ними — гладким микрометром или индикаторной скобой при затянутом режиме рамки. ШЦ устанавливают на размер 10 мм по концевой мере длиной 10 мм. Микрометром или индикаторной скобой измеряют расстояние между измерительными поверхностями губок в двух или трёх сечениях по длине губок (отклонение не должно превышать 0,04 мм);

к) погрешность ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины — по концевым мерам длиной 20 мм, по установочной мере 25 мм или гладкому кольцу. Концевые меры и гладкое кольцо устанавливают на

стеклянную пластину или поверочную плиту. Торцы штанги прижимают к измерительным поверхностям концевых мер или гладкого кольца. Линейку глубиномера перемещают до соприкосновения со стеклянной пластиной или поверочной плитой и производят отсчёт;

л) погрешность штангенциркулей — с помощью концевых мер длины. Блок концевых мер помещают между измерительными поверхностями губок штангенциркуля и определяют погрешность в трёх точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса;

м) одновременно проверяют нулевую установку ШЦ. Для ШЦ-I и ШЦГ-I при сдвинутых до соприкосновения губках смещение штриха нониуса должно быть в плюсовую сторону. Смещение штриха нулевого определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. При этом показания ШЦ должны быть не более 1,1 мм. Для ШЦ-I и ШЦГ-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.

## **2 Организация практического процесса**

2.1 Провести поверку ШЦ (по заданию преподавателя).

2.2 Результаты занести в таблицу 1 отчёта.

## **3 Отчёт по лабораторно-практической работе 6**

Результаты лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 6*

### **ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ. ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЕЙ (ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, ШЦГ-I)**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1. Определение метрологических характеристик и внесение результатов измерений в таблицу:

Наименование операции	Значение измеряемой величины	Допускаемая величина
Внешний осмотр		
Опробование		
Определение метрологических характеристик		
Определение длины вылета губок штангенциркулей		
Определение шероховатости измерительных поверхностей		
Определение размеров штрихов шкал и перекрытий штрихов шкалы краем нониуса штангенциркуля		
Определение расстояния от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы штанги		
Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок		
Определение отклонения от параллельности плоских измерительных губок		
Определение размера сдвинутых до соприкосновения губок ШЦ-II и ШЦ-III. Определение усилия перемещения рамки по штанге штангенциркуля		
Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений ШЦ-I и определение расстояния между ними		
Определение погрешности ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины		
Определение погрешности штангенциркуля		

2. Вывод.

Работу выполнил  
Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Что такое поверка и для каких целей она проводится?
2. Чем отличается калибровка от поверки?
3. Кто проводит поверку, калибровку?
4. Какой документ выдаётся по результатам поверки, калибровки?

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. ГОСТ 8.113-85. Штангенциркули. Методика поверки. — Взамен ГОСТ 8.113-74. — Введ. с 01.01.87. — М. : Изд-во стандартов, 1986.
2. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.
3. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.
4. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

#### Лабораторно-практическая работа 7

### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УГЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Цель работы* — изучить назначение и устройство контрольно-измерительных средств угловых размеров и освоить методы измерения углов призматических элементов и конических поверхностей.

*Материально-техническое обеспечение*: инструкция, угломер универсальный УН, конусные калибр-пробка и калибр-втулка, образцы деталей.

#### Ход работы

##### **1 Изучение методов и средств контроля углов и конусов**

Существует два метода контроля углов: сравнительный и тригонометрический. В основу первого метода положено сравнение контролируемых углов с угловыми мерами, угольниками и угло-

выми шаблонами. С помощью угловых мер определяют наибольший просвет между сторонами измеряемого угла и самой меры.

Для измерения углов с точностью  $2'$  и грубее применяют угломер с нониусом, универсальный и оптический угломеры. Для проверки центральных углов (углов, образованных двумя радиусами), а также для точных угловых делений при обработке деталей используют оптические делительные головки с ценой деления  $5, 10, 60''$ . Углы между двумя гранями измеряют гониометрами, а малые угловые отклонения от горизонтали и вертикали — уровнями.

Гладкие конические детали с допусками от IT4 до IT12, степенями точности допусков углов от 4 до 9 и конусностью  $1:3 \dots 1:50$  контролируют конусными калибрами.

**Назначение, устройство и профессиональная компетентность применения угломера УН.** Угломер с конусом типа УН предназначен для измерения наружных и внутренних углов.

Метрологические характеристики:

- предел измерения наружных углов —  $0 \dots 320^\circ$ ;
- предел измерения внутренних углов —  $40 \dots 180^\circ$ ;
- цена деления на основной шкале —  $1^\circ$ ;
- цена деления на нониусе —  $2'$ ;
- предельная погрешность —  $\pm 2'$ .

**Устройство угломера УН** (рис. 1, а). По основанию 2 отсчитываются целые градусы. Нониус 1 отсчитывает минуты с помощью микрометрического винта (на обратной стороне угломера) с точностью до  $2'$ . Показания угломера фиксируются стопором 3. Сектор 5 перемещается вместе с нониусом по основанию. Съёмная линейка 6 и съёмный угольник 8 крепятся с помощью винтов державок 7 и 9. Линейка основания 4 жёстко связана с основанием.

В машиностроении наружные и внутренние поверхности располагаются чаще всего под углами до  $180^\circ$ .

При измерениях линейка основания, съёмная линейка и съёмный угольник прикладываются к измеряемым поверхностям детали.

Целые градусы читают по основной шкале, а минуты — по шкале нониуса.

В полном сборе (см. рис. 1, а) с помощью угломера можно измерить наружные углы от 0 до  $50^\circ$ . Для измерения углов от  $50$  до  $140^\circ$  (рис. 1, з) снимают с сектора съёмный угольник и на его место устанавливают съёмную линейку. При чтении наружных тупых углов (от  $90$  до  $140^\circ$ )

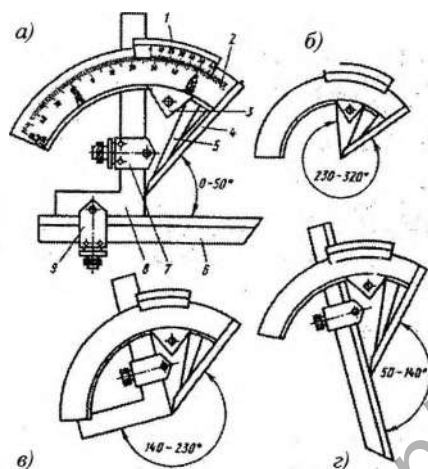


Рисунок 1 — Угломер универсальный с нониусом типа УН [10, с. 204]

к показанию угломера нужно прибавить  $90^\circ$ . Измерение углов от  $140$  до  $230^\circ$  осуществляется с помощью съёмного угольника (рис. 1, в). Углы от  $230$  до  $320^\circ$  измеряются при снятии линейки и угольника (рис. 1, б).

При чтении внутренних тупых углов от  $40$  до  $180^\circ$  необходимо от  $180^\circ$  отнять показание угломера. Внутренние острые углы (меньше  $90^\circ$ ) определяются вычитанием из  $90^\circ$  показаний угломера.

