

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

И.В. Безсмолова

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для курсантов и студентов
технических специальностей
всех форм обучения

Калининград
Издательство БГАРФ
2018

БГАРФ

**УДК 006 (075)
Б 39**

Метрология, стандартизация и сертификация: метод. указания к выполнению лабораторных работ для технических специальностей / И.В. Безсмолова. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. – 66 с.

Методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки бакалавров и утвержденной УМО типовой рабочей программой «Метрология, стандартизация и сертификация» по техническим специальностям.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ТМ и М 18 июня 2018 г., протокол № 8 и рекомендуются для студентов всех форм обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

Рецензент: Вережкин В.И., профессор, д-р техн. наук,
профессор кафедры ТМ и М БГАРФ.

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018

БГАРФ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие организационно-методические указания	4
Введение	5
1. Лабораторная работа № 1. «Определение точности размера и формы цилиндрической детали»	14
2. Лабораторная работа № 2. «Контроль точности взаимного расположения осей в пространстве»	23
3. Лабораторная работа № 3. «Определение погрешности изготовления толщины и формы плоской пластины»	33
4. Лабораторная работа № 4. «Измерение радиального и торцевого биения»	41
5. Лабораторная работа № 5. «Оценка шероховатости поверхности деталей по эталонам»	46
6. Лабораторная работа № 6. «Измерение деталей машин угломерными приборами»	55
7. Лабораторная работа № 7. «Определение вида резьб и их обозначение»	58
Приложение А.....	63
Приложение Б	65
Приложение В.....	66

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Предлагаемые методические указания предназначены для курсантов и студентов очной, заочной и очно-заочной форм обучения по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация».

Каждая работа состоит из теоретической и практической части.

Вводная и теоретическая части отчета оформляются курсантами и студентами на листах формата А4 (ГОСТ 2.301-68) по ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» до начала выполнения работ.

При подготовке к занятию следует внимательно ознакомиться со стандартами и справочной литературой, регламентирующими терминологию и требования к назначению норм точности.

В процессе выполнения лабораторной работы полученные экспериментальные данные должны быть внесены в таблицы отчета и обработаны.

По окончании работы рабочее место должно быть приведено в порядок, инструменты, нормативные документы по окончании работы должны быть сданы преподавателю.

При выполнении лабораторных работ необходимо:

- использовать средства измерений по назначению;
- осторожно обращаться с режущими и колющими частями средств измерений;
- запрещается во время занятий находиться у приборов и другого оборудования, которое не используется в выполняемой лабораторной работе;
- запрещается без разрешения преподавателя приступать к выполнению лабораторной работы.

Защита отчета включает:

- объяснение сущности и методики выполнения лабораторной работы;
- объяснение принципа работы на данном приборе, его настройки, техники измерений, точности отсчета и области применения;
- объяснение проводимых измерений, данных единичных измерений и окончательных результатов;
- обоснование выводов и заключение.

ВВЕДЕНИЕ

Измерение геометрических размеров

Изготовление изделий машиностроения связано с обработкой материалов по заданным размерам, форме и качеству поверхности. При этом качество изделий контролируется средствами измерения геометрических величин. По принятой классификации к технике измерения геометрических величин относят измерения длин и углов, отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, параметров конусов, резьб и зубчатых колес.

Целью настоящего лабораторного практикума является ознакомление студентов с методами измерений деталей различного назначения, определение допусков формы и расположения, применяемыми при этом измерительными инструментами и приборами, а также приобретение практических навыков работы с нормативной документацией единой системы допусков и посадок (ЕСДП), измерения и оценки точности измерения. При этом студенты получают наглядное представление о связи чертежа с реальным воплощением детали.

Область линейно-угловых измерений характеризуется огромным числом измерительных задач и объектов измерения. Так, измерения отклонения формы и расположения поверхностей включают в себя измерения параметров шероховатости, отклонений от параллельности, биений, отклонений от перпендикулярности, эксцентриситетов и т. п.

При проведении линейных и угловых измерений на результат измерения значительное влияние оказывают: температура окружающей среды, атмосферное давление, влажность, вибрация и т. д. Для того чтобы избежать дополнительных погрешностей, вызываемых условиями, при которых выполняют измерения, Государственным стандартом установлены следующие требования производства линейных и угловых измерений:

- температура окружающей среды 20 °С;
- атмосферное давление 760 мм. рт. ст.;
- относительная влажность окружающего воздуха 58 %;
- ускорение сводного падения 9,8 м/с².

К механическим средствам измерения длины относятся штангенприборы, концевые меры длины, микрометрические приборы и измерительные головки.

Штангенприборы – к ним относят средства линейных измерений, объединенные общим принципом построения отсчетных

устройств, основанным на применении линейного нониуса. В зависимости от назначения различают штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы.

Штангенциркуль – универсальное средство измерения длины, диаметров валов и отверстий, глубины отверстий и расстояний между центрами отверстий.

Штангенглубиномер – предназначен для измерения глубины отверстий, пазов и т. п.

Штангенрейсмасс – средство измерения высотных размеров изделий.

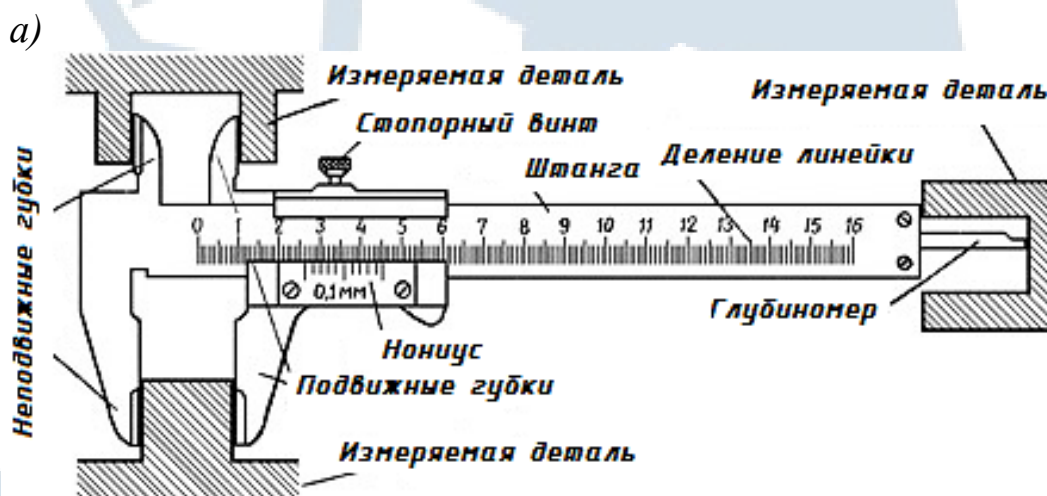
Штангенприбор (рис. 1) состоит из штанги 1 с неподвижной измерительной губкой и рамки 2, перемещающейся по штанге, с другой измерительной губкой. На штанге нанесена основная шкала с ценой деления 1 мм. На скосе рамки нанесена вспомогательная шкала 5, называемая нониусом, с ценой деления 0,9 мм, по которой отсчитываются дробные доли миллиметра. Отсчет размера выполняется по формуле

$$A = n_1 i_1 + n_2 i_2,$$

где i_1 и n_1 – цена деления и число целых делений основной шкалы, пройденных нулевым штрихом нониуса;

i_2 и n_2 – цена деления и порядковый номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом основной шкалы.

Для фиксирования рамки на рабочей части штанги служит стопорный винт. Рамка жестко связана с линейкой глубиномера. Верхние губки предназначены для измерения внутренних размеров, а нижние – наружных.



б)

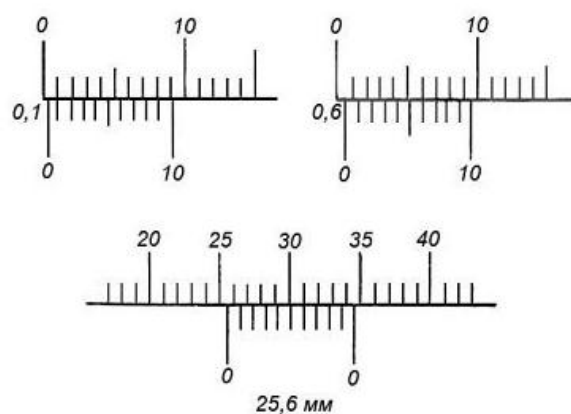


Рис. 1. Штангенциркуль

При совмещении нулевой отметки шкалы нониуса с нулевой отметкой шкалы штанги, первая за нулевой отметка шкалы нониуса оказывается смещенной относительно первой отметки шкалы штанги на 0,1 мм; соответственно вторая отметка шкалы нониуса будет смещена на 0,2 мм, а десятая на 1 мм, т. е. последняя отметка шкалы нониуса точно совпадает с отметкой 0,9 мм на шкале штанги.

Если при измерении размера шкала нониуса располагается так, что одна из отметок нониуса (не нулевая) совпадает с какой-либо отметкой шкалы штанги (не нулевой), то результат измерения определяется как сумма отсчетов по шкале штанги и произведения разности цены деления шкал штанги и нониуса на номер деления шкалы штанги, с которым совпала отметка нониуса. Так, измеренное значение на рис. 1, б будет соответственно равно:

$$0,1 (A = 0 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм});$$

$$0,6 (A = 0 \cdot 1 + 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм});$$

$$25,6 (A = 25 \cdot 1 + 0,1 \cdot 6 = 25,6 \text{ мм}).$$

Таким образом, с помощью нониуса можно произвести отсчет размера с точностью до 0,1 мм. В штангенприборах часто применяется нониус, обеспечивающий отсчет размера до 0,05 мм.

В некоторых современных моделях штангенприборов вместо нониуса применяются индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД) воспроизводят единицу длины одного фиксированного размера и выполняются в виде прямоугольного параллелепипеда из стали или твердого сплава

с двумя взаимно параллельными измерительными поверхностями. Расстояние между измерительными поверхностями определено с высокой точностью и известно (рис. 2).

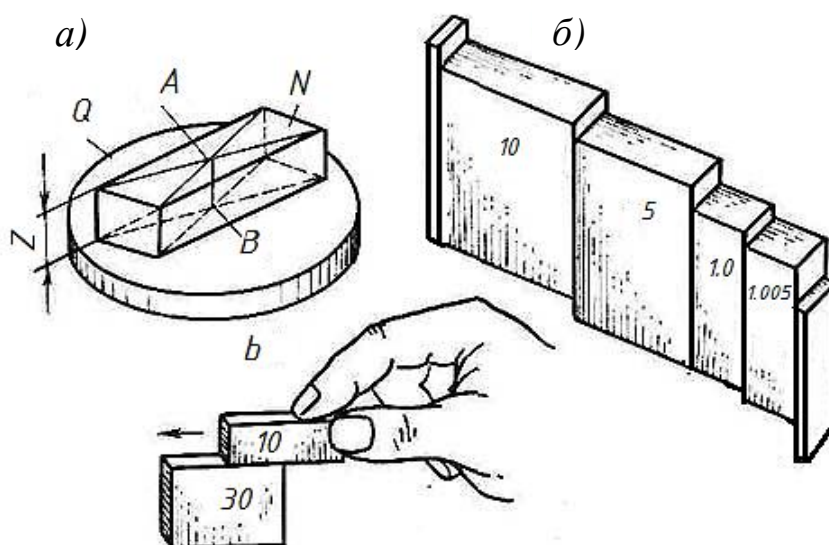


Рис. 2. Плоскопараллельные концевые меры длины

Измерительные поверхности отличаются от других поверхностей меры малой шероховатостью, благодаря чему ПКМД обладают свойством притираемости, т. е. способностью измерительной поверхности одной меры плотно сцепляться с измерительной поверхностью другой меры. Притираемость обусловлена силами молекулярного взаимодействия поверхностей.

ПКМД выпускаются в наборах с числом мер разного номинала от 10 до 112. Номинальные значения мер стандартизированы, поэтому притираемость мер позволяет собрать из них блок необходимой длины (от 0,1 до 1000 мм).

В зависимости от точности изготовления ПКМД относят к классам точности 00; 01; 0; 1; 2; 3.

Перед притиркой, выбранные для составления блока меры, очищают от смазки, промывают бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. После этого прикасаться руками к измерительной поверхности нельзя. Подготовленные таким образом меры притирают путем прикладывания или надвигания одной меры на другую. Для удобства пользования мерами, к наборам ПКМД поставляются наборы принадлежностей.

Микрометрические приборы (микрометры, микрометрические глубиномеры, микрометрические нутромеры) являются более точными, чем штангенприборы. Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микрометрического винта, установленного в неподвижную гайку, в его поступательное движение вдоль оси. Большинство микрометрических приборов имеет винт с шагом 0,5 мм, поэтому поворот винта в гайке на 360° приводит к перемещению вдоль оси на 0,5 мм.

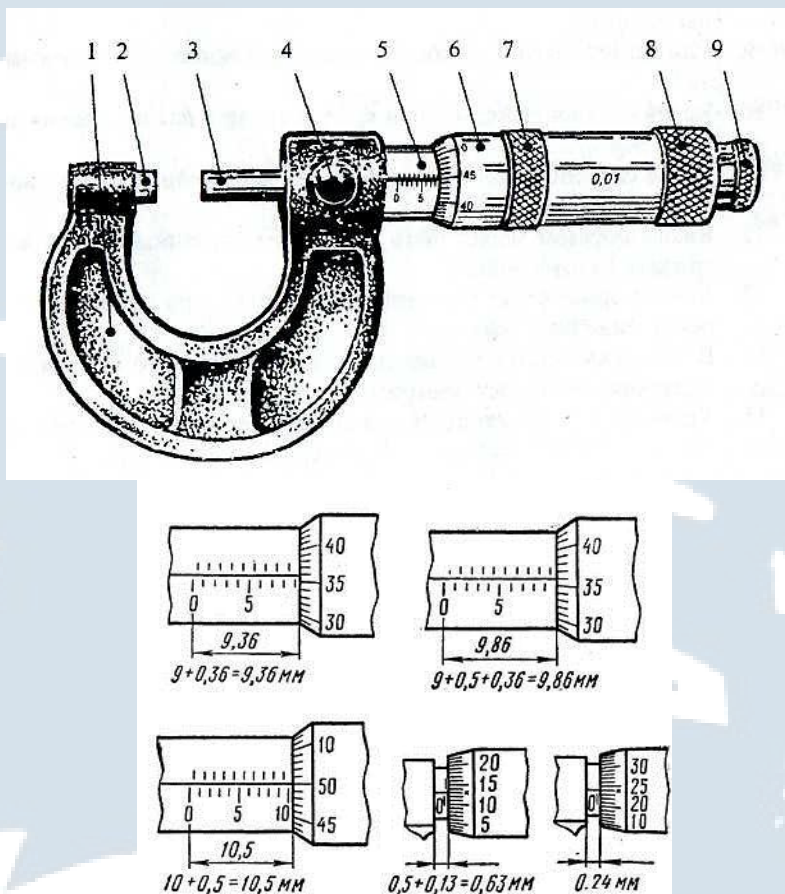


Рис. 3. Микрометр

Микрометр (рис. 3) состоит из скобы 1, с одной стороны у которой запрессована неподвижная пятка 2, а с другой укреплена микрометрическая головка, состоящая из стебля 5, барабана 6 в сборе с микровинтом 3 и механизмом трещотки 9. При вращении барабана стебель совершает поступательное движение и приводится в контакт с измеряемым объектом. Механизм трещотки обеспечивает при этом постоянство измерительного усилия. Винт 4 фиксирует положение микровинта. Перемещение микровинта отсчитывается по двум шкалам: одной, нанесенной по длине стебля, и второй, нанесенной по окружности ба-

рабана. Деления на стебле нанесены через 0,5 мм, а на шкале барабана имеется 50 отметок. Таким образом, одно деление шкалы барабана соответствует перемещению микровинта на $0,5/50 = 0,01$ мм.

