

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

С.В. Федин

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных
и практических работ
для курсантов и студентов
технических специальностей

БГАРФ

Калининград
Издательство БГАРФ
2018

УДК 621.0:006.022(073)

Метрология, стандартизация и сертификация: метод. указания / сост.: С.В. Федин. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. – 68 с.

Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», рекомендуемые для подготовки курсантов специальностей 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ТМиМ БГАРФ 23.05.2018 г., протокол № 8.

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

Табл. 16. Рис. 24.

Рецензенты: Ю.Н. Сластухин, канд. техн. наук,
профессор, зав. кафедрой ХКТиСЖ БГАРФ.



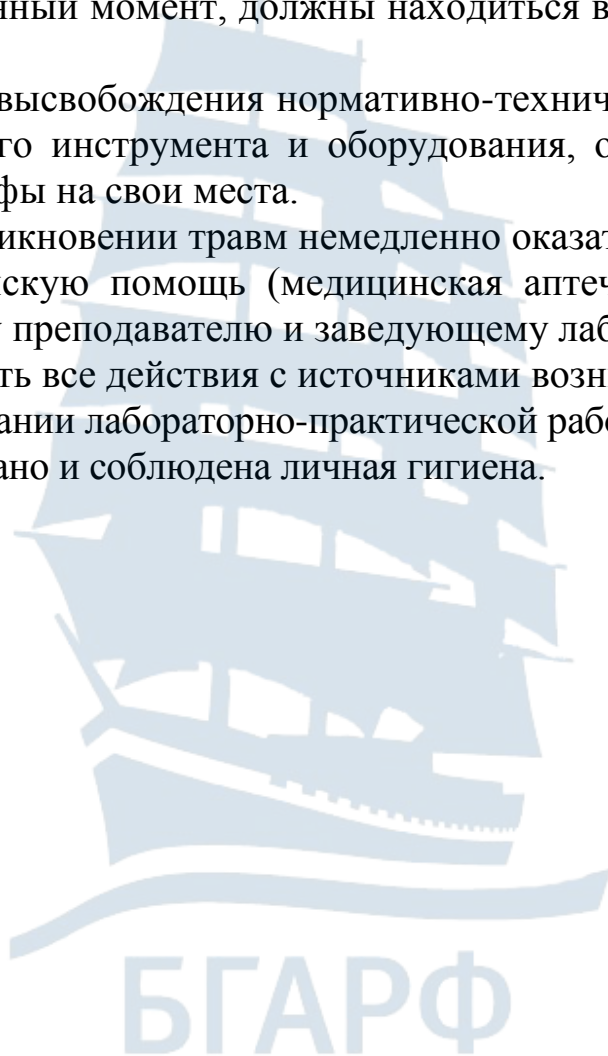
СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности.....	4
Лабораторная работа № 1. Определение точности размера и формы цилиндрической детали.....	5
Лабораторная работа № 2. Определение отклонения от плоскостности плиты	15
Лабораторная работа № 3. Измерение радиального и торцевого биений, биения в заданном направлении.....	22
Лабораторная работа № 4. Оценка шероховатости поверхности деталей по образцам шероховатости поверхности.....	27
Лабораторная работа № 5. Измерение деталей машин угловыми приборами и определение номинальных значений углов и конусов.....	35
Практические работы. Понятия, термины и определения	46
Практическая работа № 1. Определение предельных размеров соединения. Схема полей допусков	59
Практическая работа № 2. Определение стандартных значений соединения. Схема полей допусков	62
Практическая работа № 3. Определение предельных размеров соединения по зазорам и натягам. Схема полей допусков	64
Практическая работа № 4. Построение схемы полей допусков групп деталей.....	66
Контрольные вопросы	68
Рекомендуемая литература.....	68

БГАРФ

Техника безопасности

1. Ознакомиться с требованиями техники безопасности в данной лаборатории.
2. Выполнять указания преподавателя и заведующего лабораторией.
3. Измеряемые детали правильно располагать и фиксировать, исключая возможность повреждения и падения.
4. Мерительные инструменты и прочее оборудование, не используемые в данный момент, должны находиться в футлярах на своих местах.
5. По мере высвобождения нормативно-технической документации, мерительного инструмента и оборудования, они должны быть размещены в сейфы на свои места.
6. При возникновении травм немедленно оказать пострадавшему первую медицинскую помощь (медицинская аптечка). Доложить о травме ведущему преподавателю и заведующему лабораторией.
7. Исключить все действия с источниками возникновения огня.
8. По окончании лабораторно-практической работы рабочее место должно быть убрано и соблюдена личная гигиена.



ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРА И ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

Цель работы

1. Освоить технику измерения линейных и диаметральных размеров.
2. Научиться анализировать результаты измерений.
3. Научиться по ГОСТ 25346-2013, ГОСТ Р 53442-2015, ГОСТ 24643-81 определять и назначать степени точности на размер и форму детали.
4. Научиться обозначать на чертеже детали допуски размера и формы согласно ГОСТ 2.308-2011.
5. Научиться строить схему полей допусков.

Содержание работы

1. Измерить размеры цилиндрической детали. Назначить номинальные размеры.
2. Проанализировать данные измерений и определить допуск размера, круглости, цилиндричности детали.

Основные понятия

1. **Прилегающая окружность** – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля или максимального диаметра (рис. 2, а).
2. **Прилегающий цилиндр** – это цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность (рис. 1).
3. **Отклонение от круглости** – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 1, б, в). Частными случаями отклонений от круглости являются овальность (рис. 2, б) и огранка (рис. 2, в). Овальность и огранка по причине возникновения – это два совершенно разных отклонения формы. Определяются они как отклонение формы, полученное в результате изготовления (огранка) и в результате износа (овальность). Огранка вычисляется как разность

между максимальным и минимальным значением. Овальность – как половина разности между максимальным и минимальным значением.

4. **Допуск круглости** – наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости (рис. 2, а).

5. **Поле допуска круглости** – область на плоскости, перпендикулярной оси поверхности вращения или проходящей через центр сферы, ограниченная двумя концентрическими окружностями, относящимися одна от другой на расстоянии, равном допуску круглости (рис. 2, а).

6. **Отклонение от цилиндричности** – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 1). Частными видами отклонения профиля продольного сечения является конусообразность (рис. 3, б), бочкообразность (рис. 3, в) и седлообразность (рис. 3, г).

7. **Допуск цилиндричности** – наибольшее допускаемое значение отклонения от цилиндричности (рис. 1).

8. **Поле допуска цилиндричности** – область в пространстве, ограниченная двумя соосными цилиндрами, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску цилиндричности (рис. 1).