**Контроль конусов инструментов.** Осуществляется с помощью калибров-пробок и калибров-втулок (рис. 2). Комплексным методом проверяют угол конуса, диаметры и длину конуса. Калибры бывают нормальные и предельные.

Для контроля конусов применяют предельные калибры. Этот метод определяет предельное осевое положение калибра относительно торца контролируемой детали. На конусных калибр-пробках наносят две риски 2 на расстоянии, соответствующем допуску. На втулках вырезают уступ 1, соответствующий величине допуска. Деталь считается годной, если её торец не выходит за пределы рисок или уступа.

Точные конические поверхности имеют очень малые величины допусков на диаметр основного сечения (до  $0,1$  мкм), поэтому для их контроля применяют нормальные калибры. Контроль нормальными калибрами осуществляют методом «на краску». Типографскую краску или «берлинскую

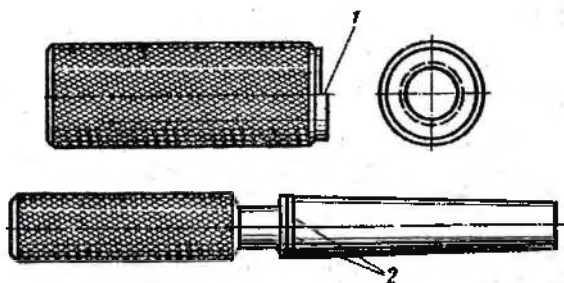


Рисунок 2 — Калибры для контроля конусов инструментов [10, с. 210]

глазурь» наносят тонким слоем на контролируемую коническую поверхность и сопрягают с калибром на  $\frac{3}{4}$  оборота. По отпечатку краски судят о точности прилегания калибра к поверхности. Равномерность расположения слоя краски на изделии характеризует угол конуса.

## 2 Организация практического процесса

2.1 Совместите деталь (заданный угол) с поверхностями линеек угольника, линейки основания или съёмного угольника с поверхностями угла, наблюдая прилегание поверхностей «на просвет», закрепите стопор, снимите деталь с угольника.

2.2 Повторите измерения ещё два раза, определите среднее значение показаний, пересчитайте его по таблице 2.1 на действительный размер угла.

2.3 Сопоставьте размеры с заданным размером по чертежу (с учётом отклонений) и дайте заключение о годности.

2.4 Действительные размеры всех углов детали внесите в таблицу 2 отчёта.

Т а б л и ц а 2.1 — Пересчёт действительных размеров углов

Величина углов	Наружные углы, град				Внутренние углы, град		
	0—50	50—90	90—140	140—80	130—180	90—130	40—90
	отсч. $\alpha_{cp}$	отсч. $\alpha_{cp}$	отсч. $\alpha_{cp} + 90^\circ$		отсч. $180^\circ - \alpha_{cp}$		отсч. $90^\circ - \alpha_{cp}$
$\alpha_d =$							

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 7

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

#### Лабораторно-практическая работа 7

#### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УГЛОВ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### Ход работы

1. Внесение метрологических характеристик средств измерений в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал (град, мин)	Диапазон измерения
Универсальный угломер (УН)	Контактный		

2. По заданию преподавателя выполнение эскиза предложенной детали.

3. Выполнение измерений и внесение результатов в таблицу:

Обозначение угла	Предельные размеры			Результаты измерения			Заключение о годности размера угла
				1	2	3	

4. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Какие углы называются независимыми? Зависимыми?
2. Перечислите единицы измерения призматических углов.
3. В зависимости от каких параметров назначают допуски углов и конусов?
4. Что понимают под базорасстоянием конического соединения?
5. Расскажите о назначении конусных калибров и шаблонов.

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Выст. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

### Лабораторно-практическая работа 8

## КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Цель* — изучить назначение, устройство и принцип работы контрольно-измерительного инструмента метрической резьбы и освоить методы измерения параметров резьбового соединения.

*Материально-техническое обеспечение*: резьбовой микрометр со ставками (0...25), резьбовой шаблон, ШЦ-I, образцы резьбовых соединений.

### Ход работы

#### 1 Изучение назначения, устройства и принципа работы контрольно-измерительного инструмента метрической резьбы

1.1 Шаг и угол профиля треугольных резьб (метрической и дюймовой) измеряют с помощью резьбового шаблона (рис. 1).

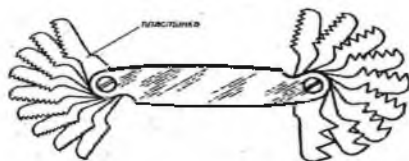


Рисунок 1 — Резьбовой шаблон [10, с. 297]



Рисунок 2 — Резьбовой микрометр со вставками [10, с. 295]

Шаблоны выпускаются в виде пластинок с зубцами, имеющих профиль метрической ( $\alpha$  равен  $60^\circ$ ) или дюймовой ( $\alpha$  равен  $55^\circ$ ) резьбы. Пластинки комплектуются в наборы. Пределы величин шага для метрической резьбы — от 0,4 до 6 мм, для дюймовой резьбы — от 28 до 11 ниток на 1 дюйм (25,4 мм). Номинальному шагу резьбы соответствует тот шаблон, который наилучшим образом сопрягается с профилем резьбы.

1.2 Средний диаметр и шаг наружной резьбы измеряются с помощью резьбового микрометра со вставками (рис. 2).

Призматическая вставка устанавливается в отверстие неподвижной пятки, а конусная — в микровинт. Вставки выбирают в соответствии с шагом резьбы. Каждый резьбовой микрометр снабжён комплектом вставок. Призматическая вставка обхватывает виток резьбы, а конусная — устанавливается в канавку между витками. Перед началом работы микрометр устанавливают на нуль до соприкосновения вставок или вставок с установочной мерой.

Метрологические характеристики:

- цена деления на барабане — 0,01 мм;
- пределы измерения — 0...350 мм с интервалом 25 мм;
- допускаемая погрешность измерений — 0,1—0,2 мм.

Отсчёт показаний осуществляется так же, как и на гладком микрометре.

## 2 Организация практического процесса

2.1 С помощью штангенциркуля измерьте наружный диаметр резьбы болта и внутренний диаметр резьбы гайки резьбового соединения (по заданию преподавателя) и внесите результаты в таблицу 3 отчёта.

2.2 Определите шаг метрической резьбы резьбового соединения с помощью резьбового шаблона и внесите результаты в таблицу 3 отчёта.

2.3 По величине шага подберите требуемую пару вставок. Призматическую вставку установите в неподвижную пятку, а коническую — в микровинт.

2.4 Микрометр закрепите в стойке, введите деталь в микрометр между вставками (рис. 3).

2.5 Правой рукой вращайте трещотку микровинта до контакта детали со вставками (три щелчка).

2.6 Измерьте средний диаметр ( $d_2$ ) резьбы. Измерения в том же сечении повторите ещё два раза, среднее значение запишите в таблицу 3 отчёта. Измерения проведите в трёх сечениях детали.