Измерение микрометром производят, пользуясь трещоткой. Использование барабана для подвинчивания микровинта не допустимо. Не следует пользоваться микрометром с застопоренным микровинтом как жесткой скобой.

Для микрометрических приборов установлены два класса точности (1 и 2). Предельно допускаемая погрешность микрометрических приборов зависит от диапазона измерения. Так, для микрометров с пределами измерения 0...25 мм, класса точности 1, погрешность прибора не превышает $\pm 0,002$ мм, а у микрометров для измерения длин в диапазоне 400-500 мм, не превосходит $\pm 0,005$ мм.

Индикаторы часового типа (рис. 4) с ценой деления 0,01 мм являются наиболее распространенными измерительными головками. Они предназначены для работы в цеховых условиях при выполнении измерительных и контрольных операций. Принцип действия индикатора основан на преобразовании с помощью рычажно-зубчатой передачи линейных перемещений измерительного стержня в угловое перемещение стрелок. Лицевую сторону индикатора образует круговая шкала, на которой нанесено 100 делений с ценой деления 0,01 мм и малая шкала с ценой деления 1 мм. Передаточное отношение рычажно-зубчатой передачи подобрано так, что перемещение измерительного стержня на 1 мм вызывает поворот малой стрелки на одно деление. Таким образом, при измерении отсчет по малой шкале дает перемещение измерительного стержня в миллиметрах, а сотые доли миллиметра отсчитываются по большой шкале.

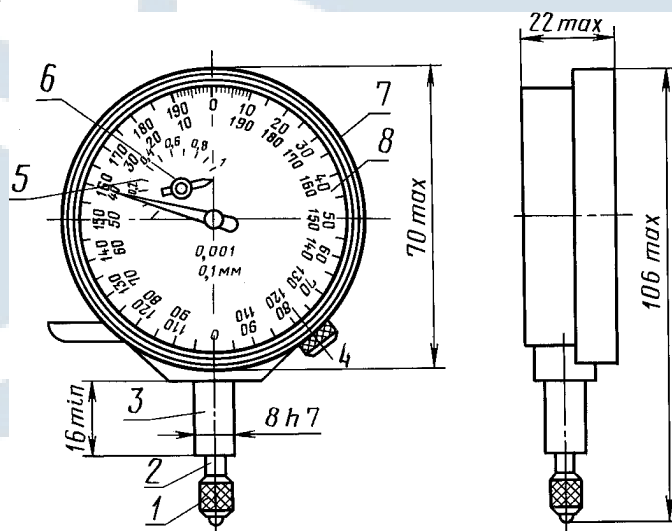


Рис. 4.

Пределы измерения индикаторов определяются ходом измерительного стержня. Выпускаются индикаторы часового типа с пределами измерения от 0...2 мм до 0...25 мм. Допускаемая погрешность индикаторов нормирована двумя классами точности (0 и 1). Погрешность индикатора класса точности 0 с пределами измерения 0...2 мм не превосходит ± 10 мкм, а индикатора того же класса с пределами измерения 0...25 мм – не превышает ± 22 мкм.

Для закрепления индикаторов и установки измеряемых изделий поставляются вспомогательные приспособления: стойки, штативы, кронштейны.

Для повышения точности измерения применяют многооборотные индикаторы, измерительный механизм которых обеспечивает получение цены деления 0,001 и 0,002 мм.

При конструировании изделий сложной формы широко используются угловые размеры. Во многих изделиях машиностроения применяют узлы и детали, качество работы которых зависит от точности их угловых размеров.

Методы измерения углов и конусов могут быть разбиты на 3 основные группы:

- сравнительный метод основан на сравнении контролируемых углов с угловыми мерами, угольниками и угловыми шаблонами;
- гониометрический метод – измеряемый угол сравнивают с соответствующим значением подразделения встроенной в прибор круговой или секторной шкалы;
- тригонометрический метод – измерение линейных величин, необходимых для определения угла.

Для измерения углов наиболее широкое распространение получили универсальные угломеры.

Универсальные угломеры УГ-1 или УГ-2 применяются для измерения контактным методом с отсчетом по угловому конусу наружных и внутренних углов различных изделий.

При измерении к каждой стороне измеряемого угла прикладывают плоские грани линеек угломера. Линейки соединены между собой шарнирно (осью 2). Одна из них связана с угломерной шкалой (линейка 1), другая – с указателем (линейка с нониусом 3). Отсчет показаний угломеров производят по двум шкалам – основной и нониусной (рис. 5).



Рис. 5

Целое число градусов отсчитывают по шкале диска до нулевого штриха нониуса. Затем определяют штрих нониуса, совпадающий со штрихом основной шкалы. Затем на нониусе определяют число минут, обозначенное ближайшим меньшим числом, совпадающим со штрихом нониуса. Показания градусов и минут складывают, причем минуты нужно умножить на точность отсчета.

Контактные угломеры применяют для измерения углов с точностью до $2'$ и $5'$. Для более точного измерения углов применяют универсальный и оптический приборы. Центральные углы (углы, образованные двумя радиусами) измеряют с помощью оптических делительных головок с ценой деления 5 ; 10 ; $60'$. Углы между двумя гранями измеряют гониометрами, а малые угловые отклонения от горизонтали и вертикали – уровнями.

Резьбомер (шаблон резьбовой) служит для определения шага резьбы, как внутренней, так и внешней. Существует два набора резьбомеров: набор № 1 состоит из 20 шаблонов для метрической резьбы с шагом от $0,4$ до 6 мм и набор № 2 состоит из 16 шаблонов для дюймовой (трубной резьбы) с числом ниток на один дюйм от 28 до 4.

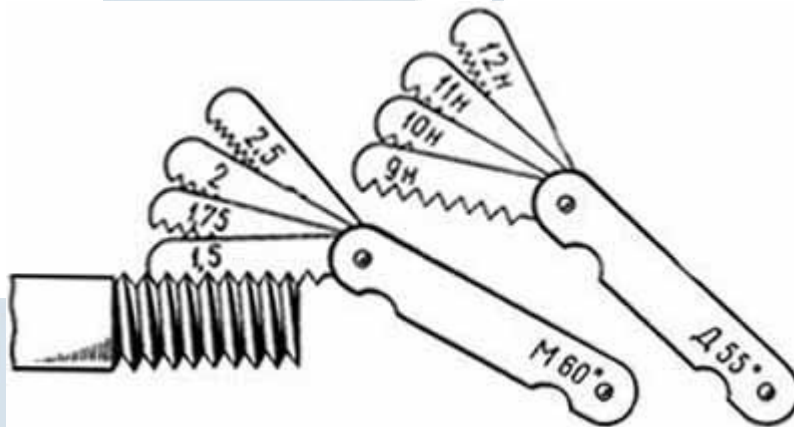


Рис. 6

Пользуются резьбомером следующим образом. Для этого нужно на глаз оценить размер резьбы, к примеру, болта, и приложить один из шаблонов к резьбе. Если он не входит (рис. 7, а), берете другой и пробуете его, так до точного совпадения, чтобы зубцы полностью вошли без зазора (рис.7, б).

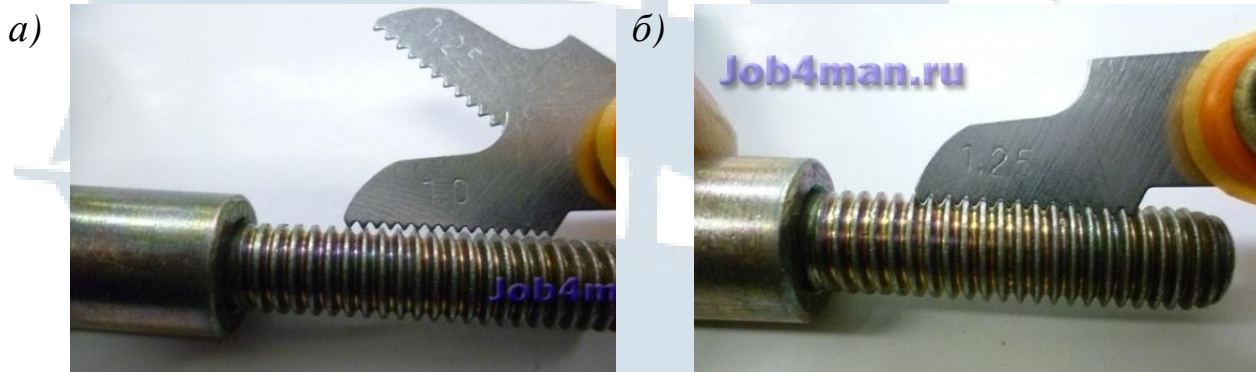


Рис. 7

Когда шаблон совпал идеально – измерения закончены. Шаг указан на самом шаблоне.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРА И ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ»

1. Цель работы:

- ознакомиться с конструкцией и принципом работы микрометра;
- освоить технику измерения действительных размеров детали;
- уметь по таблицам ГОСТ найти величины предельных отклонений, подсчитать предельные размеры и точность размеров;
- научиться обозначать допуски формы и расположения по ГОСТ 2.308-2011.

2. Содержание работы

1. Измерить габаритные размеры цилиндрической детали. Сравнить их с номинальными размерами.
2. Собрать статистический материал в соответствии с методикой, изложенной ниже.
3. Проанализировать данные измерений и определить допуск, круглость и цилиндричность детали.

3. Инструменты и оборудование:

- деталь цилиндрической формы (вал);
- микрометр гладкий;
- набор плоскопараллельных концевых мер;
- штангенинструменты.

4. Основные понятия

Детали машин и других изделий ограничены замкнутыми поверхностями, состоящими обычно из цилиндрических, конических и иных участков. Необходимо различать номинальные геометрические поверхности, имеющие формы и размеры, и действительные реальные поверхности, полученные в результате обработки или видоизменяемые в процессе эксплуатации, размеры которых определены путем измерения с допускаемой погрешностью.

Точность размера характеризуется основным отклонением и качеством (поле допуска), а точность формы – следующими показателями:

- отклонение от круглости – показатель точности формы в поперечном сечении;

- отклонение профиля продольного сечения – показатель точности формы в продольном сечении;
- отклонение цилиндричности – показатель точности формы всего цилиндра.

Прилегающая окружность – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 1, а).

Прилегающий цилиндр – это цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности или цилиндр максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность (рис. 2, а; 2, б).

Отклонение от круглости – наибольшее расстояние **TFE** от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 1, а). Частными видами отклонений от круглости являются овальность (рис. 1, в) и огранка (рис. 1, г).

Овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

Огранка – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка подразделяется по числу граней. В частности, огранка с нечетным числом граней характеризуется тем, что диаметры профиля поперечного сечения во всех направлениях одинаковые.

Допуск круглости T – наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости (рис. 1, а).

Поле допуска круглости – область на плоскости, перпендикулярной оси поверхности вращения или проходящей через центр сферы, ограниченная двумя концентрическими окружностями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску круглости **TFK** (рис. 1, б).

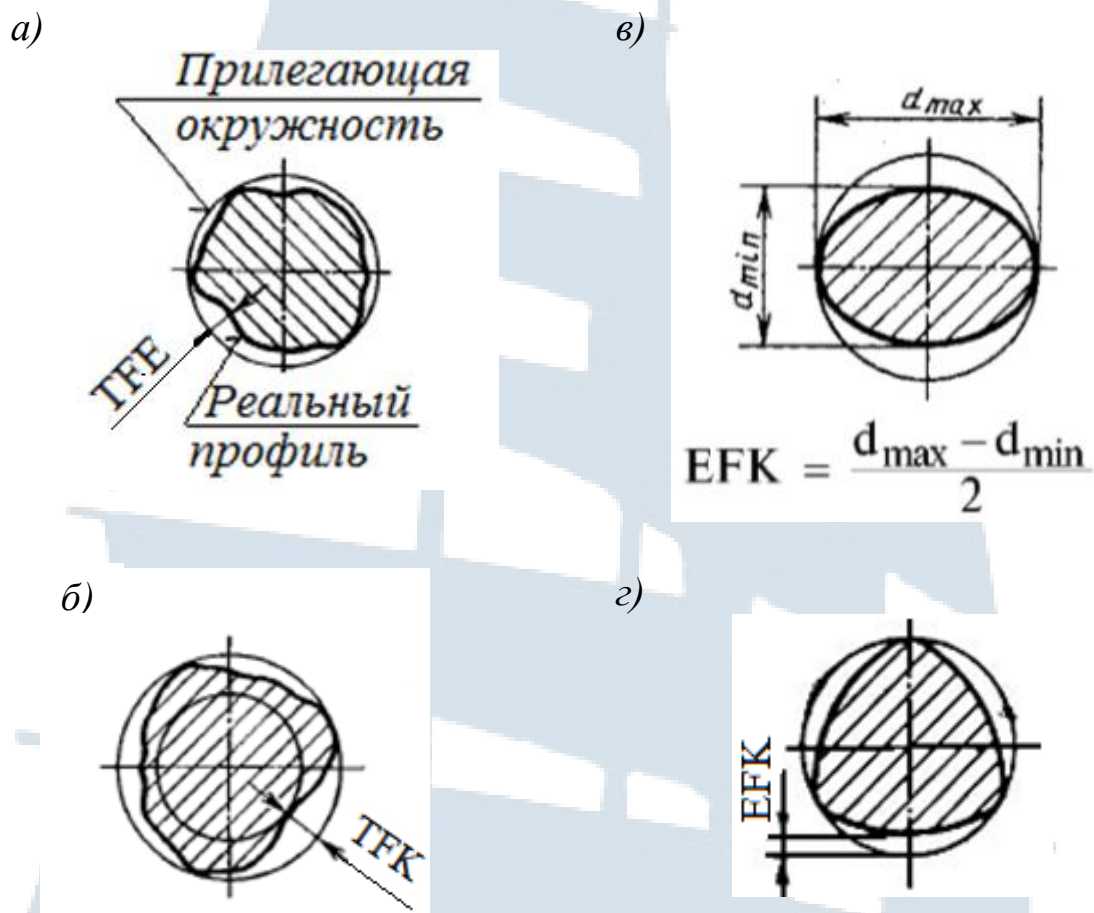


Рис. 1. Виды отклонений формы:
 а) отклонение от круглости; б) допуск круглости;
 в) овальность; г) огранка

Отклонение от цилиндричности – наибольшее расстояние **TFZ** от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка **L** (рис. 2, а).

Допуск цилиндричности – наибольшее допускаемое значение отклонения от цилиндричности (рис. 2, б).

Поле допуска цилиндричности – область в пространстве, ограниченная двумя соосными цилиндрами, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску цилиндричности **TFZ** (рис. 2, б).