9. **Отклонение профиля продольного сечения** – наибольшее расстояние от точек, образующих реальный профиль поверхности, лежащий в плоскости, проходящей через ее ось до стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 3, а).

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

11. **Поле допуска профиля продольного сечения** – область 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 (рис. 3, а).

12. **Номинальный размер** – размер, от которого исходят при назначении отклонений.

13. **Предельные размеры** – размеры, ограниченные отклонениями, в пределах которых должен находиться действительный размер.

14. **Действительный размер** – размер, полученный в результате измерения с какой-то погрешностью.

15. **Допуск T, (от лат. Tolerance – допуск)** – разность между наибольшим и наименьшим размером или абсолютная алгебраическая разность между верхним и нижним отклонением. Допуск характеризует точность параметра.

16. Отклонение – алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Необходимо отметить: на результаты измерений оказывают влияние следующие факторы – давление среды, температура, влажность, напряжённость электрического поля, освещённость и, в некоторых случаях, количество пыли в объёме одного метра кубического.

Поэтому необходимо уделять должное внимание перечисленным факторам и особенно – температуре. В Единой Системе Допусков и Посадок (ЕСДП) установлено понятие **нормальные условия измерений**:

1. Температура – $293 \text{ }^{\circ}\text{K} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{K}$;
2. Атмосферное давление – $100 \text{ кПа} \pm 4 \text{ кПа}$;
3. Относительная влажность – $65 \% \pm 15 \%$;
4. Эл. напряжение в сети питания – $220 \text{ В} \pm 10\%$;
5. В некоторых случаях контролируется количество пыли на метр кубический пространства.

Погрешность измерения, вызванную отклонениями от нормальной температуры и разностью коэффициента линейного расширения детали и средства измерения, определяют по формуле:

$$\Delta l \approx l(\alpha_1 \Delta t_1 \pm \alpha_2 \Delta t_2),$$

где l – измеряемый размер, мм;

α – коэф. линейного расширения детали 1 и средства измерения 2;

Δt – разность между температурой соответственно детали 1 и средством измерения 2 и нормальной температурой, $^{\circ}\text{C}$. Подсчитанную погрешность нужно внести в качестве поправки в результат измерения с противоположным знаком.

Здесь необходимо учитывать, что при определении знака \pm температуры для формулы, нулевой линией является температура $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Обобщающим показателем для цилиндрической поверхности является **отклонение от цилиндричности**. Этот показатель определяется как наибольшее отклонение (Δ) от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 1). На практике этим показателем пользуются редко, так как установить его истинную величину в производственных условиях очень сложно.

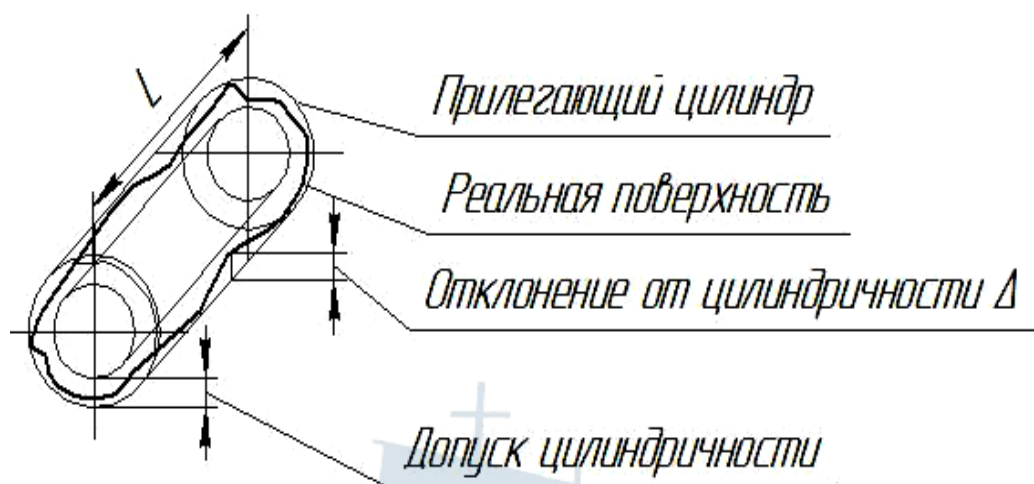


Рис. 1. Отклонение от цилиндричности

Обычно задают допуск формы в поперечном сечении (отклонение от круглости) (рис. 2, а) или в продольном осевом сечении (отклонение формы профиля продольного сечения), а иногда – в обоих сечениях одновременно.

При **овальности** реальный профиль поперечного сечения представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой перпендикулярны (рис. 2, б).

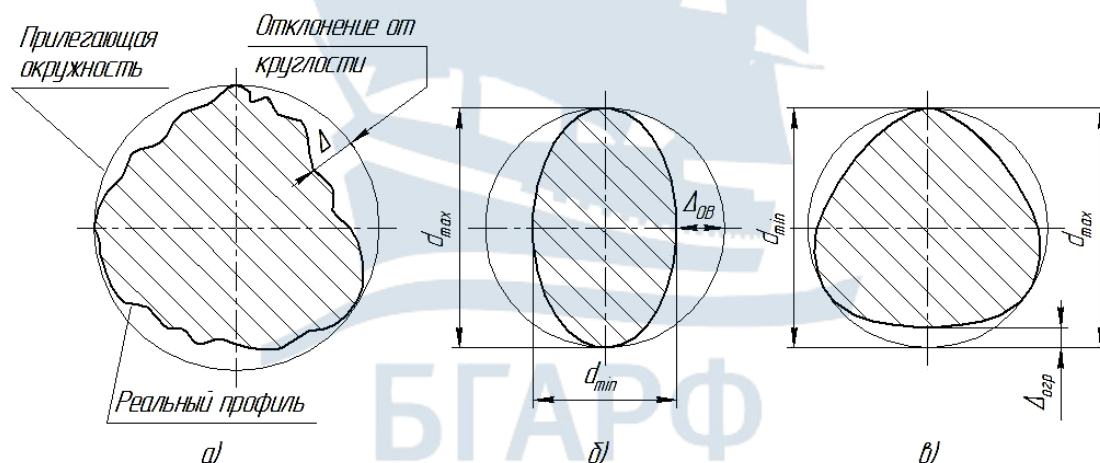


Рис. 2. Отклонение от круглости

Огранка – это такой вид отклонения от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Различают огранку с чётным и нечётным (рис. 2, в) числом граней.

Отклонение профиля продольного сечения характеризуется наибольшим расстоянием Δ от точек, образующих реальную поверхность до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка l (рис. 3, а). На практике этот обобщённый параметр разлагают на два: отклонения образующих от **прямолинейности и перпендикулярности**.