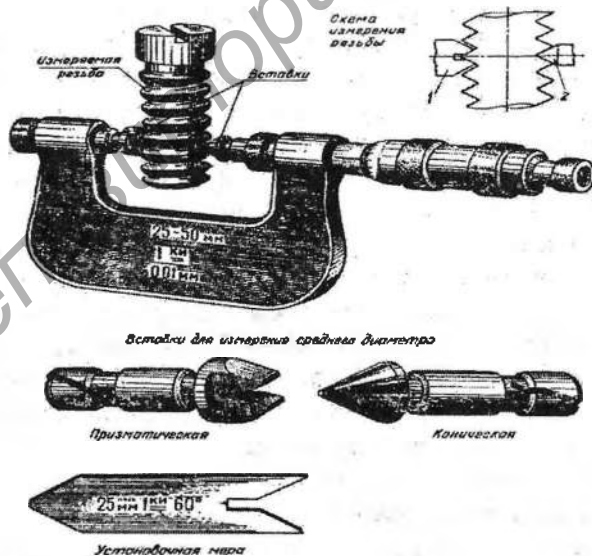


Рисунок 3 — Технология измерения резьбовым микрометром [10, с. 297]

2.7 По таблицам ГОСТ 16093-81[2] (по заданным полям допусков) найдите предельные отклонения и рассчитайте значения наружного и среднего диаметров резьбового соединения и внесите результаты в таблицу 2 отчёта.

2.8 Сравните расчётные параметры резьбового соединения с действительными размерами и дайте заключение о его годности.

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 8

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 8*

#### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

Ход работы

1. Внесение метрологических характеристик средств измерений в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал, мм	Диапазон измерения, мм
Штангенциркуль	контактный		
Резьбовой микрометр со ставками	контактный		

2. Выполнение эскиза резьбового соединения по образцу (рис. 4).

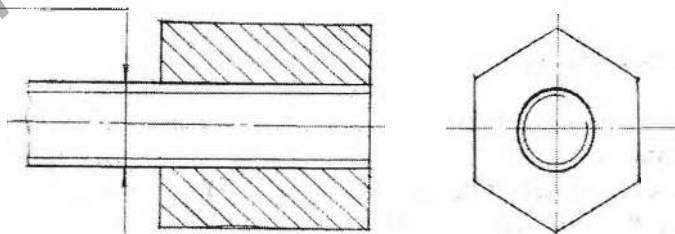


Рисунок 4 — Эскиз резьбового соединения

3. Внесение расчётных параметров резьбового соединения в таблицу:

Параметры	Наружной резьбы, мм	Внутренней резьбы, мм
Номинальный наружный диаметр ( $d, D$ )		
Средний номинальный диаметр ( $d_2, D_2$ )		
Верхнее предельное отклонение ( $es_2, ES_2$ )		
Нижнее предельное отклонение ( $ei_2, EI_2$ )		
Наибольший предельный размер ( $d_{2max}, D_{2max}$ )		
Наименьший предельный размер ( $d_{2min}, D_{2min}$ )		
Допуск на размер ( $Td_2, TD_2$ )		

4. Внесение действительных размеров резьбового соединения в таблицу:

Параметры	Наружной резьбы, мм	Внутренней резьбы, мм
Наружный диаметр ( $D, d$ )		
Средний диаметр ( $d_2, D_2$ )		
Шаг, измеренный шаблоном ( $P$ )		
Угол профиля ( $\alpha$ )		
Заключение о годности резьбового соединения		

5. Вывод.

Работу выполнил  
Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Для каких целей предназначена резьба?
2. Перечислите виды резьб по назначению.
3. Сколько параметров у метрической резьбы?

4. По какому диаметру свинчиваются детали?
5. Дайте понятие среднего приведённого диаметра резьбы.
6. Назовите методы контроля (измерения) параметров резьбы.
7. Почему в обозначении резьбы указывают её наружный диаметр?

## 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.
2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.
3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

### Лабораторно-практическая работа 9

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

*Цель* — изучить назначение, устройство и принцип работы контрольно-измерительного инструмента для измерения параметров зубчатых колёс и освоить методы измерения и контроля параметров зубчатых колёс и передач.

*Материально-техническое обеспечение:* шагомер для измерения шага зацепления, шагомер для измерения шага зубчатого колеса, нормалемер микрометрический, нормалемер индикаторный, штангензубомер, тангенциальный зубомер, биениемер, прибор для измерения кинематической погрешности зубчатых колёс, эталонные и проверяемые зубчатые колёса.

### Ход работы

#### 1 Изучение назначения, устройства и принципа работы контрольно-измерительного инструмента

1.1 Зубчатое колесо имеет сложный профиль, и его качество обеспечивается техническим состоянием и технологическим уровнем зубообрабатывающего оборудования и инструмента, а также качеством контрольно-измерительных операций.

Различают следующие виды контроля зубчатых колёс:

- *профилактический* — состоит в проверке технологического оборудования, приспособлений, режущего инструмента. Этот вид контроля проводится до начала обработки, что позволяет выявить брак и сократить количество контролируемых параметров при окончательном контроле;

- *технологический* — состоит в поэлементном контроле зубчатого колеса. На этом этапе устанавливается точность элементов технологического оборудования;

- *окончательный, или приёмочный*, — устанавливает соответствие изготовленных зубчатых колёс условиям работы передачи.

Так как у зубчатого колеса и передачи более 30 контролируемых параметров, то обычно контролю подвергаются только эксплуатируемые параметры: шаг зубчатого колеса, шаг зацепления, толщина зуба, длина общей нормали, радиальное и торцовое биение, профиль зуба, контроль кинематической погрешности.

1.2 *Контроль шага зубчатого колеса* производится шагомером (рис. 1).

Шагомер состоит из корпуса 5, индикатора 4, подвижной губки 9 и переставной губки 8, которая устанавливается на модуль проверяемого колеса по шкале 7 и зажимается винтом 2. Положение передних 6

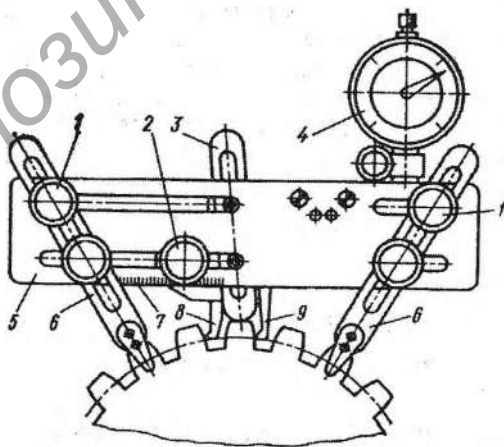


Рисунок 1 — Шагомер для измерения шага зубчатого колеса [10, с. 303]

и заднего  $Z$  упоров регулируют так, чтобы измерительные губки касались в точках, близких к делительной окружности, и зажимают винтами  $I$ . При измерениях шагомер устанавливают на нуль по любой паре зубьев, а затем последовательно накладывают на соседние пары до возвращения на исходную пару зубьев. Разность шагов определяют как разность показаний индикатора.