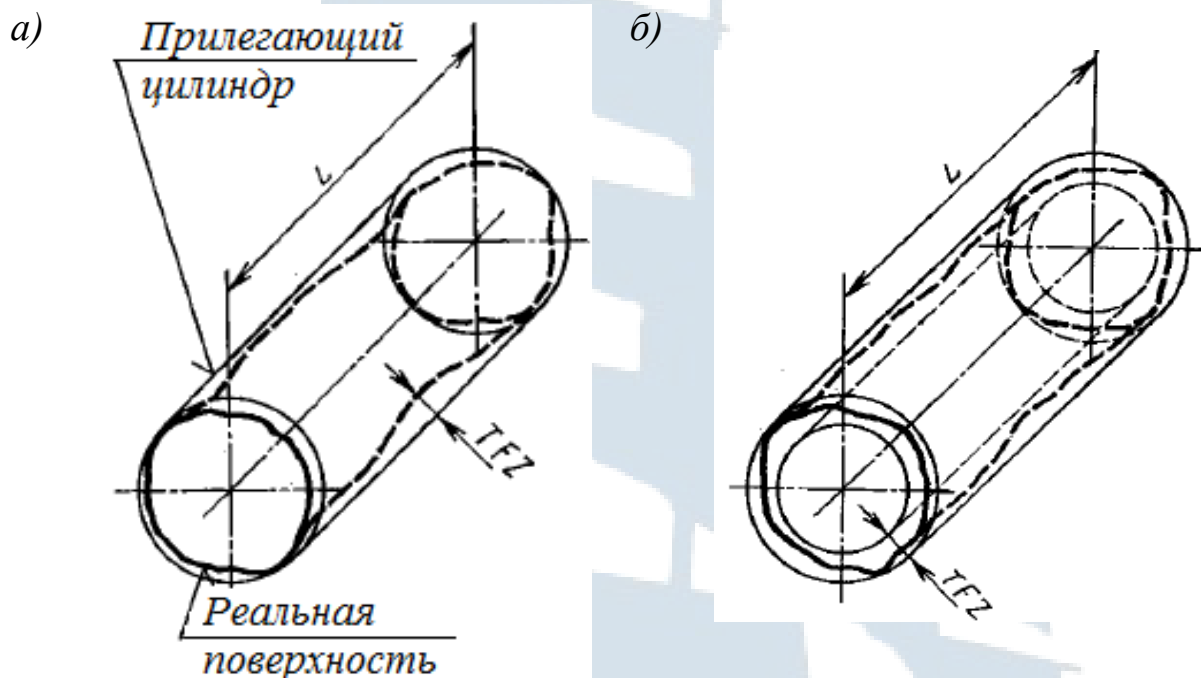


Рис. 2.

а) отклонение от цилиндричности; б) поле допуска цилиндричности

Отклонение профиля продольного сечения – наибольшее расстояние **EFP** от точек реальной поверхности, лежащей в плоскости, проходящей через ее ось до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 3, а). Частными видами отклонения профиля продольного сечения является конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 3, в).

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 3, г).

Седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 3, в).

Допуск профиля продольного сечения – наибольшее допускаемое значение отклонения профиля продольного сечения (рис. 3, а).

Поле допуска профиля продольного сечения – области на плоскости, проходящей через ось цилиндрической поверхности, ограниченные двумя парами параллельных прямых, имеющих общую ось симметрии и отстоящих друг от друга на расстоянии, равном допуску профиля продольного сечения **TFP** (рис. 3, б).

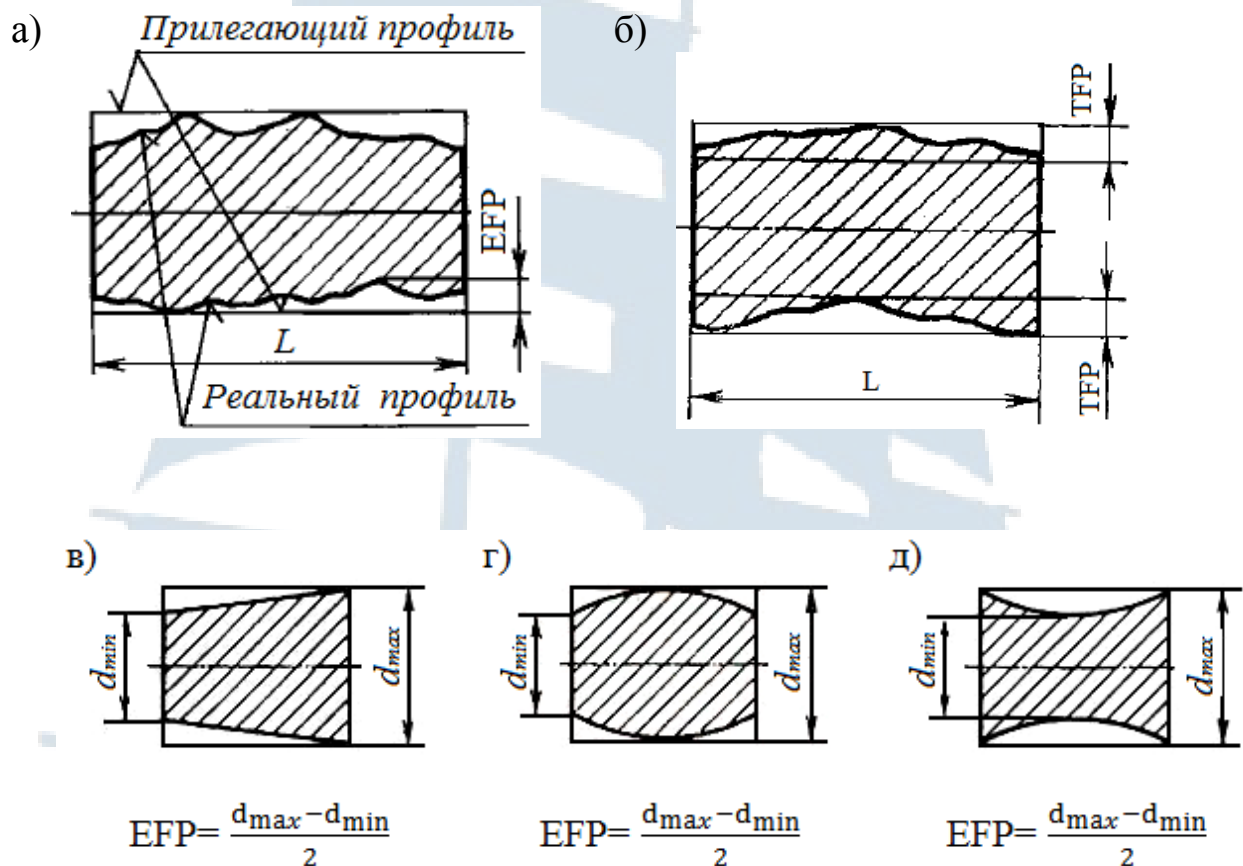


Рис. 3.

а) отклонение; б) допуск профиля продольного сечения;
 в) конусообразность; г) бочкообразность; д) седлообразность

5. Порядок выполнения работы

Процедура определения точности изготовления размера и формы цилиндрической детали основана на статистическом материале, полученном в результате измерения ее по длине и диаметру.

1. Измерить наружную поверхность детали в 7 сечениях и в 8 точках (рис. 4 и результаты измерения занести в табл. 1).

2. Определить значение номинального диаметра d_n как ближайшего к измеренным, пользуясь ГОСТ 6636-69.

3. Определить величину действительных отклонений:

$$es = d_{\max} - d_n;$$

$$ei = d_{\min} - d_n.$$

4. Определить величину действительного допуска по разности предельных значений или отклонений из всех измерений

$$Td = d_{\max} - d_{\min} \text{ или } Td = es - ei.$$

5. Выбрать номер качества по ГОСТ 25346-82.

$$es_{ст} - Td_{ст} \leq es - Td \text{ или } ei_{ст} + Td_{ст} \geq ei + Td.$$

6. На схему расположения полей допуска нанести нормированные по стандарту величины предельных отклонений и обозначить стандартное поле допуска (рис. 5).

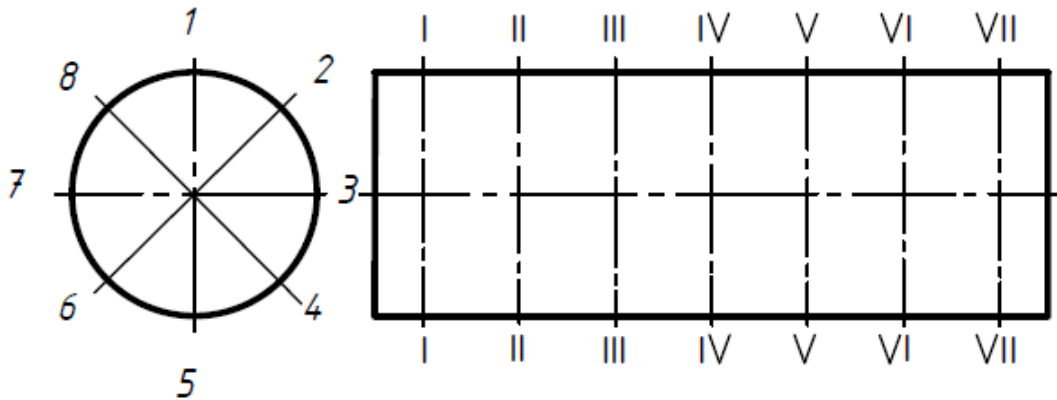


Рис. 4

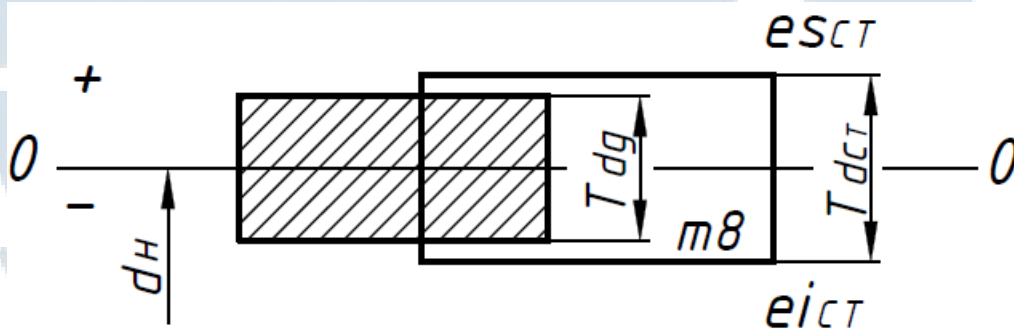


Рис. 5. Схема расположения полей допусков (действительного и стандартного) вала

Определить величины отклонения от круглости и отклонения профиля продольного сечения по разности измеренных предельных значений в соответствующих сечениях и направлениях.

Определить действительные величины отклонения от цилиндричности по разности предельных значений из всех измерений

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}.$$

Степень точности формы поверхности детали определяется по ГОСТ 24643-81 по условию $EFP_{\delta \text{ ст}} \geq EFP_{\delta}$ с учетом, что для деталей машиностроения степень точности формы на единицу меньше качества размера.

5. Для указанного сечения построить реальный профиль и указать отклонение от круглости, допуск и поле допуска круглости.

8. Для указанного направления построить профиль продольного сечения и указать отклонение от профиля продольного сечения, допуск и поле допуска профиля продольного сечения.

9. На эскизе детали указать номинальный размер диаметра (Приложение Б) с предельными отклонениями в соответствии с ГОСТ 2.308-2011 указать точность формы детали.

Таблица 1

Результаты измерений цилиндра

№ п/п	Номер сечения						
	I-I	II-II	III-III	IV-IV	V-V	VI-VI	VII-VII
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
Σ							
$\Sigma/8$							

Таблица 2

Результаты измерений

1	Наибольший размер	d_{\max}	ММ	
2	Наименьший размер	d_{\min}	ММ	
3	Номинальный размер	d_n	ММ	
4	Действительное отклонение	es	МКМ	
		ei	МКМ	
5	Действительный допуск	Td	МКМ	
6	Допуск по ГОСТ 25346-82	$Td_{\text{ст}}$	МКМ	
7	Номер качества по ГОСТ 25346-82			
8	Действительное отклонение от круглости	EFK_d	МКМ	

9	Значение допуска круглости по ГОСТ 24643-81	TFK _{д.ст}	МКМ	
10	Степень точности круглости по ГОСТ 24643-81			
11	Действительное отклонение от профиля продольного сечения	ЕFP _д	МКМ	
12	Значение допуска профиля продольного сечения по ГОСТ 24643-81	TFP _{д.ст}	МКМ	
13	Степень точности профиля продольного сечения по ГОСТ 24643-81			
14	Действительное отклонение от цилиндричности	EFZ _д	МКМ	
15	Значение допуска цилиндричности по ГОСТ 24643-81	EFZ _{д.ст}	МКМ	
16	Степень точности цилиндричности по ГОСТ 24643-81			

6. Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.
2. Используемые инструменты (наименование, тип, модель, цена деления, заводской номер, пределы измерений).
3. Результаты измерений и расчетов, сведенные в таблицу.
4. Схема поля допуска с указанием основного отклонения и обозначением поля допуска.
5. Обозначение для указанного сечения отклонения от круглости и допуска круглости.
6. Обозначение для указанных точек профиля продольного сечения отклонения.
7. Эскиз детали с указанием требований точности по ГОСТ 2.308-2011.
8. Вывод о точности размера и формы цилиндрической детали.
9. Вывод о погрешности.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 573 с.

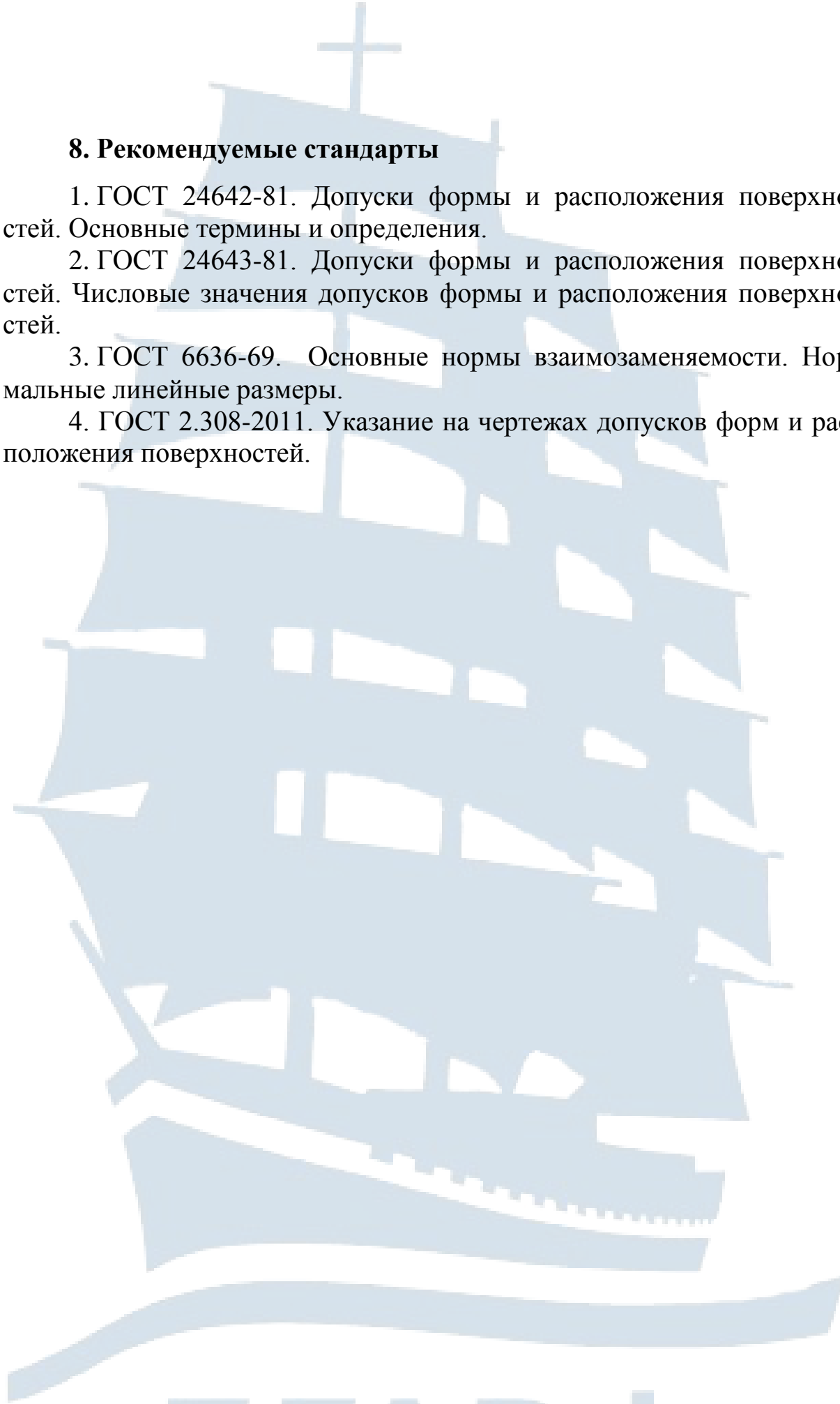
8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.

2. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей.

3. ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры.

4. ГОСТ 2.308-2011. Указание на чертежах допусков форм и расположения поверхностей.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ»

Цель работы:

- освоить методику контроля взаимного расположения в пространстве осей деталей машин;
- научиться пользоваться: ГОСТ 24642-81 «Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения»; а также ГОСТ 24643-81 «Числовые значения допусков»;
- научиться обозначать допуски формы и расположения по ГОСТ 2.308-2011.

2. Оборудование, инструменты, оснастка:

- деталь;
- поверочная плита;
- угольник;
- индикатор со стойкой;
- штангенрейсмус;
- щупы;
- призма.

3. Основные понятия

Отклонение от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой) – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах **ЕPR** на длине нормируемого участка (рис. 1, а).

Допуск перпендикулярности – наибольшее допускаемое значение отклонения от перпендикулярности

Поле допуска перпендикулярности – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску перпендикулярности **TPR** и перпендикулярными к базовой плоскости (рис. 1, б).

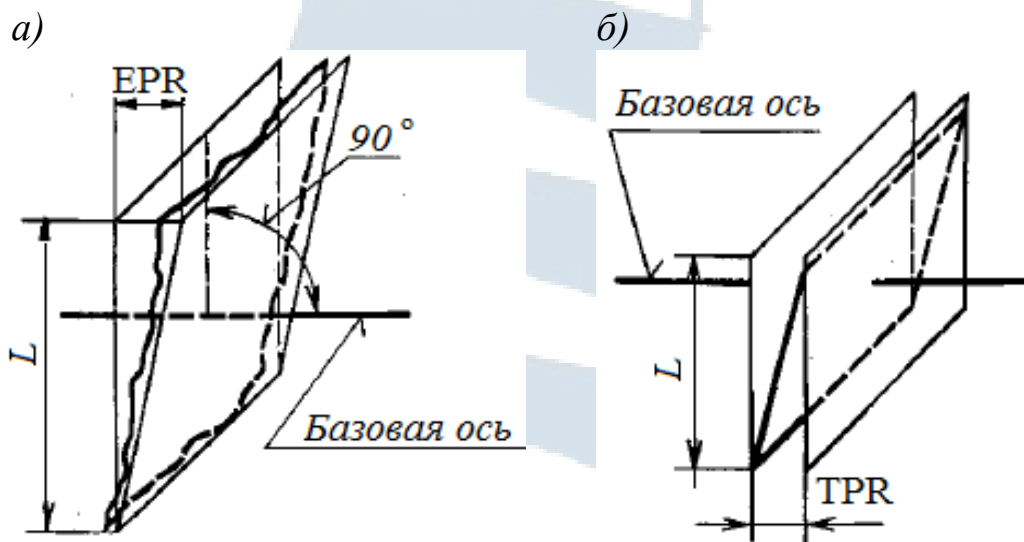


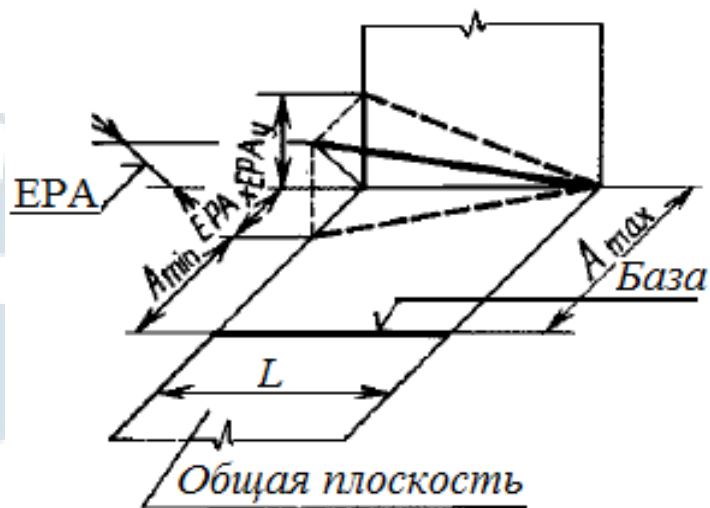
Рис.1.

- а) отклонение от перпендикулярности;
 б) поле допуска перпендикулярности.

Отклонение от параллельности осей в пространстве – геометрическая сумма EPA отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей, т. е. плоскостью, проходящей через одну (базовую) ось и точку другой оси (рис. 2).

Перекося осей (прямых) – отклонение от параллельности EPA_x проекций осей (прямых) на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости осей и проходящую через одну из осей (базовую).

Поле допуска параллельности осей (прямых) в пространстве – это область в пространстве, ограниченная прямоугольными параллелепипедом, стороны сечения которого равны соответственно допуску T перекося осей, а боковые грани параллельны общей плоскости осей (рис. 3).



$$EPA_x = A_{\max} - A_{\min}$$

$$EPA = \sqrt{EPA_x^2 - EPA_y^2}$$

Рис. 2.

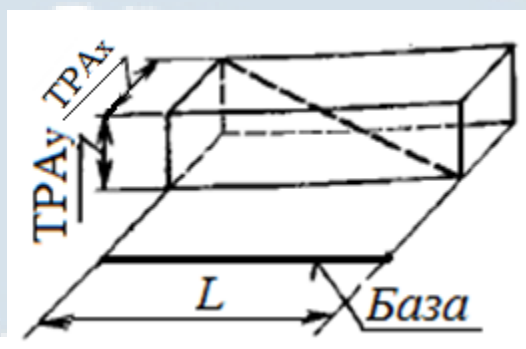


Рис. 3.

Отклонение от соосности относительно общей оси – это наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и базой (осью базовой поверхности или общей осью двух или нескольких поверхностей) на длине нормируемого участка (рис. 4).

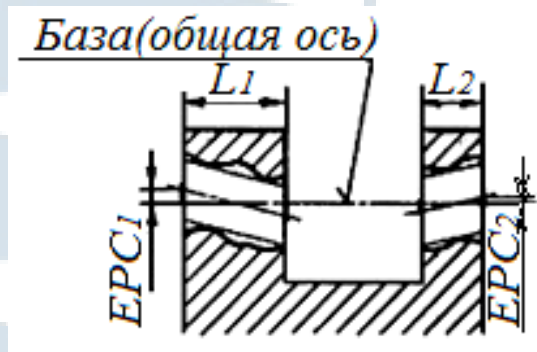


Рис. 4.

Допуск соосности в диаметральном выражении равен удвоенному наибольшему допускаемому значению отклонения от соосности, а в радиусном выражении – наибольшему допускаемому значению этого отклонения (рис. 5).

Поле допуска соосности – область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску соосности в диаметральном выражении T или удвоенному допуску соосности в радиусном выражении R , а ось совпадает с базовой осью (рис. 5).

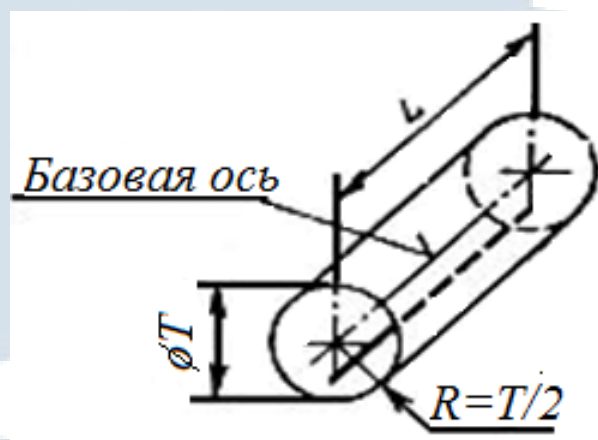


Рис. 5.

Отклонение от пересечения осей – наименьшее расстояние ERP между номинально пересекающимися осями (рис. 6).

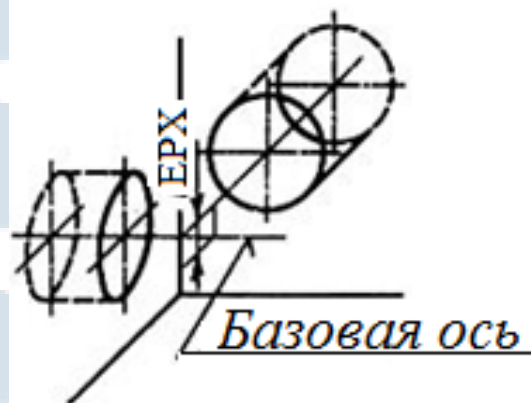


Рис. 6.

Допуск пересечения осей. Допуск в диаметральном выражении – удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей. Допуск в радиусном выражении – наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей. Допуск пересечения осей рекомендуется указывать в диаметральном выражении.

Поле допуска пересечения осей – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску пересечения в диаметральном выражении TRX или удвоенному допуску пересечения в радиусном выражении $TRX/2$ и расположенными симметрично относительно базовой оси (рис. 7).



Рис. 7.

4. Содержание работы

1. Проверить перпендикулярность и пересечение осей поршня и оси отверстия проушин.
2. Проверить соосность и параллельность осей валов заданной детали (осей коренных и мотылевых шеек коленчатого вала).

5. Порядок выполнения работы

Контроль взаимного расположения осей валов удобно производить от поверочной плиты. Проверка расположения поверхностей и осей производится различными измерительными и поверочными устройствами.

1. Проверка перпендикулярности осей поршня и проушин под поршневой палец.

За базу измерения принимается торец юбки поршня, который является технологической базой и поэтому должен быть перпендикулярен оси поршня.

Поршень ставится торцом на контрольную плиту (прилегающую поверхность) и по равномерности просвета с боковой поверхностью поршня (рис. 8) угольником проверяется надежность базы. При повороте поршня относительно угольника может быть обнаружен изменяющийся по величине просвет, причиной которого могут быть забоины на торце. Их следует осторожно снять напильником и еще раз проверить по угольнику надежность измерительной базы.

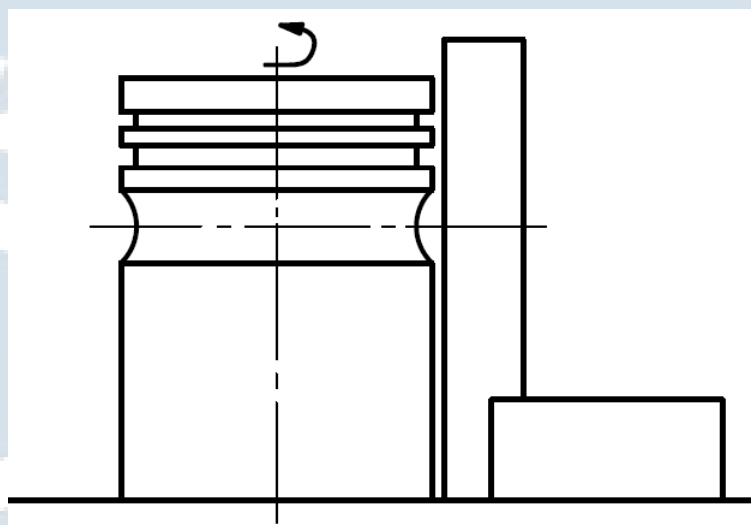


Рис. 8.

2. Установить контрольную оправку 2 (рис. 9) в отверстие поршня 1, а индикатор 3 со стойкой 4 – на плиту. Подвести индикатор измерительным наконечником 5 сверху на одно из сечений какого-либо из концов оправки 2 с натягом 1-2 оборота стрелки. Перемещая индикатор поперек оправки, найти точку возврата стрелки и установить шкалу индикатора нулем на стрелке.

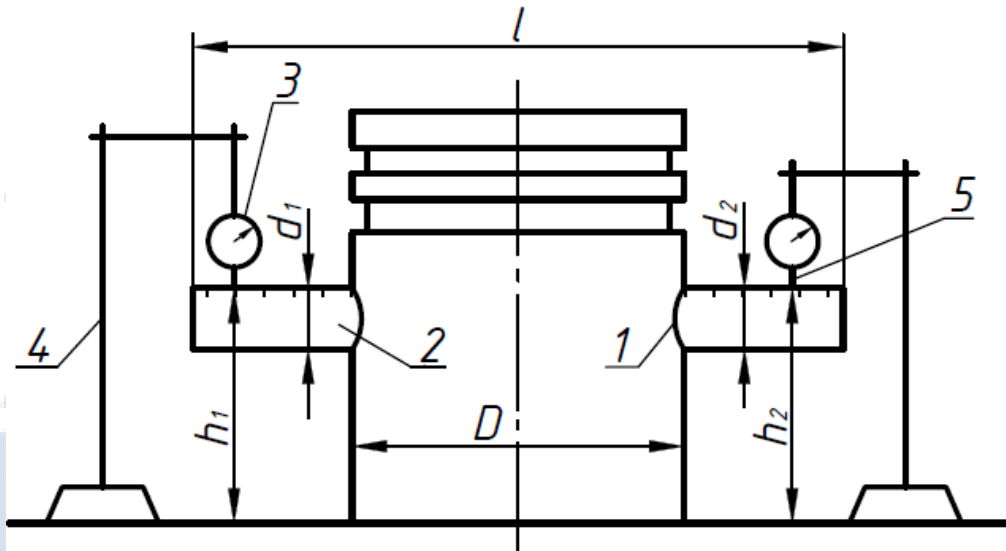


Рис. 9.

Снять показания индикатора вдоль образующей оправки в 6 сечениях с учетом знака для обеих оправок и занести показания в табл. 1.

Измерить с помощью штангенрейсмусов отметки верха образующих обеих оправок h_1 и h_2 , микрометром их диаметры d_1 и d_2 , линейкой – расстояние между кратчайшими сечениями обеих оправок l .

Условием перпендикулярности осей является равенство $h_1 = h_2$.