Частными случаями отклонения от цилиндричности являются конусообразность (рис. 3, б), бочкообразность (рис. 3, в), седлообразность (рис. 3, г).

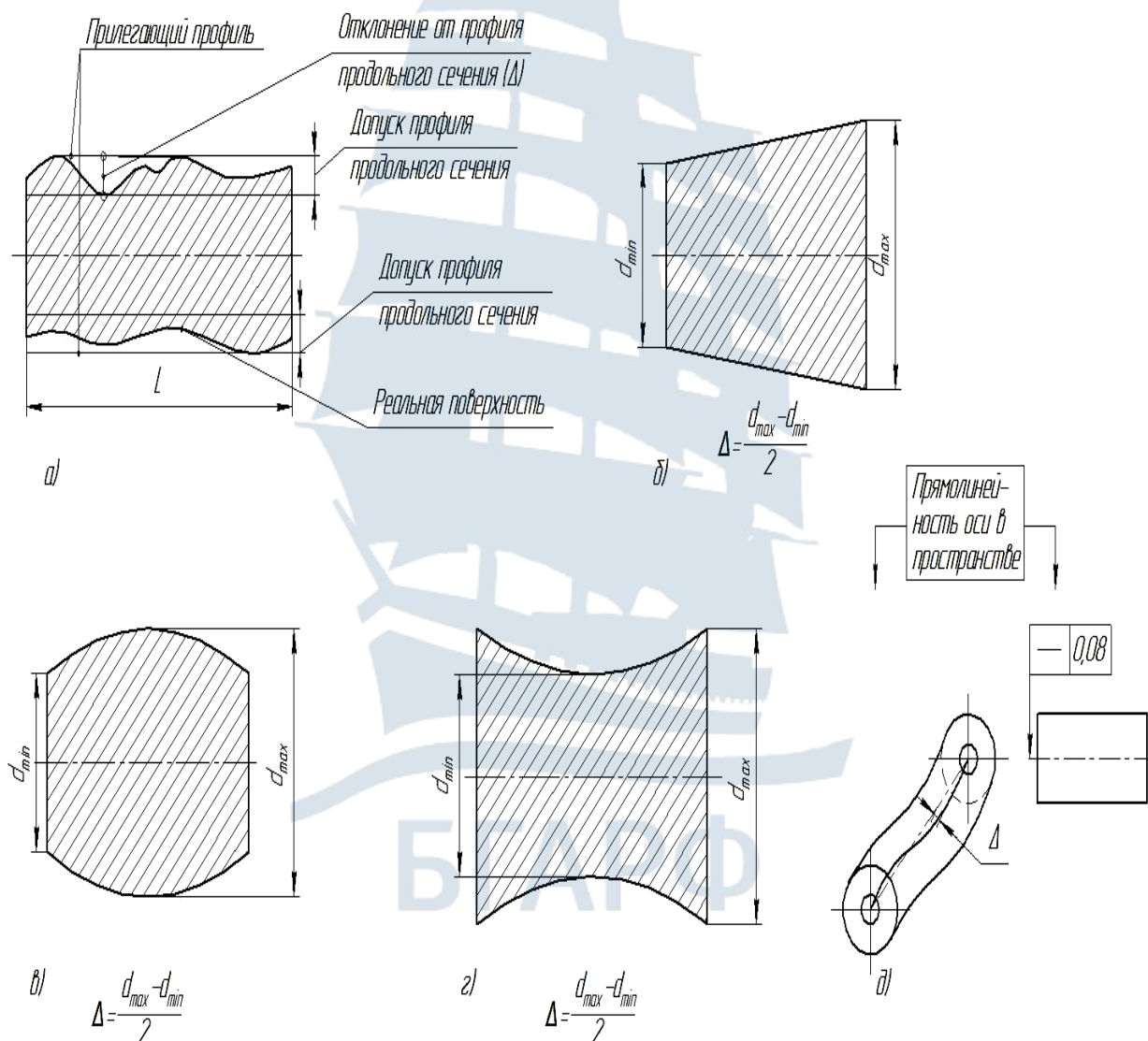


Рис. 3. Отклонение формы цилиндрических поверхностей

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 3, б). Конусообразность появляется из-за отклонения от параллельности направляющих станины, износа резца, несовпадения осей шпинделя и оси пиноли задней бабки.

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 3, в). Бочкообразность возникает при обтачивании нежестких валов ($l > 5d$) в центрах без люнетов.

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

При количественной оценке частных видов отклонений формы продольного сечения берется полуразность максимального и минимального диаметра

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

Частные виды отклонений не имеют специальных условных обозначений. Необходимые требования записываются текстом на чертеже или в технических условиях. Выделение частных отклонений формы дает возможность управлять технологическим процессом и оценивать влияние повышения точности формы на эксплуатационные свойства.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно рассмотреть деталь, очистить деталь от пыли и т. п.
2. Ознакомиться со средствами измерения, метрологические характеристики занести в таблицу 1.
3. Разметить измеряемую деталь на сечения и положения.
4. Привести в рабочее состояние инструменты, приспособления.

Таблица 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
1. Наименование СИ 2. Обозначение СИ					

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
3. ГОСТ 4. Заводской номер СИ					

5. Разметить измеряемую деталь на сечения и положения.

6. Проверить средства измерения на погрешность, либо устранить её, либо – записать (в этом случае учитываем погрешность в результатах измерения с противоположным знаком).

7. Измерить наружную поверхность детали в 6-ти сечениях и в каждом сечении в 4-х положениях, обращая внимание на правильность измерений (т. е. положение детали, средства измерения, освещенность, температуру помещения, детали и средства измерения). Результаты измерения занести в таблицу 2.

8. Определить значение номинального диаметра d_H , как ближайшего к измеренным, пользуясь ГОСТ 6636-69. Если отсутствует ГОСТ 6636-69, то значение номинального диаметра определяем как ближайшее целое значение (учитывая, что большинство деталей типа «вал» изготавливаются с отклонением в «минус»).

9. Определить величину действительных отклонений по формулам:

$$es = d_{\max} - d_H; \quad ei = d_{\min} - d_H.$$

10. Буквенное обозначение основного отклонения определить по ГОСТ 25346-2013 из условия, что за основное отклонение из двух выбирают одно ближайшее по расположению к нулевой линии (или к номинальному размеру). Здесь необходимо учесть вид поверхности – вал или отверстие. В соединениях с зазором «валы» изготавливаются с допуском в «минус», «отверстия» – в «плюс».