Накопленную погрешность шага колеса определяют последовательно:

1) подсчитывают сумму ряда показаний шагомера  $\sum n_i$ , и определяют среднее арифметическое значение ряда показаний:

$$n_{cp} = \sum n_i / z;$$

2) определяют отклонение шага от среднего значения:

$$f_{ptr} = (n_i - n_{cp}),$$

где  $n$  — число показаний шагомера;

3) полученные отклонения шага суммируют;

4) накопленную погрешность шага  $F_{pr}$  определяют как разность максимального и минимального чисел полученного ряда.

1.3 *Измерение шага зацепления зубчатого колеса* осуществляется накладным шагомером (рис. 2, а). Прибор состоит из корпуса 9 с отсчетным устройством 1 МИГ, которое связано с подвижным измерительным наконечником 2. Переставной наконечник 3 с широкой измерительной поверхностью, переставляемый винтом 8, закрепляется зажимом 5. Опорный наконечник 4, переставляемый винтом 7, закрепляется зажимом 6. Шагомер устанавливается (рис. 2, б) на номинальный размер по блоку концевых мер 11 с помощью боковиков 10 и державки 12.

Перед измерением прибор устанавливают на нуль. В процессе измерения прибор покачивают относительно опорного наконечника. За отклонение от номинального значения шага зацепления принимают максимальное показание головки при движении шагомера вокруг колеса.

1.4 *Измерение толщины зуба* производится штангензубомером на заданном расстоянии от окружности выступов (рис. 3)

Штангензубомер состоит из вертикальной штанги 1 с неподвижной губкой 7 и высотной подвижной линейки 3. По штанге 1 перемещается рамка 2 с нониусом. Вторая горизонтальная штанга 4 имеет подвижную

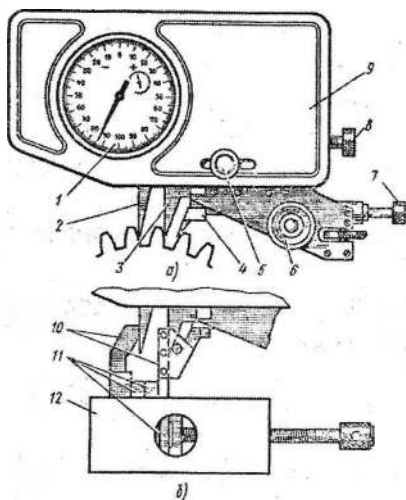


Рисунок 2 — Шагомер для измерения шага зацепления: а — измерение шага зацепления; б — установка шагомера на размер и на «0» [10, с. 302]

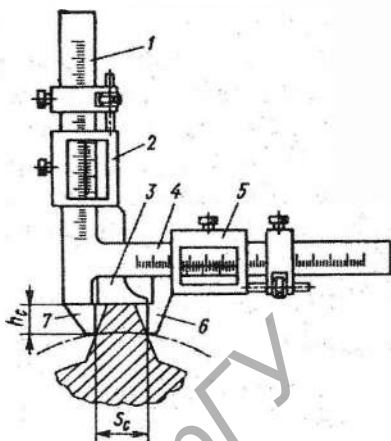


Рисунок 3 — Штангензубомер [10, с. 309]

губку 6 и рамку 5 с нониусом. Вертикальная штанга предназначена для установки высоты  $h_c$ , горизонтальная штанга — для измерения толщины зуба  $S_c$  (длины хорды). Перед измерением высотную линейку устанавливают по нониусу рамки 2 на размер, равный высоте, на которой будет измеряться толщина зуба (длина хорды), и закрепляют винтами рамку в этом положении. Отводят измерительные губки на размер немного больше измеряемого. После установки высотной линейки на опорную поверхность зуба подводят губки 6 и 7 до соприкосновения с профилями зуба.

Толщину зуба (длину хорды) отсчитывают по нониусу рамки 5. Определение номинальной толщины зуба и высоты до постоянной хорды производят по заранее составленным таблицам этих величин или расчётом по формулам.

Для прямозубых некорригированных колёс с углом зацепления  $20^\circ$  высота до постоянной хорды  $h$  равна  $0,7476 m$ , а толщина зуба  $S$  —  $1,387 m$ , где  $m$  — модуль колеса.

Метрологические характеристики:

- цена деления по нониусу — 0,02; 0,05 мм;
- пределы измерения по модулю — 1...18, 5...36 мм;

- допускаемая погрешность измерения —  $\pm 0,05$  мм

1.5 Измерения длины общей нормали  $W$ . Длиной общей нормали  $W$  называют расстояние между параллельными плоскостями, касательными к двум разноимённым профилям зубьев. Отклонения длины общей нормали устанавливают по результатам измерений, выполненных при нескольких положениях зубчатого колеса, и сравнением их среднего значения с расчётной длиной, определяемой по таблицам и формулам для прямозубых колёс с углом зацепления, равным  $20^\circ$ :

$$W = m[1,476(2n - 1) + z \cdot 0,01387], \quad (1)$$

где  $m$  — модуль, мм;

$n$  — число зубьев, обхватываемых губками нормалемера, причём  $n = (0,111z + 0,6)$ ;

$z$  — число зубьев зубчатого колеса.

Колебания длины при различных измерениях характеризуют точность расположения зубьев колеса.

Для измерения отклонения длины общей нормали применяют микрометрические и индикаторные нормалемеры.

Более точные отклонения длины общей нормали измеряют с помощью индикаторного нормалемера БВ-5045 (рис. 4). Измерение выполняют путём сравнения с мерой.

Нормалемер имеет трубчатую штангу 3 и индикаторную головку 1, связанную с подвижной измерительной губкой 9. Перед измерением кольцо 4 с переставной губкой 8 устанавливают на расчётное значение

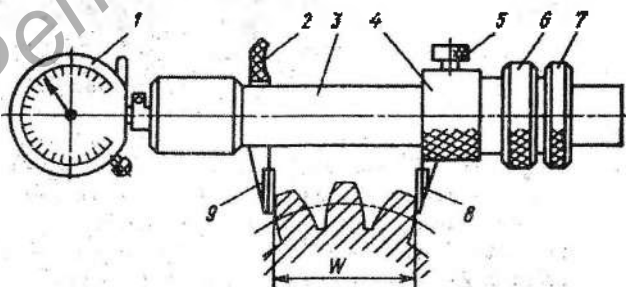


Рисунок 4 — Индикаторный нормалемер БВ-5045 [10, с. 312]

длины общей нормали по блоку концевых мер и зажимают винтом 5. Тонкое перемещение губки осуществляют гайкой микроподачи 6 при зажатом кольце 7. При измерении губку 9 отводят рычагом 2 и нормалемер устанавливают на зубья колеса. Наименьшие показания индикатора, при лёгком покачивании прибора, определяют отклонение длины общей нормали от расчётного значения.