Разность $h_1 - h_2 = \Delta h$ свидетельствует о перекосе на длине l .

Величина действительного отклонения от перпендикулярности осей поршня и отверстия под палец на длине, равной диаметру поршня, определяется по формуле:

$$EPR = \left[\Delta h - \frac{d_1 - d_2}{2} \right] \frac{D}{2}, \text{ мм}$$

где Δh – разность показаний штангенрейсмусов.

Определить степень точности перпендикулярности осей по ГОСТ 24643-81 по условию $EPR_{\partial} \leq EPR_{ст}$ и указать на эскизе детали допуск перпендикулярности осей по ГОСТ 2.308-2011.

Провести анализ характера отклонений и дать заключение о соосности.

Определить отклонение и допуск соосности по ГОСТ 24642-81, степень точности соосности по ГОСТ 24643-81 по условию $EP_{\delta} \leq EP_{\text{ст}}$ и указать на эскизе детали допуск соосности по ГОСТ 2.308-2011.

Определение отклонения от пересечения осей поршня и отверстий под палец.

Установить поршень с контрольной оправкой базовой поверхностью на призму (рис. 10). За базу измерения принимается юбка поршня – боковая поверхность поршня до канавок под кольца.

Уравнять оправку двумя штангенрейсмусами относительно плиты ($h_1 = h_2 = h$).

Записать размер h от плиты до верхней образующей оправки.

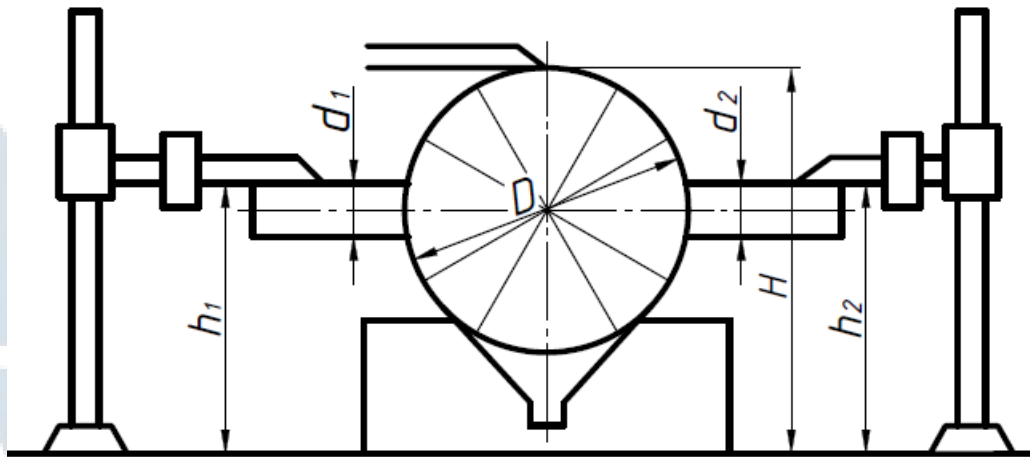


Рис. 10.

Снять размер H от плиты до верхней образующей поршня с помощью штангенрейсмуса, измерить диаметры оправки d и поршня D микрометрами.

Произвести вычисления и дать заключение о пересечении осей, исходя из условия:

$$H - \frac{D}{2} = h_i - \frac{d_i}{2}.$$

Определить степень точности пересечения осей по ГОСТ 24643-81 при условии, что $EP_{X_d} \leq EP_{X_{\text{ст}}}$ и указать на эскизе детали допуск пересечения осей по ГОСТ 2.308-2011.

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

Диаметр поршня D , мм	Диаметр оправки d_i , мм		Расстояние между сечениями L , мм	Показания штангенрейсмуса, мм		Действительное отклонение от перпендикулярности EPR , мм					
	d_1	d_2		h_1	h_2						
	Отклонения образующей										
Левая часть						Правая часть					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Высота образующей поршня над плитой H , мм				Высота концов оправки над плитой h_i , мм				Действительное отклонение от пересечения осей EPX , мм			
				h_1		h_2					
Заключение о годности детали											
Действительное отклонение от перпендикулярности						EPR_d		мкм			
Значение допуска перпендикулярности по ГОСТ 24643-81						$TPR_{ст}$		мкм			
Степень точности											
Действительное отклонение от пересечения осей						EPX_d		мкм			
Значение допуска пересечения осей по ГОСТ 24643-81						$TPX_{ст}$		мкм			
Степень точности											
Действительное отклонение от соосности						EPC_d		мкм			
Значение допуска соосности по ГОСТ 24643-81						$TPC_{ст}$		мкм			
Степень точности											

6. Содержание отчета

1. Тема, цель.
2. Задание.
3. Применяемые инструменты и приборы, их цены деления и предельные погрешности измерения.
4. Эскизы деталей и схемы измерения.
5. Замеры и расчеты.

6. Заключение о точности расположения проверяемых элементов деталей и степенях точности по ГОСТ 24643-81.

7. Обозначение на эскизе детали допусков расположения в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – С. 524-573.

8. Рекомендуемые стандарты ЕСКД

1. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. основные термины и определения.

2. ГОСТ 24643-81 (СТ СЭВ 636-77). Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения допусков.

3. ГОСТ 2.308-2011 (СТ СЭВ 368-76). Указание на чертежах допусков форм и расположения поверхностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И ФОРМЫ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ»

1. Цель работы:

- освоить технику определения погрешностей размеров и формы плоской пластины;
- освоить методику обработки результатов многократных измерений.

2. Оборудование, инструменты:

- мерная плита;
- меры плоскопараллельные;
- штангенциркуль;
- угломер;
- индикатор со стойкой.

3. Основные понятия

В результате обработки или эксплуатации детали машин получают реальные (действительные) поверхности, отличающиеся по форме и взаимному расположению от заданных чертежом. Степень соответствия действительной и требуемой поверхностей определяется степенью точности. В основу нормирования и количественной оценки отклонения формы и взаимного расположения плоскостей положен принцип прилегающих поверхностей.

Прилегающая поверхность – это поверхность, соприкасающаяся с реальной и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 1).



Рис. 1.

Отклонение от прямолинейности в плоскости – наибольшее расстояние **EFL** от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 2, а).

Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость (рис. 2, б, в).

Допуск прямолинейности – наибольшее допускаемое значение отклонения от прямолинейности.

Поле допуска прямолинейности в плоскости – область на плоскости, ограниченная двумя параллельными прямыми, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску прямолинейности **TFL**.

Отклонение формы – это отличие формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (прямой) по нормали к прилегающей поверхности (прямой), при этом, как правило, волнистость включается, а шероховатость не включается в отклонении формы.

Отклонение от плоскостности – наибольшее расстояние **EFE** от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 2, г).

Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость и вогнутость.

Допуск плоскостности – наибольшее допускаемое значение отклонения от плоскостности.

Поле допуска плоскостности – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску плоскостности **TFE** (рис. 2, д).

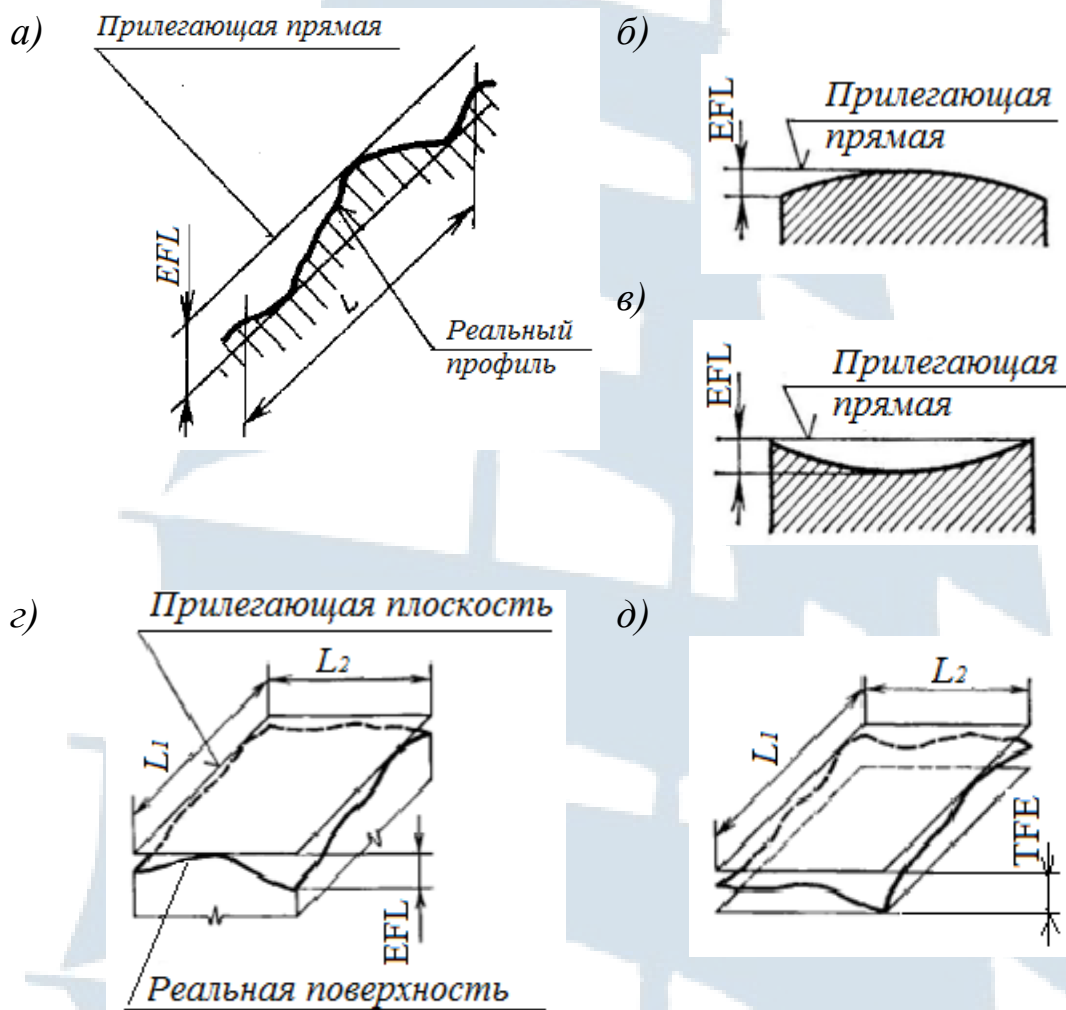


Рис. 2.

- а) отклонение от прямолинейности; б) выпуклость; в) вогнутость;
 г) отклонение от плоскостности; д) поле допуска плоскостности

4. Содержание работы

I часть

1. Измерить габаритные размеры и углы пластины и сравнить их с номинальными размерами и углами.

2. Начертить эскиз детали, указать габаритные размеры с ошибками измерения.

3. Измерить толщину пластины не менее 40 раз по двум направлениям. Данные измерений занести в табл. 1.

4. По результатам измерений построить график реального профиля пластины и определить:

- отклонение от прямолинейности;

- допуск прямолинейности;
- поле допуска прямолинейности;
- отклонение от плоскостности;
- допуск плоскостности;
- поле допуска плоскостности;

5. Указать допуски прямолинейности и плоскостности в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.

II часть

По результатам многократных наблюдений определить:

- результат измерения;
- рассеяние отдельных результатов относительно среднего;
- среднее квадратическое отклонение (СКО) результатов;
- определить границы доверительного интервала случайных величин с выбранной доверительной вероятностью;
- в табл. 2 условными обозначениями отметить случайные величины, входящие в доверительный интервал;
- сделать вывод.

5. Порядок выполнения работы

I часть

1. Привести средство измерения в рабочее положение, определить погрешность показаний.

2. Измерение пластины:

- измерить габаритные размеры пластины;
- измерить углы пластины;
- начертить эскиз пластины и указать размеры сторон и углов;

3. На поверхности пластины наметить две линии в различных сечениях и на каждой линии наметить точки, в которых будет производиться измерение толщины пластины. Таких точек должно быть от 20 до 40 в зависимости от размера пластины.

4. Пластину поместить на поверочную плиту таким образом, чтобы измеряемая поверхность была обращена вверх и располагалась параллельно поверхности плиты (рис. 3).

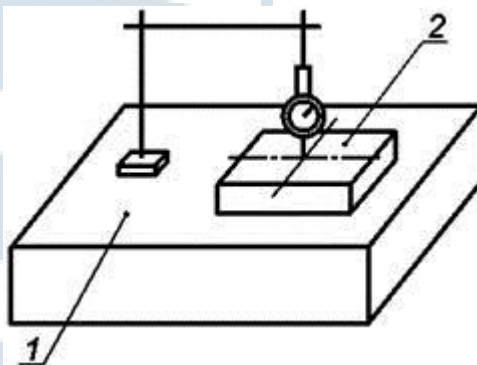


Рис. 3.

1 – поверочная плита; 2 – пластина

5. Настроить индикатор часового типа на стойке по концевой плоскопараллельной мере, соответствующей толщине пластины.

Произвести измерения и результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерения прямолинейности

линия I – I										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_i , МКМ										
h_i , ММ										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Δ_i , МКМ										
h_i , ММ										
линия II – II										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_i , МКМ										
h_i , ММ										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Δ_i , МКМ										
h_i , ММ										

6. Построить профилограмму сечений, на которой указать отклонение от прямолинейности, допуск и поле допуска прямолинейности, отклонение от плоскостности, допуск и поле допуска плоскостности.

7. В соответствии с ГОСТ 2.308-2011 обозначить допуски прямолинейности и плоскостности.

8. Сделать вывод о прямолинейности и плоскостности пластины.

Часть II

Обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями.

При рассмотрении свойств и характеристик распределения случайных погрешностей ограничимся тем, что результаты измерений распределены нормально. Проанализируем ряд измерений на наличие промахов.

Таблица 2

Результаты измерений, абсолютные ошибки

Номер измерения	$h_i, \text{мм}$	$\Delta h_i, \text{мм}$	Δh_i^2	Номер измерения	$h_i, \text{мм}$	$\Delta h_i, \text{мм}$	Δh_i^2
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			
				Σ			Σ
				$\Sigma/40$			

Вероятность попадания случайной погрешности в симметричный интервал, называемый доверительным с границами $+\varepsilon$ и $-\varepsilon$ ($\pm\varepsilon$) при нормальном распределении выражается формулой:

$$P[-\varepsilon \leq \delta \leq +\varepsilon] = P[|\varepsilon| \leq \delta] = \Phi(t),$$

Величина $\Phi(t) = \Phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right)$, соответствующая данному доверительному интервалу, называется интегралом вероятностей (интегралом Лапласа).

1. Для практического применения нормального закона распределения за наиболее приемлемое значение измеряемой величины можно принять среднее арифметическое значение ряда измерений величины h , полученное по формуле:

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i.$$

2. Рассеяние каждого отдельного измерения определяется как модуль разности каждого измерения и среднего арифметического значения:

$$\Delta h_i = |h_i - \bar{h}|.$$

3. Качество измерения характеризуется средней квадратичной ошибкой:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}}.$$

4. Вычислив оценку σ , целесообразно проверить наличие в группе наблюдений грубых погрешностей, применяя правило 3σ (при нормальном законе распределения ни одна случайная погрешность $(h_i - \bar{h})$, с вероятностью 0,997 не может выйти за пределы $\pm 3\sigma$).