11. Учитывая особенности детали (износ, вид поверхности, условный класс точности), определить величину действительного допуска по разности предельных значений или отклонений из всех измерений:

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

12. Назначить номер качества точности по ГОСТ 25346-2013.

13. Определить величины отклонения от круглости и отклонения профиля продольного сечения по разности измеренных предель-

ных значений в соответствующих сечениях и направлениях, учитывая характер возникновения этих отклонений.

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

$$\Delta N_d = (d_{\max} - d_{\min})/2.$$

15. Степень точности формы поверхности детали определяется по ГОСТ 24643-81 по условию $N_{\text{ст}} \leq N_a$ с учетом, что для деталей машиностроения существует деление на три уровня точности – А, В, С. А – нормальный, В – повышенный, С – высокий. Данное деление носит условный характер. Если принять какой-либо уровень точности, то необходимо увязать точность размера с точностью формы. Иначе говоря, точность – числовые значения формы 1-ой группы (круглость, цилиндричность, профиль продольного сечения) должны составлять не более 30% от установленной точности на размер, если отсутствуют другие указания. В обоснованных случаях допускается не проставлять на чертеже точность формы (в нашем случае круглость и цилиндричность). Но это означает, что действительные значения формы не должны превышать допуск на размер.

16. На эскизе детали указать точность размера диаметра в буквенно-цифровом виде по ГОСТ 25346-2013, указать точность формы детали по ГОСТ 2.308-2011.

17. Результаты внести в сводную таблицу 3.

18. Все вычисления подтвердить расчётами в письменном виде.

19. Начертить профилограмму отклонений линий измерений на миллиметровой бумаге.

Отчёт оформить по правилам оформления РГР и текстовой документации.

Таблица 2

Результаты измерений

	I-I	II-II	III-III	IV-IV	V-V	VI-VI
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Сводная таблица результатов

№	Наименование параметра	Обозн.	Знач.
1	Размер максимальный	d_{max} , мм	
2	Размер минимальный	d_{min} , мм	
3	Размер номинальный	d , мм	
4	Отклонение верхнее	es , мм	
5	Отклонение нижнее	ei , мм	
6	Отклонение основное ГОСТ 25346-2013	мкм	
7	Допуск действительный	T_d , мкм	
8	Допуск ГОСТ 25346-2013	T_{dcr} , мкм	
9	Квалитет номер ГОСТ 25346-2013		
10	Отклонение от круглости действительное	ΔK_d , мкм	
11	Отклонение от круглости ГОСТ 24643-81	ΔK_{cr} , мкм	
12	Степень точности круглости ГОСТ 24643-81		
13	Отклонение от цилиндричности действительное	$\Delta \Pi_d$, мкм	
14	Отклонение от цилиндричности ГОСТ 24643-81	$\Delta \Pi_{cr}$, мкм	
15	Степень точности цилиндричности ГОСТ 24643-81		

Содержание отчета

1. Тема, цель, задание.
2. Используемые средства измерения таблица 1 .
3. Результаты измерений и расчетов, сведенные в таблицы 2, 3.
4. Схема поля допуска с указанием основного отклонения и обозначением поля допуска.
5. Эскиз детали с указанием требований точности размера и формы согласно ГОСТ 2.308-2011.

Список литературы

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М. Машиностроение, 1986. – С. 177-184.
2. Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1982. – Ч. 1. – 543 с., – Ч. 2. 448 с.

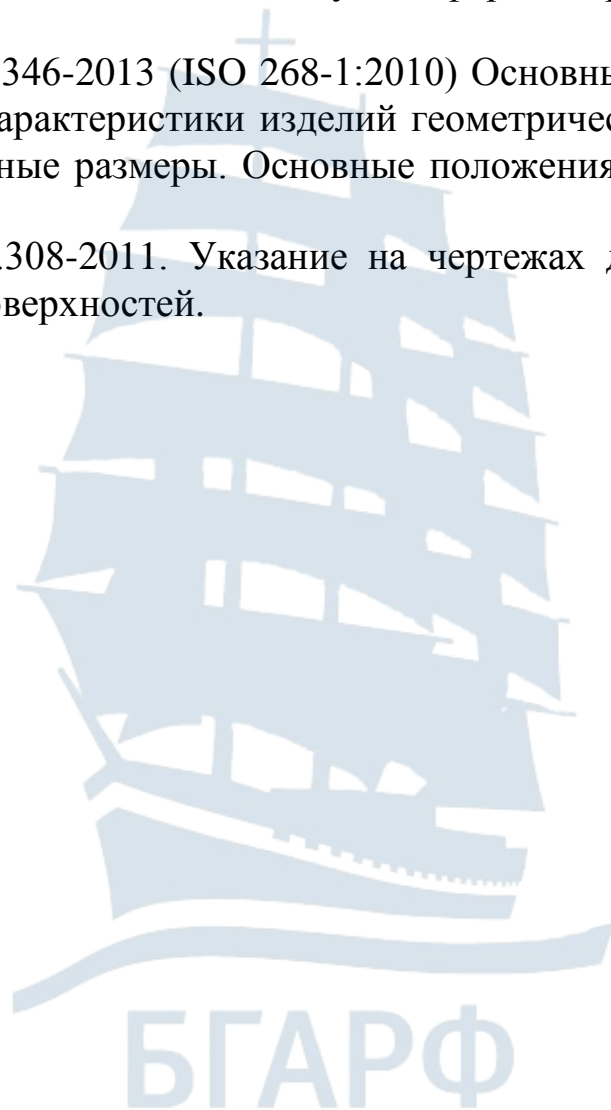
3. И.В. Безсмолова. Методические указания по выполнению лабораторных работ по метрологии, стандартизации и сертификации для технических специальностей. – Калининград: изд-во БГАРФ, 2004. – 58 с.

4. ГОСТ Р 53442-2015. Допуски формы, расположения, ориентации, биения поверхностей. Основные термины и определения.

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

6. ГОСТ 25346-2013 (ISO 268-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки.

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



Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ ПЛИТЫ

Цель работы

1. Освоить технику измерения отклонений плоских поверхностей от плоскостности.
2. Научиться анализировать результаты измерений.
3. Научиться по ГОСТ Р 53442-2015, ГОСТ 24643-81 определять и назначать степени точности формы детали.
4. Научиться обозначать на чертеже детали допуски формы согласно ГОСТ 2.308-2011.
5. Научиться строить профилограмму сечений по измеряемым линиям и точкам.

Содержание работы

1. Измерить размеры плоскости плиты. Снять показания индикатора часового типа с плоскости плиты.
2. Проанализировать данные измерений и определить допуск – прямолинейности и плоскостности.