1.6 Измерение радиального биения зубчатого венца выполняют на биеннемерах (рис. 5, б) с помощью измерительного наконечника 1 (рис. 5, а) в виде усеченного конуса с углом  $2\alpha$  при его вершине.

Конус вводят во впадину зубчатого колеса. С измерительной головки 2 снимают показание. Затем отводят каретку 3 и, поворачивая зубчатое колесо, вводят измерительный наконечник в каждую впадину. За значение радиального биения принимают разность наибольшего и наименьшего показаний за один оборот колеса.

Для колёс с внутренним зацеплением наконечники выполняют в виде шариков или роликов диаметром  $d = 0,5 \text{ мт} \cos \alpha$ .

В цеховых условиях контроль радиального биения зубчатого венца 3 можно выполнять в центрах 1 и 5 (рис. 6). Зубчатое колесо надевают на оправку 2, а во впадины колеса последовательно закладываются ролик 6, по которому ведут отсчёт с измерительной головки 4.

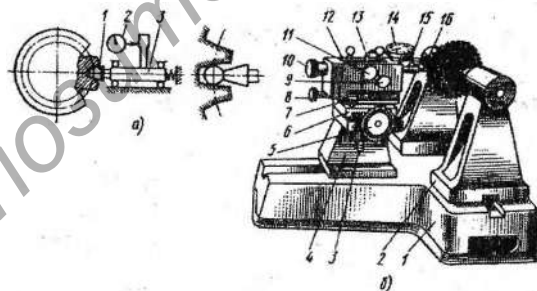


Рисунок 5 — Биеннемер Б-10М: а — схемы измерения: 1 — измерительный наконечник, 2 — измерительная головка, 3 — каретка; б — внешний вид: 1 — станина, 2 — центровые бабки, 3, 7, 10 — винты, 4 — бабка, 5, 9 — маховики, 6 — каретка, 8, 11 — ручки, 12 — измерительный узел, 13 — планка, 14 — наконечник индикатора, 15 — шток, 16 — наконечник [10, с. 306]

1.7 Измерение смещения исходного контура. Необходимые боковые зазоры в зубчатом зацеплении создаются путём смещения исходного контура зуборезного инструмента к оси колёс (рис. 7, а).

Смещение исходного контура  $E_h$  определяют по формуле

$$E_h = E_s / 2 \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где  $E_s$  — отклонение толщины зуба;  $\alpha$  равен  $20^\circ$ .

Тангенциальный зубомер (рис. 7, б) предназначен для определения смещения исходного контура относительно наружного диаметра колеса. Исходный контур воспроизводится двумя измерительными губками 6 и 8, имеющими угол скоса  $\alpha$ , равный  $20^\circ$ . Губки расположены на основании 1 симметрично относительно оси индикатора 3 с удлинённым измерительным стержнем 7. Индикатор зажимается винтом 4. Перед измерением зубомер настраивают на номинальное положение исходного контура по калиброванному ролику 9 с диаметром  $d = 1,2037 \text{ м}$ , уложенному в призме 10. Зубомер губками устанавливают на ролик. Расстояние между губками регулируют вращением винта 5 так, чтобы стрелка индикатора сделала один оборот. Затем положение губок фиксируют винтами 2 и индикатор настраивают на нуль. При измерении зубомер накладывают губками на проверяемый зуб и легко покачивают вокруг оси колеса. Наибольшее показание индикатора равно смещению исходного контура. Положительные отклонения стрелки указывают на уменьшение, а отрицательные — на увеличение толщины зуба.

1.8 Контроль кинематической погрешности. Кинематической погрешностью называется разность между действительным и расчётным углами поворота зубчатого колеса. Контроль кинематической погрешности

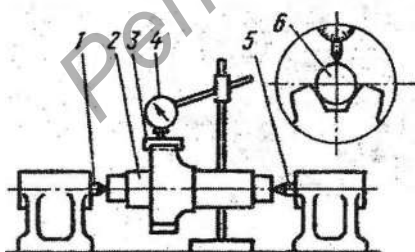


Рисунок 6 — Контроль радиального биения зубчатого венца в центрах [10, с. 307]

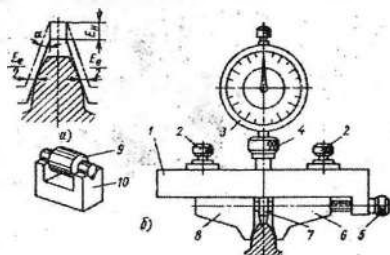


Рисунок 7 — Тангенциальный зубомер: а — схема измерения; б — внешний вид [10, с. 307]

производится на приборе для комплексного однопрофильного контроля. В приборе БВ-608к (рис. 8, а) проверяемое колесо 1 и образцовое колесо 4, посаженное на соосных шпинделях 2 и 5, находятся в зацеплении с промежуточным образцовым колесом 3. Кинематическая погрешность проверяемого колеса приводит к отклонениям углов поворота шпинделей 2 и 5, которые воспринимаются индуктивным датчиком 6 и регистрируются в увеличенном масштабе на записывающем приборе. Кинематическая погрешность  $F_{ir}$  колеса определяется как расстояние по оси ординат между крайними точками графика, полученного при повороте колеса за один оборот (рис. 8, б). Местная кинематическая погрешность  $f_{ir}$ , характеризующая плавность работы, определяется как наибольшая разность между соседними «зубцами» графика.

Прибор (рис. 8, в) имеет промежуточное колесо 5, установленное на каретке 1, которая перемещается маховиком 9 вдоль основания 10

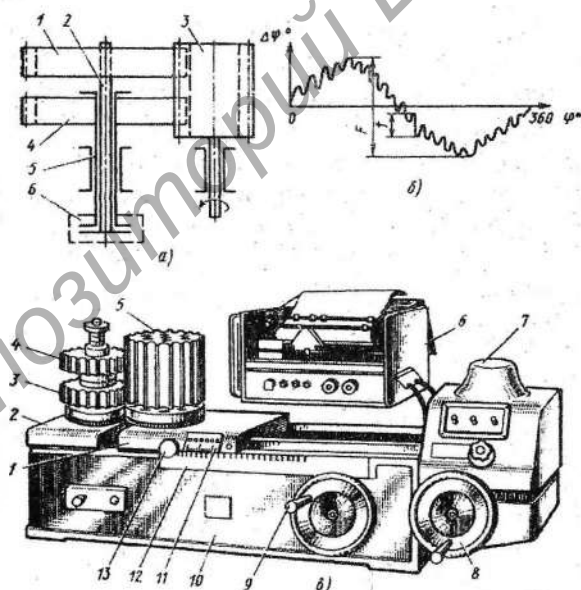


Рисунок 8 — Прибор БВ-608к для измерения кинематической погрешности зубчатых колёс: а — схема измерения; б — диаграмма измерений; в — внешний вид прибора [10, с. 315]

и стопорится винтом 13. Соосные шпиндели 3 и 4 установлены на неподвижной каретке 2. Номинальное межцентровое расстояние между осями шпинделей устанавливают по нониусу 11 шкалы 12. Промежуточное колесо при измерении вращают вручную маховиком 8 или с помощью привода 7. Самопишущий прибор 6 вычерчивает график кинематической погрешности.