Грубые погрешности исключить из наблюдений и заново вычислить \bar{h} и σ .

5. Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического $S_{\bar{h}}$:

$$S_{\bar{h}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

6. Вычислить доверительные границы случайной погрешности результата измерения при заданных вероятностях P ($P=0,5$; $P=0,9$; $P=0,99$) по выражению:

$$\varepsilon = t S_{\bar{h}},$$

где t – определяют в зависимости от доверительной вероятности (Приложение В).

Границы доверительного интервала с выбранной доверительной вероятностью будут:

$$h \pm \varepsilon, \\ [h-\varepsilon; h+\varepsilon], P.$$

Сделать вывод о том, как влияет доверительная вероятность на доверительные границы случайной погрешности и на точность измерений величины.

6. Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.
2. Технические характеристики применяемых средств измерений.
3. Эскиз детали с указанием габаритных размеров и углов.
4. Таблица с данными измерений и расчета.
5. Профилограмма с указанием отклонений от прямолинейности, допуск и поле допуска прямолинейности, допуск и поле допуска плоскостности.
6. Обозначение допусков.
7. Обработку результатов прямых многократных измерений для определения действительного результата; границ доверительного интервала случайных погрешностей для заданных доверительных вероятностей; грубых погрешностей; точности измерений.
8. Вывод о погрешности толщины и формы плоской пластины.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – С. 524-573.

8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей.
3. ГОСТ 2.308-2011. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ»

1. Цель работы:

- приобрести навыки в технике измерения торцевого и радиального биений и определение эксцентриситета по биению;
- определение радиального и торцевого биения поверхности вращения.

2. Инструменты и оснастка:

- поверочная плита;
- индикатор со штативом;
- штангенциркуль;
- ступенчатый валик;
- линейка.

3. Основные понятия

Радиальное биение поверхности вращения относительно базовой оси или поверхности является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля проверяемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси (рис. 1). Оно равно разности **ЕСР** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной к базовой оси:

$$ЕСР = R_{\max} - R_{\min}.$$

Допуск радиального биения – наибольшее допускаемое значение радиального биения.

Поле допуска радиального биения – область на плоскости, перпендикулярной к базовой оси, ограниченная двумя концентрическими окружностями с центром, лежащим на базовой оси, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску радиального биения **ТСР** (рис. 1).

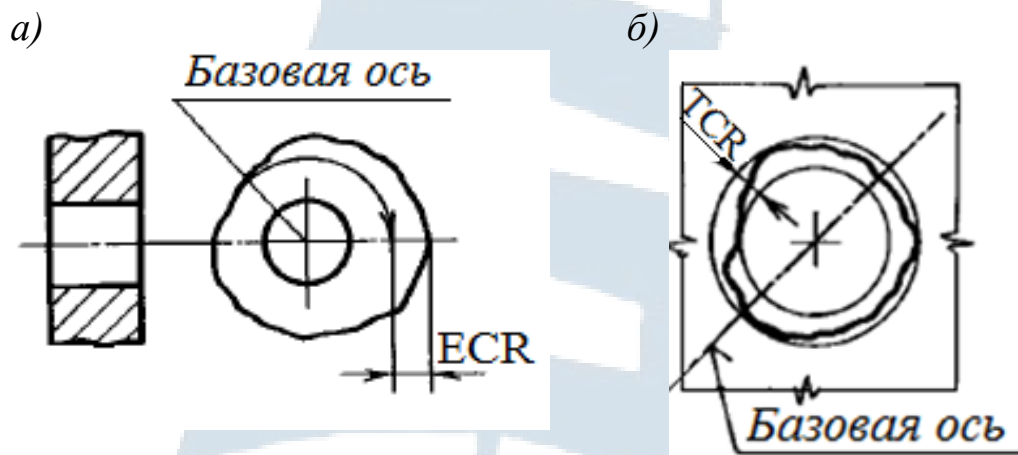


Рис. 1.

Торцевое биение – суммарное отклонение торцевой поверхности от плоскостности и отклонение этой поверхности от перпендикулярности относительно базовой оси. Оно равно разности **ЕСА** наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси (рис. 2).

Допуск торцевого биения – наибольшее допускаемое значение торцевого биения.

Поле допуска торцевого биения – область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному или любому (в том числе и наибольшему) диаметру торцевой поверхности, а ось совпадает с базовой осью, ограниченной двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску торцевого биения **ТСА**, и перпендикулярными к базовой оси (рис. 2).

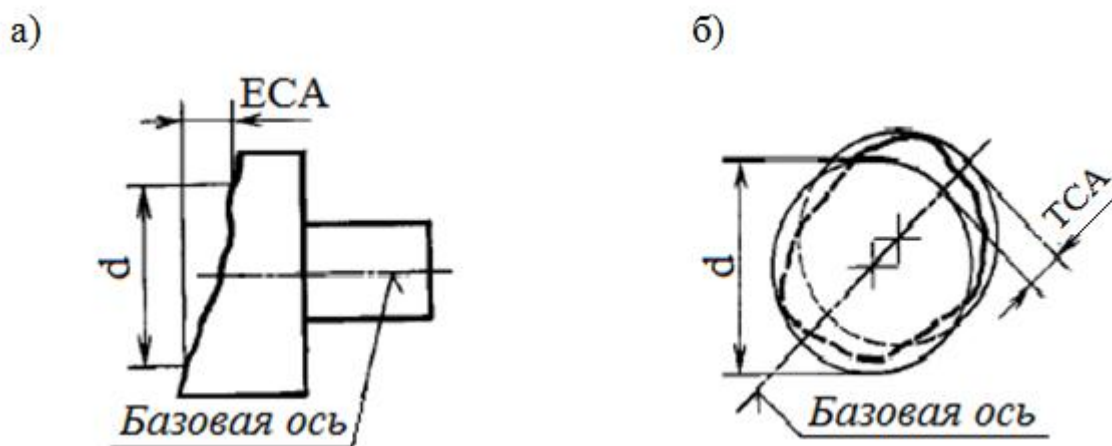


Рис. 2.

4. Содержание работы

1. Измерить величину радиального и торцевого биений заданных поверхностей деталей.
2. Обозначить на чертеже вид допуска формы и расположения по ГОСТ 2.308-2011.

5. Порядок выполнения работы

1. Составить эскиз детали, пронумеровать проверяемые поверхности.
2. Составить таблицу.
3. Установить деталь измерения в оправку, отрегулировав положение центров.
4. Определить величину радиального биения каждой ступени детали. Для этого установить индикатор на стойке таким образом, чтобы измерительный наконечник индикатора касался одной из точек измеряемой поверхности и был направлен к ней радиально при натяге в один-два оборота стрелки (рис. 2, а). Поворачивая деталь рукой, снять показания индикатора за один полный оборот, т. е. величину радиального биения. Повторить измерения 5 раз и за результат принять среднее. Результаты занести в табл. 1. За величину радиального биения принимается разность предельных значений, измеренных для каждой поверхности

$$ECR = R_{\max} - R_{\min}.$$

5. Определить величину торцевого биения одной из ступеней детали. Для этого измерительный наконечник индикатора установить так, чтобы он касался торцевой поверхности в точке, ближайшей к максимальному диаметру, с натягом в один-два оборота стрелки и был направлен перпендикулярно к проверяемой поверхности (рис. 2, б). Повернуть деталь и снять отсчет амплитуды колебаний стрелки индикатора за один полный оборот, т. е. величину торцевого биения на данном диаметре.

6. Определить степень точности по ГОСТ 24643-81 по условию $ECA_{ст} \geq ECA_{д}$ и указать на эскизе детали требования точности в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.

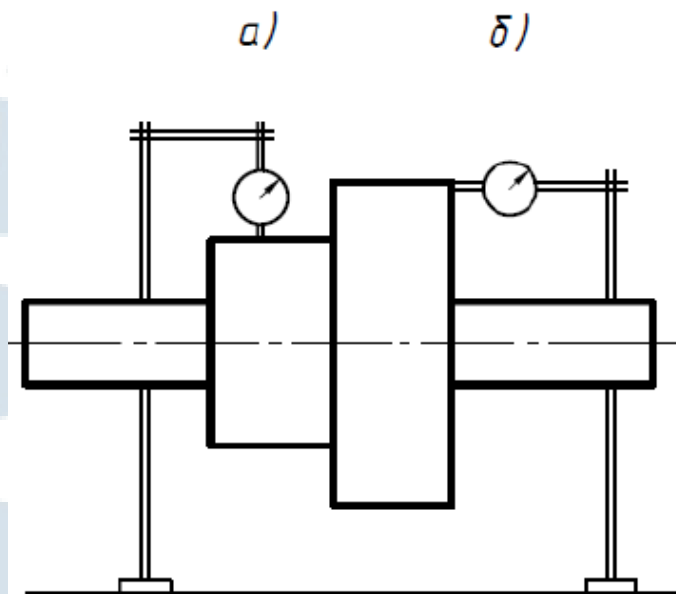


Рис. 3. Измерение радиального (а) и торцевого (б) биения

Таблица 1

Результаты измерения (показания индикатора, мкм)

		Радиальное биение								
Номер ступени		1	2	3	4	5	R_{cp}	ECR		
1	R_{max}									
	R_{min}									
2	R_{max}									
	R_{min}									
3	R_{max}									
	R_{min}									
4	R_{max}									
	R_{min}									
5	R_{max}									
	R_{min}									
		Торцевое биение								
Номер ступени		1	2	3	4	5	R_{cp}	ECA		
		правая								
1	R_{max}									
	R_{min}									
		левая								
	R_{max}									
	R_{min}									

Параметры радиального и торцевого биения

Номер ступени	Диаметр, мм	Радиальное биение, мкм	Смещение осей, мкм	Степень точности	Торцевое биение, мкм	Степень точности

6. Содержание отчета

1. Тема, цель.
2. Применяемые устройства и средства измерений, их цены делений.
3. Определение понятий радиального и торцевого биений с пояснительными эскизами.
4. Таблица замеров.
5. Эскиз детали с обозначением размеров и допусков.
6. Вывод.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – С. 524-573.

8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения допусков.
3. ГОСТ 2.308-2011. Указание на чертежах допусков форм и расположения поверхностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«ОЦЕНКА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПО ЭТАЛОНАМ»

1. Цель работы:

– знакомство с параметрами шероховатости поверхности и с производственным методом определения класса шероховатости с помощью эталонов (рабочих образцов).

2. Оборудование, инструменты и материалы:

– детали с поверхностями, обработанными до разных классов шероховатости;
– эталоны шероховатости поверхности.

3. Основные понятия

Реальные поверхности деталей всегда имеют различного вида неровности. Неровности могут быть трех видов: отклонение от геометрической формы, волнистость и шероховатость. Первые два отклонения имеют большой шаг неровности. Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей с относительно малыми шагами образующих рельеф поверхности деталей и рассматриваемых в пределах базовой длины L (рис. 1). Базовой длиной L называется длина участка поверхности выбираемого для оценки шероховатости. Параметры и характеристики шероховатости поверхности регламентированы ГОСТ 2789-73, по которому шероховатость в зависимости от функционального назначения поверхности детали определяется одним или несколькими из ниже приведенных параметров (табл. 1).

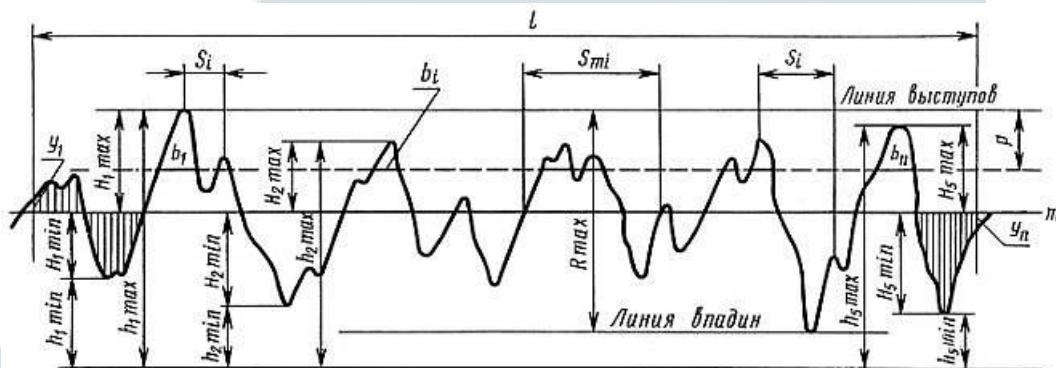


Рис. 1. Характеристики и параметры шероховатости

Таблица 1

Параметры шероховатости

R_a	Среднее арифметическое отклонение профиля	Среднее арифметическое абсолютных значений отклонения профиля в пределах базовой длины $R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} y(x) dx.$
R_z	Высота неровностей профиля по десяти точкам	Сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 H_{i \max} + \sum_{i=1}^5 H_{i \min} \right).$
R_{max}	Наибольшая высота неровностей профиля	Расстояние между высшей и низшей точками профиля в пределах базовой длины
S	Средний шаг неровностей профиля по вершинам	Среднее значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины
S_m	Средний шаг неровностей профиля	Среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины
t_p	Относительная опорная длина профиля	Отношение опорной длины профиля к базовой длине, где p – числовое значение уровня сечения профиля

По ГОСТ 2789-73 установлено 14 классов шероховатости.

Числовые значения параметров шероховатости **R_a** и **R_z** и базовой длины **L** для разных классов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Числовые значения шероховатости поверхности

Классы шероховатости поверхности	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина L, мм
	R_a	R_z	
1	80; 63; 50*; 40	320; 250; 200; 160	8,0
2	40; 32; 25*; 20	160; 125; 100; 80	
3	20; 16,0; 12,5*; 10,0	80; 63; 50; 40	
4	10,0; 8,0; 6,3*; 5,0	40; 32; 25; 20	2,5
5	5,0; 4,0; 3,2*; 2,5	20; 16,0; 12,5; 10,0	
6	2,5; 2,0; 1,6*; 1,25	10,0; 8,0; 6,3	0,8
7	1,25; 1,00; 0,80*; 0,63	6,3; 5,0; 4,0; 3,2	
8	0,63; 0,50; 0,40*; 0,32	3,2; 2,5; 2,0; 1,60	
9	0,32; 0,25; 0,20*; 0,160	1,60; 1,25; 1,00; 0,80	0,25
10	0,160; 0,125; 0,10*; 0,080	0,80; 0,63; 0,50; 0,40	
11	0,080; 0,063; 0,050*; 0,040	0,40; 0,32; 0,25; 0,20	
12	0,040; 0,032; 0,025*; 0,020	0,20; 0,16; 0,125; 0,100	0,08
13	0,020; 0,016; 0,012*; 0,010	0,10; 0,080; 0,063; 0,050	
14	0,010; 0,008	0,050; 0,40; 0,032	

* Предпочтительные значения параметра R_a .

При выборе параметра R_a и R_z предпочтение следует отдавать R_a , так как этот параметр дает более полную оценку шероховатости. Числовые значения параметра R_{max} выбирают из ряда, установленного для параметра R_z (табл. 3). Средний шаг неровностей S_m и средний шаг неровностей по вершинам S выбирается из ряда, приведенного в табл. 2.