Основные понятия

Измерение и контроль отклонений от прямолинейности и плоскостности производится с помощью поверочных линеек различных типов и уровней с использованием коллимационного и автоколлимационного методов, метода оптического визирования и измерения сравнением с точными направляющими прибора.

Линейки для определения прямолинейности (рис.1) представляют собой нормальные калибры. В соответствии с ГОСТ 8026–92, выпускаются поверочные *стальные* линейки шести типов: с двухсторонним скосом ЛД, трехгранные ЛТ, четырехгранные ЛЧ, прямоугольного сечения ШП и хромированные ШПХ, двухтаврового сечения ШД.

Кроме стальных, выпускаются и *чугунные линейки* с широкой рабочей поверхностью: мостики ШМ, угловые трёхгранные УТ и *твердокаменные*: ШП-ТК, ШМ-ТК, УТ-ТК.

В зависимости от точности изготовления, линейкам присваивают определённые классы точности: лекальным – 0 и 1, линейкам ШП, ШД и ШМ – 00, 0, 01, 1 и 2.

Погрешность контроля поверочными линейками находится в пределах 1–5 мкм. Длина линейек от 8 до 4000 мм.

Контроль отклонений от прямолинейности и плоскостности поверочными линейками выполняется одним из трех методов: «на просвет», «линейных отклонений» и «на краску».

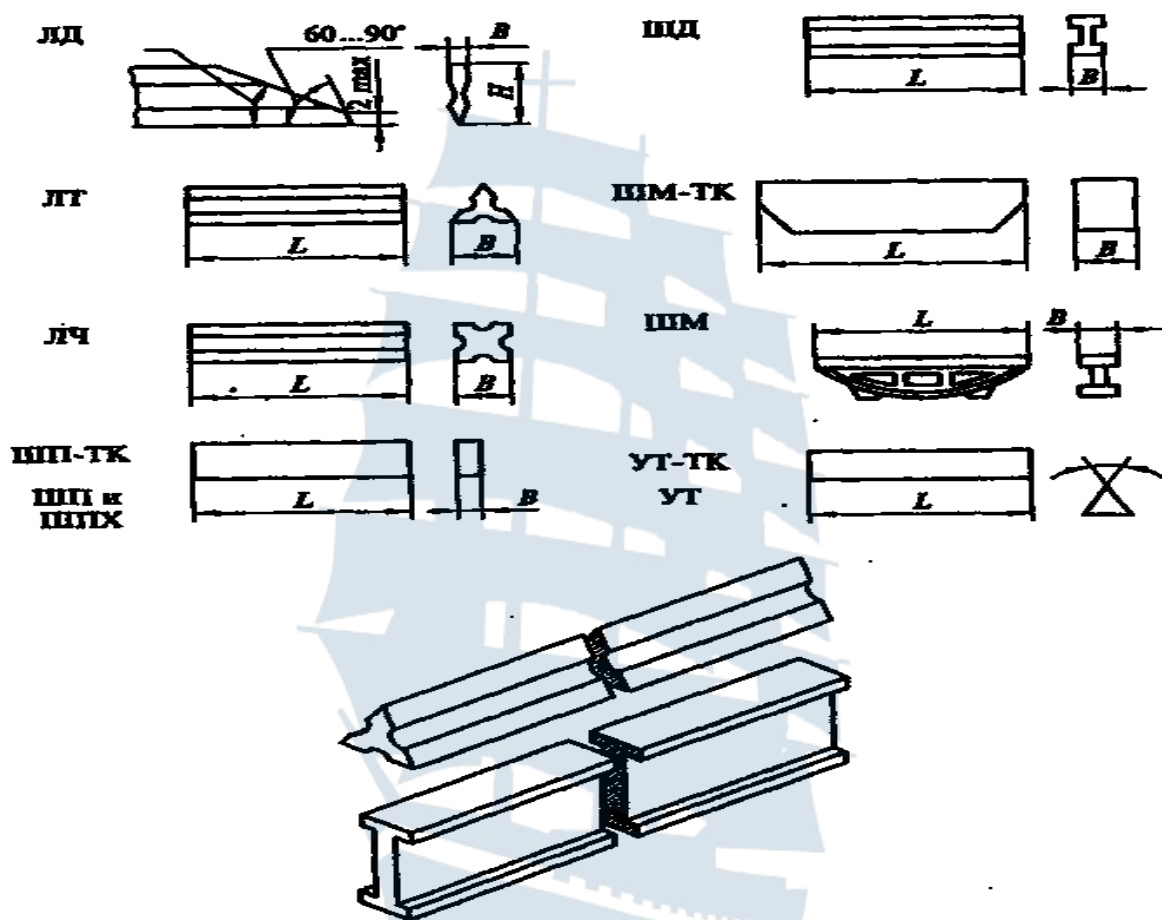


Рис. 1. Разновидности поверочных линейек

При проверке методом «на просвет» лекальную линейку острым ребром накладывают на контролируемую поверхность и проверяют светом, есть ли щель между линейкой и поверхностью.

В качестве образцов просветов могут выступать щуп и концевые меры длины. Это метод линейных отклонений.