1.9 *Контроль профиля зуба* осуществляется следующими методами:

1) сопоставлением действительного профиля зуба с образцовым контуром шаблона «на просвет»;

2) сравнением профиля зуба, увеличенного в 10...100 раз на проекторах;

3) измерением на эвольвентомерах — приборах, сопоставляющих действительный профиль зуба с теоретической эвольвентой основной окружности зубчатого колеса.

## 2 Организация практического процесса

2.1 Внесите метрологические характеристики средств измерения в таблицу 1 отчёта.

2.2 С помощью ШЦ-II измерьте наружный диаметр зубчатого колеса (по заданию преподавателя) и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.3 Посчитайте количество зубьев зубчатого колеса и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.4 Измерьте с помощью шагомера окружной шаг зацепления и занесите в таблицу 2 отчёта.

2.5 По формуле  $m = P_t / \pi$  рассчитайте модуль зубчатого колеса и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.6 С помощью штангензубомера измерьте толщину зуба по хорде в нормальном сечении и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.7 С помощью индикаторного нормалемера измерьте в трёх сечениях длину общей нормали, найдите среднее значение и занесите в таблицу 2 отчёта.

2.8 Рассчитайте по формуле (1) значение длины общей нормали колеса, сравните его с измеренным и занесите в таблицу 2 отчёта.

2.9 С помощью тангенциального зубомера измерьте величину смещения исходного контура и занесите в таблицу 2 отчёта.

2.10 По формуле (2) рассчитайте величину смещения  $E_n$  исходного контура и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.11 С помощью биениемера или в центрах измерьте величину радиального биения зубчатого венца и внесите результат в таблицу 2 отчёта.

2.12 На приборе БВ-608к запишите график кинематической погрешности колеса.

2.13 По шаблонам проверьте контур рабочих и нерабочих поверхностей нескольких зубьев и впадин «на просвет».

2.14 Дайте заключение о годности зубчатого колеса.

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 9

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 9*

#### **КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1. Внесение метрологических характеристик средств измерения в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал, мм	Диапазон измерения, мм
Штангенциркуль	контактный		
Шагомер	контактный		
Штангензубомер	контактный		
Индикаторный нормалемер	контактный		
Тангенциальный зубомер	контактный		
Индикаторная головка	контактный		

2. Проведение измерений и расчётов и внесение действительных размеров зубчатого колеса в таблицу:

Параметр	Обозначение	Числовое значение
Внешний диаметр (диаметр выступов) колеса	$d_a$	
Количество зубьев зубчатого колеса	$Z$	
Окружной шаг зацепления зубчатого колеса	$P_f$	
Модуль зубчатого колеса	$m$	
Толщина зубчатого колеса по хорде	$S_f$	
Длина общей нормали колеса (измеренная)	$W_{из}$	
Длина общей нормали колеса (расчётная)	$W_{расч.}$	
Величина смещения исходного контура (измеренная)	$E_h_{из}$	
Величина смещения исходного контура (расчётная)	$E_h_{расч.}$	
Величина радиального биения зубчатого венца	$F_{rr}$	

3. Заключение о годности.

4. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Перечислите элементы прямозубого цилиндрического зубчатого колеса.
2. Какие нормы характеризуют точность зубчатых колёс?
3. Как контролируется профиль зуба зубчатого колеса?
4. Расскажите, как измеряется радиальное и торцовое биение колеса?
5. Как измеряется толщина зуба?

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

## Лабораторно-практическая работа 10

### КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Цель* — изучить назначение, устройство и принцип работы контрольно-измерительного инструмента для измерения размеров шпоночных пазов и освоить методы измерения параметров шпоночного соединения.

*Материально-техническое обеспечение:* ШЦ-1, калибр-призма, калибр-пробка, образцы шпоночных соединений.

#### Ход работы

#### 1 Изучение назначения, устройства и принципа работы контрольно-измерительного инструмента

При контроле наружных и внутренних шпоночных пазов проверяют размеры ширины, глубины и симметричности паза относительно оси детали. В единичном производстве для этих целей применяют универсальные измерительные средства (штангенциркули).

В массовом и серийном производстве для контроля размеров пазов применяют калибры. Ширину шпоночных пазов контролируют плоскими калибр-пробками 1 (рис. 1, а). Для контроля глубины паза во втулке применяют гладкий калибр-пробку 2 со ступенчатой предельной шпонкой 3 (рис. 1, б).

Гладкая пробка предназначена для центрирования калибра и детали. Проходная сторона (ПР) калибра изготовлена по наименьшему предельному размеру отверстия втулки. Размер глубины шпоночного паза считается годным тогда, когда калибр входит в отверстие втулки до выступа непроходной стороны (НЕ).

Симметричность шпоночного паза втулки контролируется с помощью гладкой цилиндрической пробки 4 со шпонкой 5 (рис. 1, в).

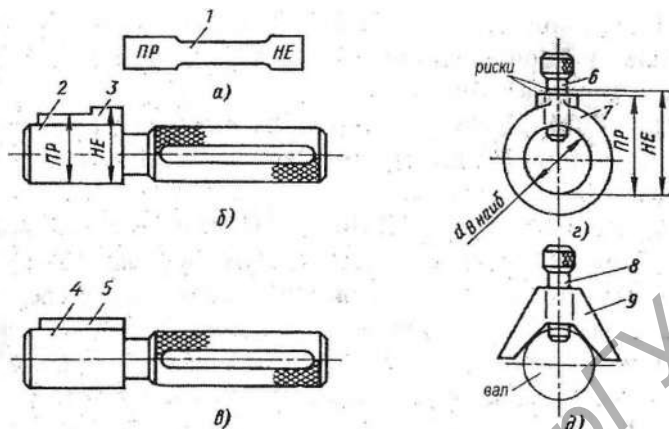


Рисунок 1 — Контроль шпоночных соединений: а — плоский калибр-пробка; б — гладкий калибр-пробка со ступенчатой предельной шпонкой; в — гладкий калибр-пробка со шпонкой; г — кольцевой калибр; д — калибр-призма [10, с. 375]

Для контроля глубины шпоночного паза на валу применяют кольцевой калибр 7 со стержнем 6 (рис. 1, г). На стержне нанесены две риски, соответствующие проходной и непроходной сторонам.

Диаметр кольцевого калибра изготавливают по наибольшему предельному размеру вала  $d_{в\text{набл}}$ . У годной детали при контакте торца стержня с дном паза торец калибра должен находиться между рисками, расстояние между которыми равно допуску на глубину паза.

Контроль симметричности шпоночного паза относительно оси вала осуществляется калибр-призмой 9 со стержнем 8 (рис. 1, д). Вместо стержня 8 в призму может врезаться шпонка. Если паз выполнен симметрично относительно оси вала, то стержень заходит в паз, в противном случае стержень будет упираться в кромку паза.