Таблица 3

	МКМ				
—	1000	100	10,0	1,00	0,100
—	800	80	8,0	0,80	0,080
—	630	63	6,3	0,63	0,063
—	500	50	5,0	0,50	0,050
—	400	40	4,0	0,40	0,040

Окончание табл. 3

–	320	32	3,2	0,32	0,032
–	250	25	2,5	0,25	0,025
–	200	20	2,0	0,20	–
1600	160	16	1,6	0,16	–
1250	125	12,5	1,25	0,125	–

Относительная опорная длина профиля t_p : 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

Числовые значения уровня сечения профиля R выбираются из ряда: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 % от R_{max} .




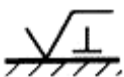
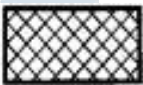
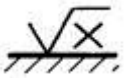


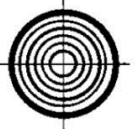
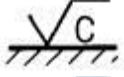
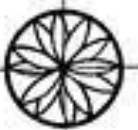



Числовые значения базовой длины l выбираются из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Таблица 4

мм				
–	10,0	1,00	0,100	0,010
–	8,0	0,80	0,080	0,008
–	6,3	0,63	0,063	0,006
–	5,0	0,50	0,050	0,005
–	4,0	0,40	0,040	0,004
–	3,2	0,32	0,032	0,003
–	2,5	0,25	0,025	0,002
–	2,0	0,20	0,020	–
–	1,6	0,160	0,0160	–
12,5	1,25	0,125	0,0125	–

Параметры шероховатости выбираются в каждом конкретном случае в зависимости от функционального назначения поверхности детали. В некоторых случаях необходимо также задавать направление неровностей путем условного обозначения, предусмотренного в ГОСТ 2.309-73 (табл. 5)

Условные обозначения неровностей

Тип направления шероховатостей	Схематическое изображение	Обозначение	Пояснение
Параллельное			Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перпендикулярное			Перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перекрещивающееся			Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Произвольное			Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Кругообразное			Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
Радиальное			Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к которой устанавливаются требования
Точечное			Приблизительно точно по отношению к центру поверхности, к которой устанавливаются требования

Обозначение шероховатости на чертежах по ГОСТ 2.309-73

Шероховатость поверхностей обозначается на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Знаки для обозначения шероховатости поверхности

✓	Вид обработки конструктором не установлен
∇	Обработка с удалением слоя материала (точение, фрезерование, сверление, шлифование, травление и т. п.)
∇	Поверхность, образованная без удаления слоя материала (литье,ковка, штамповка, прокат и т. п.), а также поверхность, не обрабатываемая по данному чертежу

Структура обозначения шероховатости поверхности представлена на рис. 2.

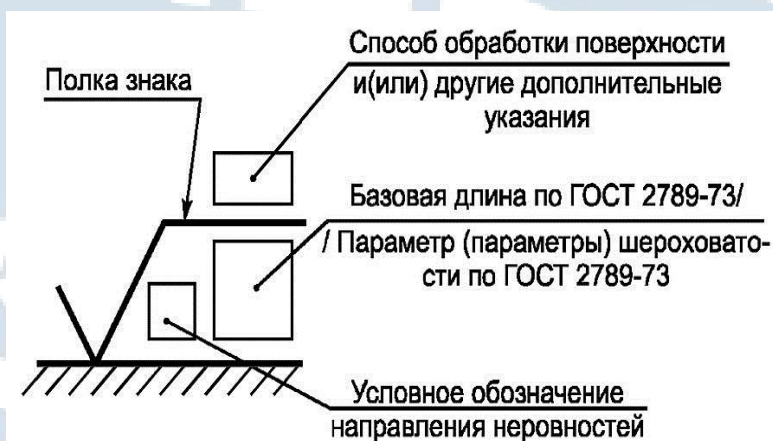


Рис. 2.

При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.

Значение параметра указывают после соответствующего символа, например, $R_a 0,4$; $R_{max} 6,3$; $S_m 0,63$; $t_{50}70$; $S 0,32$; $R_z 50$. В примере $t_{50}70$ указана относительная опорная длина профиля.

$t_p = 70 \%$ при уровне сечения профиля $p = 50 \%$.

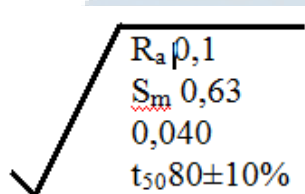
При указании диапазона значений параметра шероховатости в обозначении шероховатости приводят пределы значения параметра, размещая их в две строки, например:

$$R_a \frac{0,8}{0,4}; \quad R_z \frac{0,10}{0,05}; \quad R_{\max}; \quad t_{50} \frac{70}{50}.$$

В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости. Номинальное значение параметра шероховатости может указываться с предельными отклонениями, например:

$$1 \pm 20 \% \text{ (для } R_a); \quad R_z 80_{-10} \% ; \quad S_m 0,63^{+20} \% .$$

При указании нескольких параметров шероховатости они записываются сверху вниз в следующем порядке:



Параметр высоты неровностей профиля.

Параметр шага неровностей профиля.

Относительная опорная длина профиля.

Обозначения шероховатости поверхности на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок. При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображение не наносят. Размеры этого знака в 1,5 раза больше знаков, нанесенных на изображение. Размер знака, взятого в скобки, должен быть одинаковым с размерами знаков, нанесенных на изображение (равным примерно высоте цифр, применяемых на чертеже (рис. 3).

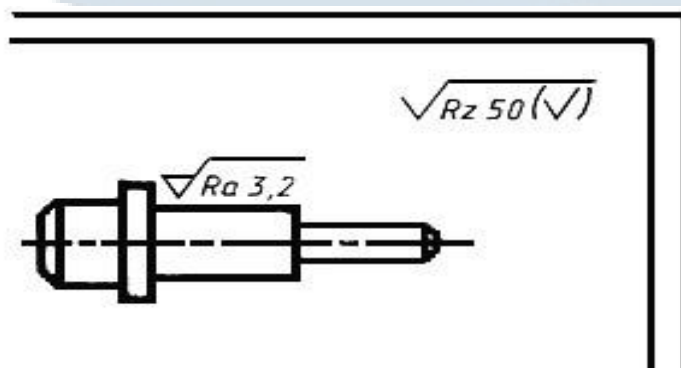


Рис. 3.

Шероховатость обработанных поверхностей в производственных условиях определяют с помощью эталонов (рабочих образцов) шероховатости поверхности. Они выпускаются в виде металлических пластин с плоской и цилиндрической рабочей поверхностью, обработанной различными способами. Оценка шероховатости поверхности детали с помощью эталонов производится визуально – осязательным методом. Этот метод оценки класса чистоты применяется для относительно грубых поверхностей – примерно до 6-го класса чистоты. Для повышения точности метода применяют лупы и специальные микроскопы сравнения.

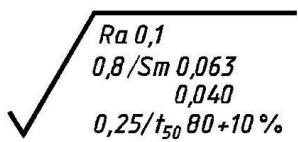
С большой точностью определяют класс шероховатости поверхности и отдельные ее параметры с помощью специальных приборов: профилометров, профилографов, двойных микроскопов, микроинтерферометров.

4. Содержание работы

1. Начертить эскизы деталей, указать габаритные размеры.
2. Определить шероховатость поверхности деталей с помощью эталонов.
3. Указать шероховатость на эскизе детали.
4. Выполнить задание, указанное преподавателем.

5. Порядок выполнения работы

1. Определить с помощью эталонов шероховатость поверхностей деталей.
2. Нанести на эскиз детали шероховатость поверхностей.
3. Расшифровать запись обозначений шероховатости в соответствии с заданием.
4. Пример выполнения задания:



Объяснение.

Знак установлен на поверхности, обрабатываемой удалением слоя материала. Класс шероховатости – 10 ($R_a\ 0,1$ определяется из табл. 2). Средний шаг неровностей профиля $0,80 \pm 20\%$. Относительная опорная длина профиля $80 \pm 10\%$ при уровне сечения профиля 50%. Вид обработки для получения заданного качества поверхности – шабрение и другие отделочные операции. Базовая длина – 0,8.

6. Содержание отчета

1. Тема, цель.
2. Дать определение шероховатости поверхности, перечислить параметры шероховатости поверхности.
3. Записать рекомендации по выбору параметров в зависимости от эксплуатационных свойств детали.
4. Выполнить эскиз детали и нанести на изображение шероховатость поверхностей, пользуясь эталонами шероховатости поверхности.
5. Выполнить задание.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 185-196.

8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 2789-73 . Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
2. ГОСТ 2.309-2011. Обозначение шероховатости поверхностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

«ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН УГЛОМЕРНЫМИ ПРИБОРАМИ»

1. Цель работы:

- изучить конструкцию угломерных приборов;
- освоить технику измерения углов деталей;
- уметь по ГОСТ найти степень точности угла;
- научиться обозначать допуски в соответствии с ГОСТ.

2. Инструменты и оборудование

1. Поверочная плита, линейки, угольники.
2. Универсальный угломер.
3. Штангенциркуль.

3. Содержание работы

1. Измерить линейные и угловые размеры деталей машиностроения.
2. Определить допуски углов и соответствующие им степени точности.
3. Обозначить допуски углов.

4. Основные понятия

Допуск угла AT – это разность между наибольшими и наименьшими предельными углами. Допуски углов могут быть расположены в плюсовую ($+AT$) (рис. 1, а), в минусовую ($-AT$) (рис. 1, б) или симметрично ($\pm AT$) (рис. 1, в) относительно номинального угла.

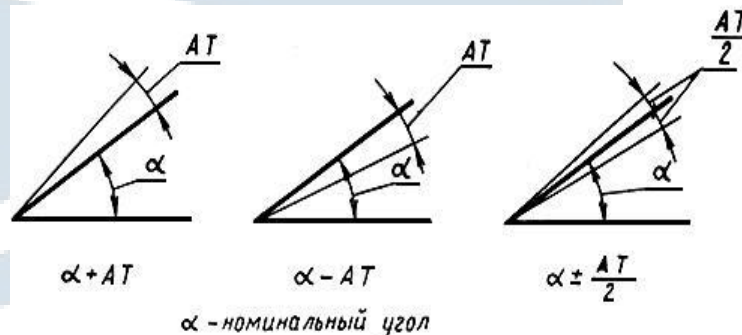


Рис. 1.

Допуск угла может быть выражен:

- в угловых единицах – радианах, микро радианах или (AT_α) в градусах, минутах, секундах (AT'_α);
- длиной противоположащего отрезка на перпендикуляре к стороне угла на расстоянии L_1 от вершины AT_h (рис. 2).

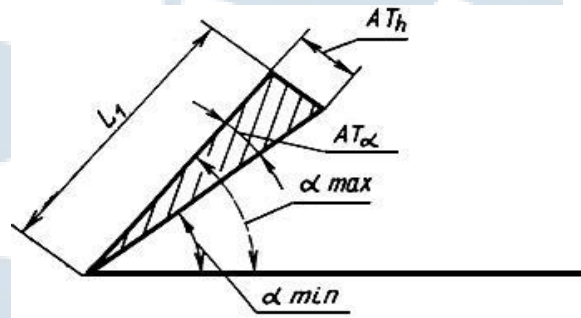


Рис. 2.

Значение AT_h определяется по формуле:

$$AT_h = AT_\alpha \cdot L_1 \cdot 10^{-3},$$

где AT_h – в мкм, AT_α – в мкрад, L_1 – в мм.

Для допусков углов установлено 17 степеней точности 1,2,...17. Допуски точнее первой степени точности 0,1; 0 получаются последовательным делением допусков первой степени точности на коэффициент 1,6.

Для обозначения допуска угла заданной степени точности к буквенному обозначению допуска прибавляется номер соответствующей степени точности, например, AT1, AT7, AT9.

Числовые значения допусков углов деталей с длиной меньшей стороны угла до 2 500 мм, регламентированы ГОСТ 8908-81.

5. Порядок выполнения работы

1. Познакомиться с образцами деталей, предназначенных для измерения.
2. Ознакомиться с инструментами и оборудованием.
3. Произвести измерение угловых и линейных размеров деталей и данные внести в табл. 1.

Результаты измерения и расчета

Номер детали	Углы		Стороны, мм	AT'_a	AT_a , мкрад	AT_h , мкм	Степень точности
	$\alpha_d =$	$\alpha_n =$					
	$\beta_d =$	$\beta_n =$	a =				
	$\gamma_d =$	$\gamma_n =$	a =				

1. Ознакомиться с ГОСТ 8908-81. Нормальные углы и допуски углов.
2. Определить допуски углов и степень точности по ГОСТ.
3. Начертить эскизы деталей.
4. Указать на эскизах допуски углов.
5. Обозначить допуски в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.
6. Сделать вывод о годности детали.

6. Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.
2. Техническая характеристика применяемых средств измерения.
3. Эскизы деталей с указанием размеров, допусков.
4. Таблица с данными измерений и расчета.
5. Выводы.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Якушев А.И., Воронцов М.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 246-248.

8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей.
3. ГОСТ 2.308-2011. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
4. ГОСТ 8908-81 (СТ СЭВ 513-77). Нормальные углы и допуски углов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА РЕЗЬБ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ»

1. Цель работы:

- ознакомиться с инструментом для определения вида резьб;
- научиться определять тип, размер и точность резьбы на деталях.

2. Инструменты и оборудование

1. Резьбовые изделия.
2. Резьбомеры.
3. Микрометр.
4. Штангенциркуль.

3. Содержание работы

1. Измерить диаметр, шаг, углы профиля (наружный, внутренний) и средний диаметр резьб.
2. Начертить эскизы деталей с обозначением наружной и внутренней резьбы.

4. Порядок выполнения работы

1. Для выданных преподавателем резьбовых изделий выполнить эскиз.
2. Измерить не менее трех раз микрометром, отрегулированным по концевой мере, наружный диаметр d резьбы в месте, где витки резьбы имеют полный профиль, и за действительный размер принять среднее значение:

$$d_0 = \bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}, \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр цилиндрической резьбы измеряется штангенциркулем.

3. Определить номинальный диаметр резьбы d_n .
4. Определить резьбовым шаблоном угол профиля α и шаг резьбы P . Резьбовой шаблон должен ложиться на профиль резьбы в осевом

направлении без зазоров (рис. 1). Тип резьбы определить по маркировке резьбового шаблона: М60° – метрическая резьба, Д55 – дюймовая.



Рис. 1.

5. Измерить габаритные размеры резьбового изделия.
6. Результаты измерений занести в таблицы.
7. По ГОСТ, по номинальному диаметру резьбы d_n определить размеры деталей. Сравнить их с действительными размерами.
8. Нанести обозначение резьбы.
9. Сделать вывод о годности детали.

Болт

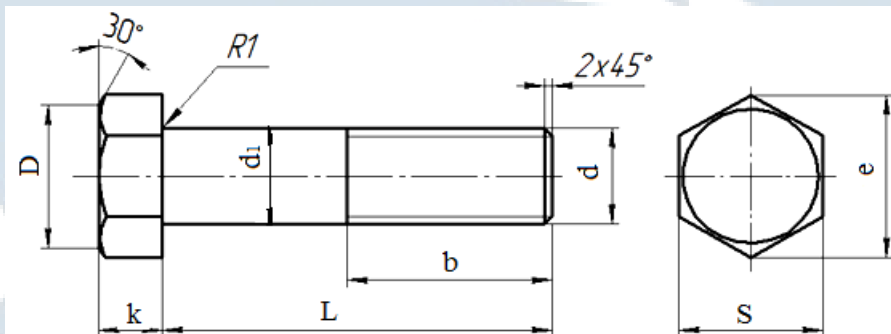


Рис. 2.