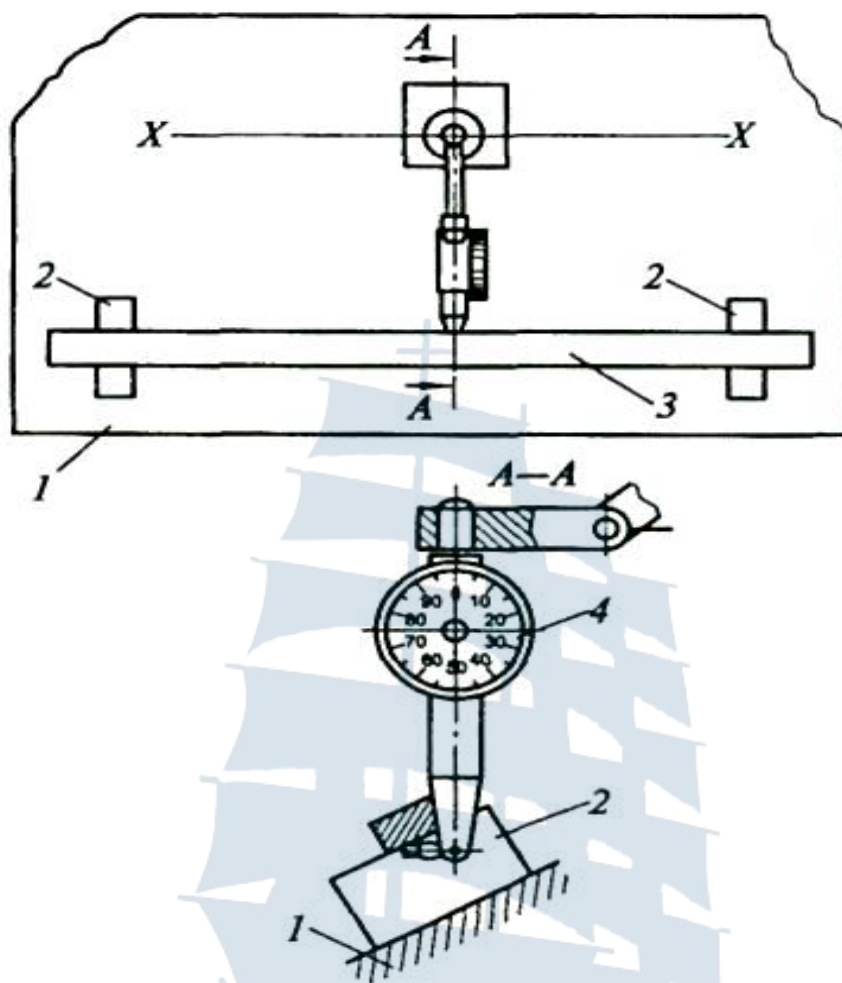


Рис. 2. Схема контроля отклонений от прямолинейности

Схема контроля с помощью линеек с широкой рабочей поверхностью и концевых мер длины представлена на рис. 2. При контроле прямолинейности детали 1 в направлении x-x линейку 3 укладывают на две одинаковые концевые меры 2, находящиеся на расстоянии 0,233 длины линейки от ее концов. За измерительную базу принимается нижняя поверхность линейки 3 с широкой рабочей поверхностью. Отклонение от прямолинейности определяется с помощью концевых мер длины, щупов или специального средства измерения с измерительной головкой 4. Описанный метод применим для контроля прямолинейности на длине не более 2000 мм, так как при большей длине линеек их прогиб начинает оказывать существенное влияние на точность контроля.

Контроль отклонений от плоскостности методом «На краску» выполняется линейками ШТ, ШД, ШМ и УТ, причем у линеек ШМ и УТ рабочие поверхности должны быть шаброваны. Рабочую поверхность

линейки покрывают тонким слоем краски (например, смесью берлинской лазури или сажи с машинным маслом), перемещают по контролируемой поверхности и определяют число (или площадь) пятен краски, оставшихся на этой поверхности, в квадрате со стороной 25 мм. Погрешность контроля составляет 3–5 мкм.

Контроль *плоскостности* поверхностей производят методом «На краску» поверочными плитами, с помощью механических приборов, уровней, плоскомеров карусельных, оптических приборов.

Поверочные плиты изготавливают из чугуна и гранита с размерами от 250x250 до 4000x1600 мм (рис. 3) согласно ГОСТ 10905–86. Класс точности плит: 00; 0; 1; 2; 3. Допуск плоскостности составляет 1,2–120 мкм.

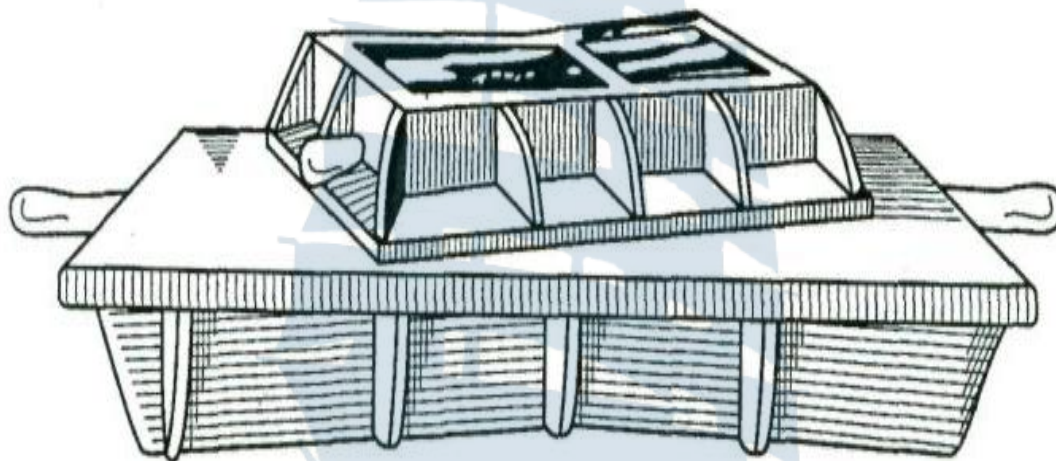


Рис. 3. Поверочные плиты

Плиты изготавливаются из чугуна с физико-механическими характеристиками не ниже показателей чугуна марки СЧ8 (ГОСТ 1412–85) с твердостью 170–229 НВ.

Применение гранитных плит, имеющих большую твердость рабочей поверхности, более высокую износостойкость, меньшую температурную и вибрационную зависимость, позволяет повысить точность контроля. Гранитные плиты имеют предел прочности при сжатии не менее 264,9 МПа.

В данной работе применён метод исследования плоскости индикатором часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм (10 мкм).

Суть метода в том, что приспособление (штатив) и закреплённый в нём индикатор часового типа ИЧ-10 размещены на исследуемой плите. Результаты получены методом прямого измерения. Это значительно повышает достоверность результата измерения. Массив

данных позволяет построить профилограмму в каждой точке плоскости, что немаловажно для детального анализа поверхности.

Порядок выполнения работы

1. Очистить поверхность плиты от посторонних предметов.
2. Настроить штатив и ИЧ-10 на измерения.
3. Метрологические характеристики средств измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
1. Наименование СИ 2. Обозначение СИ 3. ГОСТ 4. Заводской номер СИ					

4. Разметить плиту, 4 линии по 20 точек в каждой линии, направление линий задаёт преподаватель.

5. Разместить на плите штатив в сборе с ИЧ-10, контролируя чистоту измеряемой поверхности.

6. Найти наименьшую точку на поверхности плиты, принять её за ноль, т. е. ИЧ-10 настроить на ноль, предварительно создав натяг 1-2 мм на циферблате ИЧ-10. *Необходимо отметить, что все полученные результаты будут положительными – они подчиняются закону «Существенно положительных величин» или Максвелла. Если в результате измерений будут получены и некоторые отрицательные значения, то необходимо ноль скорректировать на величину наибольшего отрицательного значения, естественно и все остальные значения.*

7. Произвести замеры в 4-х линиях по 20 точкам, показания в точках занести в таблицу 2.

8. Построить профилограмму каждой линии по 20 точкам.