## 2 Организация практического процесса

2.1 С помощью ШЦ-I измерьте диаметр вала; ширину, высоту и длину шпонки; ширину, глубину и длину паза вала; ширину паза втулки (по заданию преподавателя) и занесите результаты в таблицу 3 отчёта.

2.2 Изобразите эскиз шпоночного соединения.

2.3 По таблице 5.49 ГОСТ 23360-78 [1] для измеренного диаметра вала выберите шпонку шириной  $b$ , высотой  $h$ , длиной  $l$  и внесите данные в таблицу 2 отчёта.

2.4 По ГОСТ 25346-89 [3] найдите предельные отклонения на ширину шпонки по  $h_9$ , высоту шпонки по  $h_{11}$ , длину шпонки по  $h_{14}$  и внесите в таблицу 2 отчёта.

2.5 По таблице 5.49 ГОСТ 23360-78 [1] найдите предельные отклонения на глубину паза вала  $t_1$  и втулки  $t_2$  и внесите в таблицу 2 отчёта.

2.6 В соответствии с характеристикой шпоночного соединения определите характер его соединения (плотное, свободное, нормальное) и по таблице 5.49 ГОСТ 23360-78 [1] выберите поля допусков и предельные отклонения на ширину паза вала и втулки и внесите в таблицу 2 отчёта.

2.7 Предельные отклонения на длину шпоночного паза примите по  $H15$  по ГОСТ 25346-89 [3] и внесите результаты в таблицу 2 отчёта.

2.8 Произведите расчёты предельных размеров шпонки, размеров пазов вала и втулки и внесите результаты в таблицу 2 отчёта.

2.9 Сравните расчётные параметры шпоночного соединения с действительными размерами и дайте заключение о его годности.

### **3 Отчёт по лабораторно-практической работе 10**

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 10*

#### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### **Ход работы**

1. Внесение метрологических характеристик средств измерения в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления инструмента	Диапазон измерения, мм
Штангенциркуль	контактный		

2. Внесение расчётных параметров в таблицу:

Параметр	Размер с предельными отклонениями, мм	Расчётные значения, мм	
		мин	макс
Диаметр вала ( $d_в$ )			
Ширина шпонки ( $b$ )			
Высота шпонки ( $h$ )			
Длина шпонки ( $l$ )			
Глубина паза на валу ( $t_1$ )			
Глубина паза во втулке ( $t_2$ )			
Ширина паза вала (поле допуска)			
Ширина паза во втулке (поле допуска)			
Длина шпоночного паза ( $L$ )			
Характер соединения (.....)			

3. Проведение измерений и внесение действительных параметров в таблицу:

Параметр	Действительное значение, мм
Диаметр вала ( $d_в$ )	
Ширина шпонки ( $b$ )	
Высота шпонки ( $h$ )	
Длина шпонки ( $l$ )	
Глубина паза на валу ( $t_1$ )	
Глубина паза во втулке ( $t_2$ )	
Ширина паза вала ( $B_1$ )	
Ширина паза во втулке ( $B_2$ )	
Длина шпоночного паза вала ( $L$ )	

4. Выполнение эскиза шпоночного соединения.
5. Заключение о годности.
6. Вывод.

Работу выполнил  
Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на **контрольные вопросы**:

1. Для каких целей предназначены шпонки?
2. Перечислите виды шпонок по форме.
3. Какими размерами они характеризуются?
4. Какие виды соединений образуют шпонки?

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

Лабораторно-практическая работа 11

### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Цель* — изучить назначение, устройство и принцип работы контрольно-измерительного инструмента для измерения размеров прямобочных шлицев и освоить методы измерения параметров прямобочного шлицевого соединения.

*Материально-техническое обеспечение*: ШЦ-I, калибр-втулка, калибр-пробка, образцы прямобочных шлицевых соединений.

## Ход работы

### I Изучение назначения, устройства и принципа работы контрольно-измерительного инструмента

При контроле прямобочных шлицев (наружных и внутренних) проверяют центрирующие параметры по наружному диаметру  $D$ , по внутреннему диаметру  $d$  и по боковым сторонам зубьев (шлицев)  $b$ .

В единичном производстве для этих целей применяют универсальные измерительные средства (ШЦ-1).

В массовом и серийном производстве применяют дифференцированный (позлементный) и комплексный методы контроля годности шлицевых соединений. Для контроля центрирующих параметров наружных прямобочных шлицев применяют предельные калибры-скобы (при дифференцированном способе контроля) и предельные калибры-кольца (при комплексном методе контроля) (рис. 1).

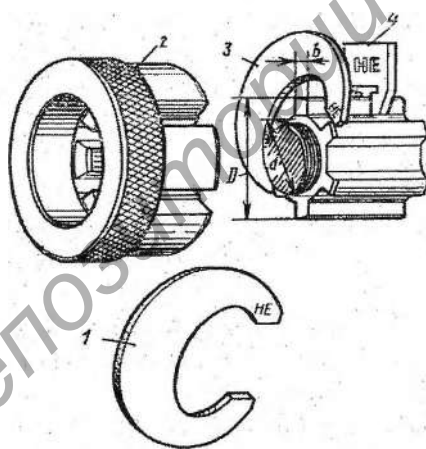


Рисунок 1 — Калибры для контроля шлицевого прямобочного вала: 1 —azoleментный непроходной калибр-скоба для контроля  $d$ ; 2 — комплексный проходной калибр-кольцо; 3 —azoleментный непроходной калибр-скоба для контроля  $D$ ; 4 —azoleментный непроходной калибр-скоба для контроля  $b$  [10, с. 185]

Все три скобы 1, 3, 4 имеют непроходные стороны, которые не должны проходить на свои размеры  $D$ ,  $d$  и  $b$ . Комплексный калибр-кольцо 2 — проходной и имеет контур, обратный контуру прямобочного шлицевого вала; он изготавливается с наибольшими предельными размерами параметров  $D$ ,  $d$ ,  $b$ . На шлицевом валу он одновременно контролирует эти предельные размеры и соосность окружностей, симметричность зубьев, их шаг по окружности и параллельность осей симметрии зубьев вала. На вал калибр-кольцо должен проходить по всей длине шлицевой поверхности.

Для контроля прямобочного шлицевого отверстия применяют комплексные проходные калибры-пробки и поэлементные непроходные калибры-пробки (рис. 2).

Комплексный проходной калибр-пробка имеет контур, обратный контуру шлицевого прямобочного отверстия; он изготавливается с наименьшими предельными размерами параметров  $D$ ,  $d$ ,  $b$ . В шлицевом отверстии он контролирует одновременно наименьшие размеры этих параметров и их соосность, а также симметричность пазов, их шаг по окружности и параллельность осей симметрии пазов отверстия. В шлицевом отверстии этот калибр должен проходить. Непроходные калибры-пробки могут заходить в отверстие только на величину фаски.

## 2 Организация практического процесса

2.1 С помощью ШЦ-I измерьте центрирующие параметры  $D$ ,  $d$  и  $b$  шлицевого вала и втулки (по заданию преподавателя) и данные внесите в таблицу 3 отчёта.