Таблица 1

Результаты измерений и номинальные размеры болта

Параметр		Значение	
		действительное	номинальное
Номинальный диаметр резьбы, d			
Шаг резьбы	крупный		
	мелкий		
Диаметр стержня, d_1			
Размер под ключ, S			
Высота головки, k			
Диаметр описанной окружности e , не менее			
Длина болта, L			
Длина резьбы, b			

Гайка

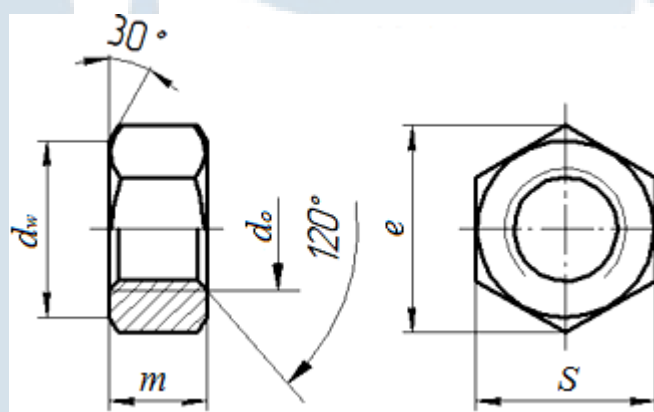


Рис. 2.

Таблица 2

Результаты измерений и номинальные размеры гайки

Параметр		Значение	
		действительное	номинальное
Номинальный диаметр резьбы, d			
Шаг резьбы	крупный		
	мелкий		
Размер «под ключ», S			
Диаметр описанной окружности e , не менее			
d_w			
Высота m			

Шпилька

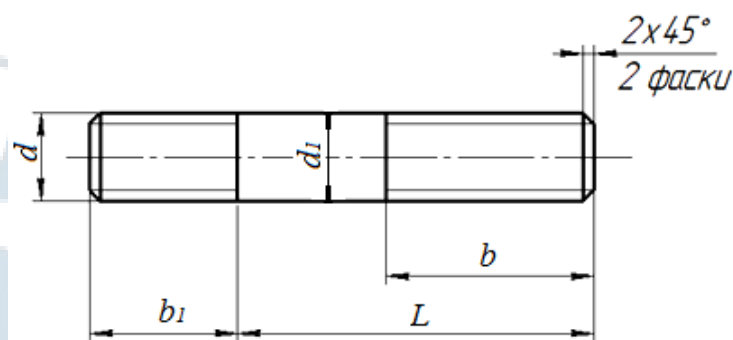


Рис. 3.

Таблица 3

Результаты измерений и номинальные размеры шпильки

Параметр	Значение	
	действительное	номинальное
Номинальный диаметр резьбы, d		
Шаг резьбы	крупный	
	мелкий	
Диаметр стержня, d_1		
Диаметр ввинчиваемого резьбового конца, b_1		
Длина шпильки, L		
Диаметр гаечного резьбового конца, b		

5. Содержание отчета

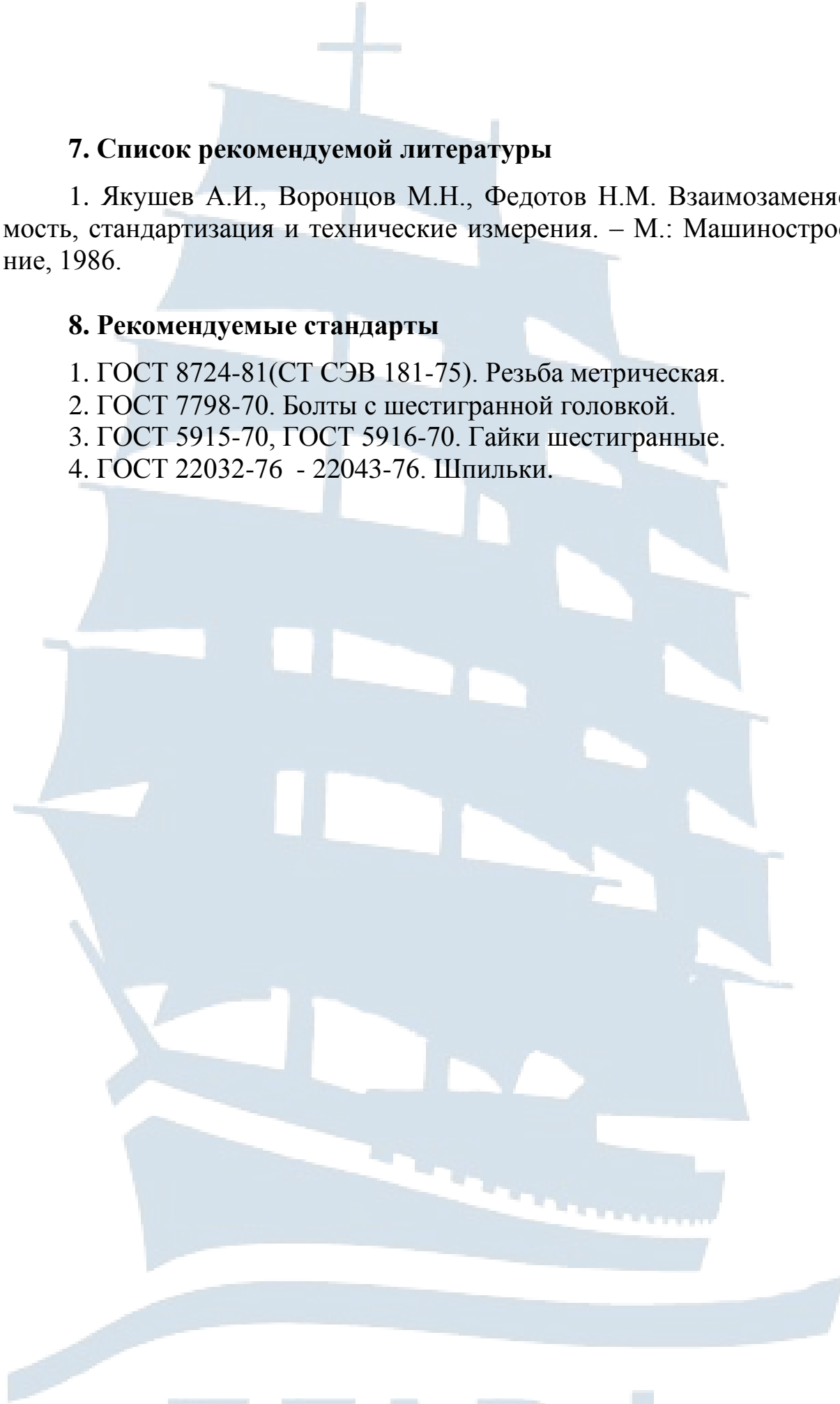
1. Тема, цель, задание.
2. Применяемый измерительный инструмент (название, тип, модель, цена деления, предел измерений, предел допускаемой погрешности).
3. Эскизы изделий с обозначением резьбы и габаритных размеров.
4. Таблицы с действительными и номинальными размерами.
5. Обозначение резьбы по ГОСТ.
6. Выводы о годности детали.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Якушев А.И., Воронцов М.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986.

8. Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 8724-81(СТ СЭВ 181-75). Резьба метрическая.
2. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой.
3. ГОСТ 5915-70, ГОСТ 5916-70. Гайки шестигранные.
4. ГОСТ 22032-76 - 22043-76. Шпильки.



ПРИЛОЖЕНИЕ А (Справочное)

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ

$A_1; A_2$	– номинальные размеры между элементами
A_{\max}, A_{\min}	– наибольшее и наименьшее расстояние между элементами
$E; E_1; E_2$	– отклонения наиболее удаленной точки реального профиля от касательной прямой
ECA	– торцовое биение
ECD	– биение в заданном направлении
ECE	– отклонение формы заданной поверхности
ECL	– отклонение формы заданного профиля
ESR	– радиальное биение
ESTA	– полное торцовое биение
ESTR	– полное радиальное биение
EFE	– отклонение от плоскостности
EFK	– отклонение от круглости
EFL	– отклонение от прямолинейности
EFP	– отклонение профиля продольного сечения
EFZ	– отклонение от цилиндричности
EPA	– отклонение от параллельности
EPA_x	– отклонение от параллельности осей (прямых) в общей плоскости
EPA_y	– перекос осей (прямых)
$EPC; EPC_1; EPC_2$	– отклонение от соосности
EPN	– отклонение наклона
EPP	– позиционное отклонение
EPR	– отклонение от перпендикулярности
EPS	– отклонение от симметричности
EPX	– отклонение от пересечения осей
$L_1; L_2; L_3$	– длина нормируемого участка
$r_1; r_2$	– радиусы окружностей, описанных вокруг реального профиля или вписанных в него
TCA	– допуск торцового биения
TCD	– допуск биения в заданном направлении
TCE	– допуск формы заданной поверхности

TCL	– допуск формы заданного профиля
TCR	– допуск радиального биения
TCTA	– допуск полного торцевого биения
TCTR	– допуск полного радиального биения
TFE	– допуск плоскостности
TFK	– допуск круглости
TFL	– допуск прямолинейности
TFP	– допуск профиля продольного сечения
TFZ	– допуск цилиндричности
TPA	– допуск параллельности
TPA_x	– допуск параллельности осей (прямых) в общей плоскости
TPA_y	– допуск перекоса осей (прямых)
TPC	– допуск соосности
TPN	– допуск наклона
TPP	– позиционный допуск
TPR	– допуск перпендикулярности
TPS	– допуск симметричности
TPX	– допуск пересечения осей
x, y, z	– номинальные значения координат точек профиля или поверхности
α	– номинальный угол между элементами

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ГОСТ 6636-69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры

Размеры, мм

Ряд												Дополнительный размер*	Ряд				Дополнительный размер*
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	
0,010	0,010	0,010	—	0,100	0,100	0,100	0,100	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	10	10	10	10	10,2
		0,011				0,110	0,105			1,1	1,05				11	10,5	10,8
	0,012	0,012	0,012		0,120	0,120	0,120		1,2	1,2	1,2			12	12	12	12,5
		0,014	0,014			0,140	0,140			1,4	1,4	1,35			14	14	13,5
		0,015	0,015			0,150	0,150			1,5	1,5	1,45			14	14	14,5
												1,55			15	15	15,5
0,016	0,016	0,016	0,016	0,160	0,160	0,160	0,160	1,6	1,6	1,6	1,6	1,65	16	16	16	16	16,5
		0,018	0,018			0,180	0,170			1,8	1,8				17	17,5	
		0,019	0,019			0,190	0,190			1,9	1,9	1,85			18	18	18,5
	0,020	0,020	0,020		0,200	0,200	0,200		2,0	2,0	2,0	1,95			19	19	19,5
		0,022	0,022			0,220	0,220			2,2	2,2	2,05			20	20	20,5
		0,024	0,024			0,240	0,240			2,4	2,4	2,15			22	22	21,5
												2,3			24	24	23
0,025	0,025	0,025	0,025	0,250	0,250	0,250	0,250	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	25	25	25	25	27
		0,028	0,028			0,280	0,260			2,8	2,8				26	29	
		0,030	0,030			0,300	0,300			3,0	3,0	2,9			28	28	31
	0,032	0,032	0,032		0,320	0,320	0,320		3,2	3,2	3,2	3,1			32	32	33
		0,034	0,034			0,340	0,340			3,4	3,4	3,3			36	36	35
		0,036	0,036			0,360	0,360			3,6	3,6	3,5			36	36	37
		0,038	0,038			0,380	0,380			3,8	3,8	3,7			38	38	39
												3,9					
0,040	0,040	0,040	0,040	0,400	0,400	0,400	0,400	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	40	40	40	40	41
		0,045	0,045			0,450	0,420			4,5	4,5				42	44	
		0,048	0,048			0,480	0,480			4,8	4,8	4,6			45	45	46
	0,050	0,050	0,050		0,500	0,500	0,500		5,0	5,0	5,0	4,9			48	48	49
		0,056	0,056			0,560	0,530			5,6	5,3	5,2			50	50	52
		0,060	0,060			0,600	0,560			6,0	5,6	5,5			56	53	55
							0,600			6,0	6,0	5,8			56	56	58
												6,2			60	60	62
0,063	0,063	0,063	0,063	0,630	0,630	0,630	0,630	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	63	63	63	63	65
		0,071	0,071			0,710	0,670			7,1	7,1				67	70	
		0,075	0,075			0,750	0,710			7,5	7,5	7,3			71	71	73
	0,080	0,080	0,080		0,800	0,800	0,800		8,0	8,0	8,0	7,8			80	80	78
		0,085	0,085			0,850	0,850			8,5	8,5	8,2			80	80	82
		0,090	0,090			0,900	0,850			9,0	8,5	8,8			80	85	88
		0,095	0,095			0,950	0,900			9,5	9,0	9,2			90	90	92
							0,950			9,5	9,5	9,8			95	95	98

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 1В

Интеграл вероятности

t	P(t)	t	P(t)	t	P(t)	t	P(t)
0,00	0,00000	1,00	0,68269	2,00	0,95450	3,00	0,99730
0,05	0,03988	1,05	0,70628	2,05	0,95964	3,10	0,99806
0,10	0,07966	1,10	0,72867	2,10	0,96427	3,20	0,99863
0,15	0,11924	1,15	0,74986	2,15	0,96844	3,30	0,99903
0,20	0,15852	1,20	0,76986	2,20	0,97219	3,40	0,99933
0,25	0,19741	1,25	0,78870	2,25	0,97555	3,50	0,99953
0,30	0,23582	1,30	0,80640	2,30	0,97855	3,60	0,99968
0,35	0,27366	1,35	0,82298	2,35	0,98123	3,70	0,99978
0,40	0,31084	1,40	0,83849	2,40	0,98360	3,80	0,99986
0,45	0,34729	1,45	0,85294	2,45	0,98571	3,90	0,99990
0,50	0,38292	1,50	0,86635	2,50	0,98758	4,00	0,99994
0,55	0,41768	1,55	0,87886	2,55	0,98922	4,10	0,99996
0,60	0,45149	1,60	0,89040	2,60	0,99069	4,20	0,99997
0,65	0,48431	1,65	0,90106	2,65	0,99195	4,30	0,99999
0,70	0,51607	1,70	0,91087	2,70	0,99307	4,40	0,99999
0,75	0,54675	1,75	0,91988	2,75	0,99404	4,50	0,99999
0,80	0,57629	1,80	0,92814	2,80	0,99489		
0,85	0,60468	1,85	0,93569	2,85	0,99563		
0,90	0,63188	1,90	0,94257	2,90	0,99627		
0,95	0,65789	1,95	0,94882	2,95	0,99682		



978210001948

Ирина Васильевна Безсмолова
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для курсантов и студентов
технических специальностей
всех форм обучения

*Ведущий редактор Н.В. Желтухина
Младший редактор Г.В. Деркач*

*Компьютерное редактирование
В.А. Ляшок*

*Подписано в печать 22.10.2018 г.
Уч.-изд. л. 4,4. Усл. печ. л. 4,2.*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

Печать офсетная.

Формат 60x90/16.

Тираж 40 экз. Заказ № 1366.

Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>

БГАРФ ФГОУ ВО «КГТУ»

Издательство БГАРФ,
член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.

БГАРФ