9. Указать действительное отклонение от прямолинейности и плоскостности. Определить, находятся ли действительные значения в «допуске» какого-либо класса точности на плиты ГОСТ 10905-86.

10. Выполнить эскиз плиты, назначить допуски формы стандартные ГОСТ 2.308-2011, ГОСТ 10905-86. Плиты поверочные и разметочные.

Таблица № 2

Результаты измерений

№ 1	Δh_i	Δh_i^2	№ 2	Δh_i	Δh_i^2	№ 3	Δh_i	Δh_i^2	№ 4	Δh_i	Δh_i^2
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		
11			11			11			11		
12			12			12			12		
13			13			13			13		
14			14			14			14		
15			15			15			15		
16			16			16			16		
17			17			17			17		
18			18			18			18		
19			19			19			19		
20			20			20			20		
		Σ			Σ			Σ			Σ

11. Качество измерений характеризуется средне-квадратическим отклонением результата измерения.

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

Значения, которые подставим в формулу, получены прямым измерением, т. е. Δh_i подсчитывать не нужно, оно у нас есть.

В массиве данных могут оказаться значения, резко выделяющиеся из массы, как положительные, так и отрицательные. Прежде чем ис-

ключить их из массива данных как ошибки, следует внимательно проанализировать ситуацию, и только после этого принимать решение.

12. Определить границы доверительной погрешности Δ или Δ для вероятности P ($P = 0,75$; $P = 0,9$; $P = 0,99$) по формуле

$$\Delta = \sigma \times t,$$

где σ – средне-квадратичное отклонение результата измерения,

t – коэффициент закона нормального распределения случайных величин (*не путать с коэффициентом Стьюдента*).

13. Записать результат.

Содержание отчёта

1. Тема работы, цель.
2. Метрологические характеристики средств измерения и приспособлений.
3. Таблица с массивом данных.
4. Профилограмма.
5. Эскиз плиты с указанием точности формы.
6. Обработка результатов измерений, анализ.
7. Расчёты, результаты.
8. Выводы.

Список литературы

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – С.171-184.
2. ГОСТ Р 53442-2015. Допуски формы, расположения, ориентации и биения поверхностей. Основные термины и определения.
3. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей.
4. ГОСТ 2.308-2011. Указание на чертежах допусков формы и расположения.
5. ГОСТ 10905-86. Плиты поверочные и разметочные.

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦЕВОГО БИЕНИЙ И БИЕНИЯ В ЗАДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ

Цель работы

1. Приобрести навыки в технике измерения торцевого и радиального биений и биения в заданном направлении.
2. Определение действительных значений радиального и торцевого биения и биения в заданном направлении.

Таблица 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
1. Наименование СИ 2. Обозначение СИ 3. ГОСТ 4. Заводской номер СИ					

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 Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной к базовой оси:

$$\Delta = R_{\max} - R_{\min}$$

Допуск радиального биения – наибольшее допустимое 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 T (рис. 1).

Торцевое биение – суммарное отклонение торцевой поверхности от плоскостности и отклонение этой поверхности от перпендикулярности относительно базовой оси. Оно равно разности Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси (рис. 1).

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 T , и перпендикулярными к базовой оси.

Содержание работы

1. Измерить величину радиального и торцевого биений заданных поверхностей деталей.
2. Назначить допуски радиального, торцевого и биения в заданном направлении по ГОСТ 24643-81.
3. Обозначить на чертеже вид допуска формы и расположения по ГОСТ 2.308-2011.

Порядок выполнения работы

1. Составить эскиз детали, пронумеровать проверяемые поверхности.
2. Составить таблицу 2 биения ступеней.
3. Установить деталь измерения в центры ПБ 200 или ПБ 500, устранить зазоры. Перед установкой проверить центровые отверстия на торцах детали на наличие забоев.
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). Медленно, без рывков, в одном направлении поворачивая деталь рукой, снять показания индикатора за один полный оборот, т. е. величину радиального биения. Повторить измерения 5 раз и за результат принять максимальное значение. Результаты занести в табл. 2. За величину радиального биения принимается разность предельных значений, измеренных для каждой поверхности

$$\Delta = R_{\max} - R_{\min}$$

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 поверяемой поверхности (рис. 2). 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 и назначить числовые значения по ГОСТ 24643-81 и указать на эскизе детали требования точности в соответствии с ГОСТ 2.308-2011.