2.2 Изобразите эскиз прямобочного шлицевого соединения в масштабе.

2.3 Определите вид центрирования вала и втулки и запишите его сопряжение (по заданию преподавателя).

2.4 По ГОСТ 25346-89 [3] найдите предельные отклонения и внесите их в таблицу 2 отчёта.

2.5 Рассчитайте предельные размеры сопряжений и внесите в таблицу 2 отчёта.

2.6 Предельные отклонения нецентрирующих поверхностей найдите по ГОСТ 30893.1-2002 [4] и внесите в таблицу 2 отчёта.

2.7 Рассчитайте предельные размеры нецентрирующих поверхностей и внесите их в таблицу 2 отчёта.

2.8 Сравните расчётные параметры прямобочного шлицевого соединения с действительными размерами и дайте заключение о его годности.

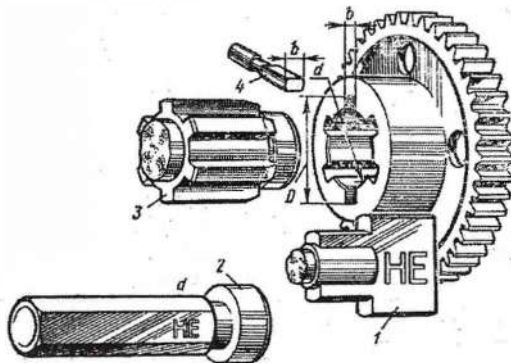


Рисунок 2 — Калибры для контроля шлицевого прямобочного отверстия: 1 — неполный непроходной калибр-пробка для контроля  $D$ ; 2 — поэлементный полный непроходной калибр-пробка для контроля  $d$ ; 3 — комплексный проходной калибр-пробка; 4 — поэлементный непроходной калибр-пробка для контроля ширины паза  $b$  [10, с. 185]

### 3 Отчёт по лабораторно-практической работе 11

Результат лабораторно-практической работы необходимо отразить в отчёте по следующей форме:

*Лабораторно-практическая работа 11*

#### **КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Цель работы.

Материально-техническое оснащение.

#### Ход работы

1. Внесение метрологических характеристик измерительных средств в таблицу:

Название измерительного средства	Метод измерения	Цена деления шкал, мм	Диапазон измерения, мм
Штангенциркуль	контактный		

2. Проведение расчётов и внесение расчётных параметров в таблицу:

Параметр	Размер с предельными отклонениями, мм	Расчётные значения, мм	
		max	min
Наружный диаметр ( $D$ ) шлицев вала			
Внутренний диаметр ( $d$ ) шлицев вала			
Ширина зуба ( $b$ ) вала			
Наружный диаметр ( $D_1$ ) шлицев втулки			
Внутренний диаметр ( $d_1$ ) шлицев втулки			
Ширина шлица ( $b_1$ ) втулки			
Вид сопряжения			

3. Проведение измерений и внесение действительных параметров в таблицу:

Параметр	Действительное значение, мм
Наружный диаметр ( $D$ ) шлицев вала	
Внутренний диаметр ( $d$ ) шлицев вала	
Ширина зуба ( $b$ ) вала	
Наружный диаметр ( $D_1$ ) шлицев втулки	
Внутренний диаметр ( $d_1$ ) шлицев втулки	
Ширина шлица ( $b_1$ ) втулки	

4. Выполнение эскиза прямоугольного шлицевого соединения.

5. Заключение о годности.

6. Вывод.

Работу выполнил

Работу принял

#### 4 Защита отчёта

Полная защита отчёта осуществляется после ответа на контрольные вопросы:

1. Расскажите о назначении шлицевых соединений.
2. Назовите типы шлицев по форме.
3. Какие виды посадок образуют шлицевые соединения?
4. Перечислите параметры прямобочного шлицевого соединения.
5. Как контролируются параметры эвольвентных шлицевых соединений?

#### 5 Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др.]. — М. : Академия, 2006. — 384 с.

2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2002. — 510 с.

3. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. — Минск : Оракул, 1995. — 268 с.

1. ГОСТ 23360-78. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки. — Взамен ГОСТ 8788-68, ГОСТ 8789-68 и ГОСТ 7227-58. — Введ. с 01.01.80. — М. : Изд-во стандартов, 1993.
2. ГОСТ 16093-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором. — Взамен ГОСТ 16093-70 и ГОСТ 17722-72. — Введ. с 01.01.82. — М. : Изд-во стандартов, 1981.
3. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения. Ряды допусков и основных отклонений. — Введ. с 01.01.90. — М. : Изд-во стандартов, 2001.
4. ГОСТ 30893.1-2002 (ИСО 2768-1-89). Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками. — Взамен ГОСТ 25670-83. — Введ. с 01.01.2004. — М. : Изд-во стандартов, 2003.
5. ГОСТ 8.113-85 Штангенциркули. Методика поверки. — Взамен ГОСТ 8.113-74. — Введ. с 01.01.87. — М. : Изд-во стандартов, 1986.
6. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. — Введ. 30.06.2004. — М. : Стандартинформ, 2010.
7. ГОСТ 9038-90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. — Введ. 01.07.91. — М. : Изд-во стандартов, 1994.
8. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения [Электронный ресурс] // ГОСТ ЭКСПЕРТ. — Режим доступа: [gostexpert.ru](http://gostexpert.ru). — Дата доступа: 16.08.2014. — Загл. с экрана.
9. Конструкция прибора ПБ-500П [Электронный ресурс] // ШТАНГЕЛЬ. РФ. — Режим доступа: [www.shtangель.рф/catalog](http://www.shtangель.рф/catalog) — Дата доступа: 16.07.2014. — Загл. с экрана.
10. Литвинович, Т. П. Технология контроля станочных и слесарных работ: учеб. пособие для учащихся учреждений, обеспечивающих получение проф.-техн. образование по учеб. специальности «Механическая обработка металла на станках и линиях» / Т. П. Литвинович. — Минск : РИПО, 2008. — 440 с. : ил.
11. Профилограф-профилометр АБРИС ПМ7 : ПМ7.00.00.000.РЭ : рук. по эксплуатации. — [Б. м.] : Абрис, 2005. — 40 с.
12. Стойка приборная для профилографа-профилометра АБРИС-ПМ7 : модель С2-200 : С2.00.00.000 РЭ : рук. по эксплуатации. — [Б. м.] : Абрис, 2005. — 11 с.

*Производственно-практическое издание*

**Литвинович Татьяна Петровна**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Практическое руководство  
по выполнению лабораторно-практических работ  
для студентов инженерно-технических специальностей**

**Заведующий РИО *Е. Г. Хохол***

**Технический редактор *А. Ю. Сидоренко***

**Корректор *Г. А. Пискун***

**Компьютерная вёрстка *С. М. Глушак***

Подписано в печать 30.12.2014.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 4,90. Уч.-изд. л. 3,30.

Заказ 319. Тираж 62 экз.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
от 2 сентября 2014 г. № 1/424.

Издатель: учреждение образования  
«Барановичский государственный университет»,  
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.