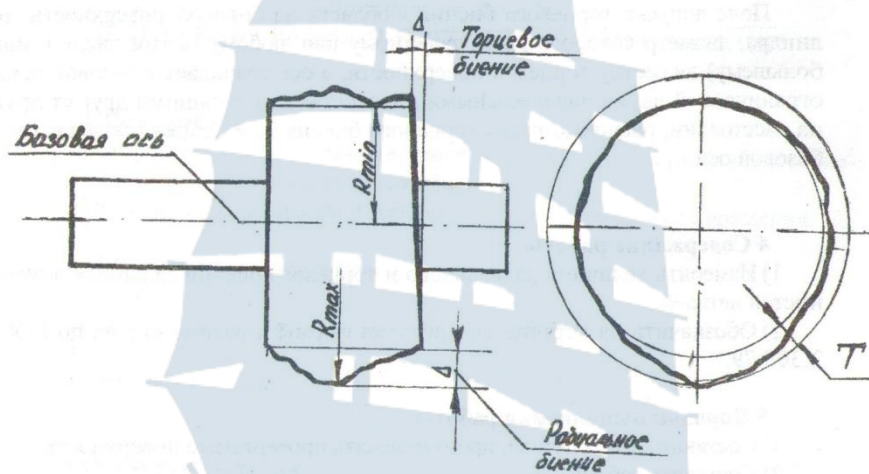


Рис. 1. Суммарные отклонения – радиальное и торцевое биения

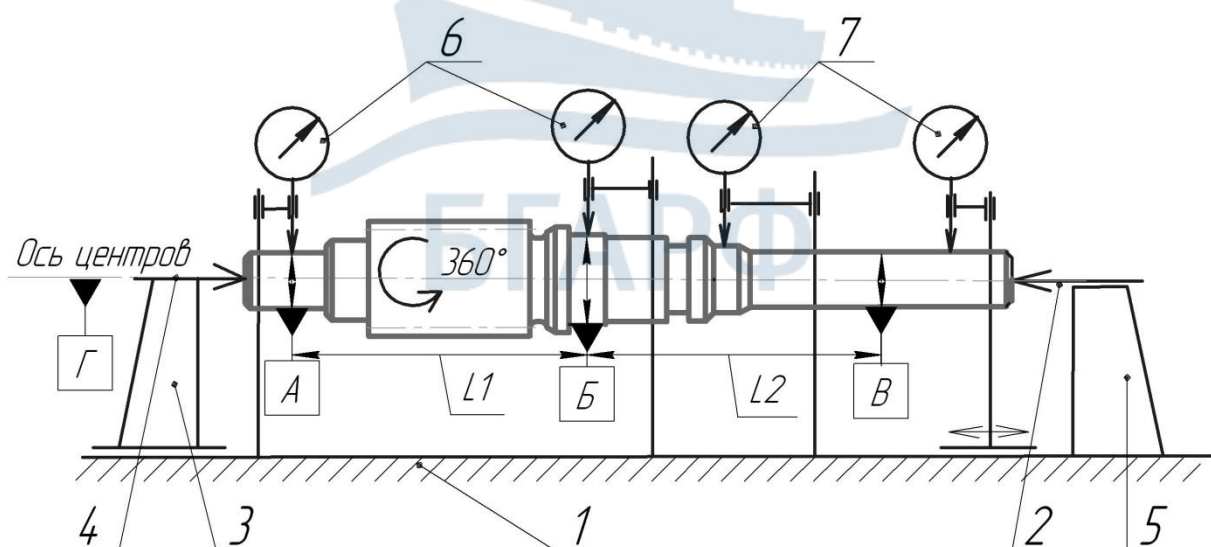


Рис. 2. Измерение радиального биения

Таблица 2

Результаты измерения (показания ИЧ-10, МИГ-1, мкм)

Радиальное биение						
№ ступ.		1	2	3	4	Δ_{\max}
1	R_{\max}					
	R_{\min}					
2	R_{\max}					
	R_{\min}					
3	R_{\max}					
	R_{\min}					
4	R_{\max}					
	R_{\min}					
Торцовое биение						
1	R_{\max}					
	R_{\min}					
2	R_{\max}					
	R_{\min}					
3	R_{\max}					
	R_{\min}					
Биение в заданном направлении						
1	R_{\max}					
	R_{\min}					
2	R_{\max}					
	R_{\min}					

Таблица 3

Параметры биений, мм

Номер ступени	Диаметр ступени	Значение биения, Δ_{\max}	Назначенная степень точности	Значение степени точности

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Метрологические характеристики СИ. Таблица 1.
3. Результаты измерений. Таблица 2.
4. Назначенные параметры. Таблица 3.

5. Чертёж детали с нанесением номинальных размеров и суммарных допусков по ГОСТ 2.308-2011.

6. Выводы.

Список литературы

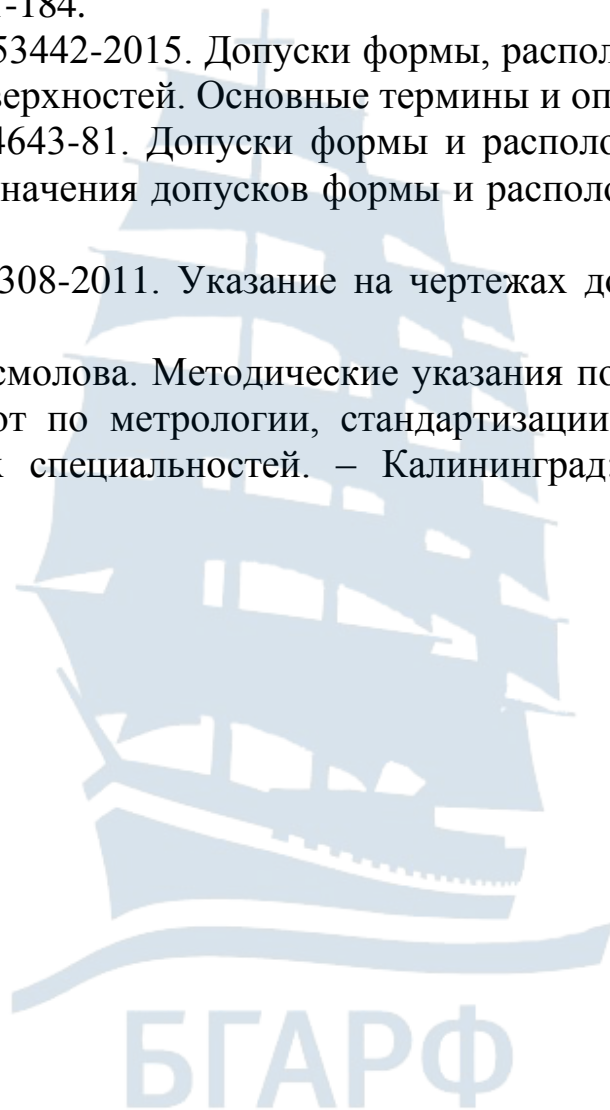
1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – С.171-184.

2. ГОСТ Р 53442-2015. Допуски формы, расположения, ориентации и биения поверхностей. Основные термины и определения.

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

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

5. И.В. Безсмолова. Методические указания по выполнению лабораторных работ по метрологии, стандартизации и сертификации для технических специальностей. – Калининград: изд-во БГАРФ, 2004. – 58 с.



Лабораторная работа 4

ОЦЕНКА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПО ОБРАЗЦАМ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы

1. Ознакомление с параметрами шероховатости поверхности.
2. Уметь определять направление микронеровностей и значения параметров шероховатости в зависимости от метода обработки поверхности.
3. Нанесение параметров шероховатости на чертеже детали.

Содержание работы

1. Определить параметры шероховатости и направление микронеровностей на детали.
2. Назначить их числовые значения.
3. Выполнить чертёж детали с нанесением параметров шероховатости.

Таблица 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
1. Наименование СИ 2. Обозначение СИ 3. ГОСТ 4. Заводской номер СИ					

Порядок выполнения работы

1. Изучить деталь, разбив её на элементарные поверхности.
2. Определить, каким методом обработки сформирована каждая из поверхностей.
3. Учитывая особенности применения различных инструментов, определить направление микронеровностей.
4. Сравнить исследуемые поверхности с эталонами шероховатости, назначить числовые значения.

5. Выполнить чертёж детали с указанием параметров шероховатости.

Основные понятия

Шероховатость поверхности по ГОСТ 25142-82, – совокупность неровностей (микронеровностей) поверхности с относительно малыми шагами, которая выделена с помощью базовой длины.

Базовая длина l – длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности (выбирается из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм).

Числовые значения шероховатости поверхности определяют от единой базы, которой является *средняя линия профиля m* .

Шероховатость поверхности можно оценить одним или несколькими показателями, ГОСТ 2789-73 (он гармонизирован со стандартом ИСО Р 468). Параметры шероховатости делятся на высотные (R_a , R_z , R_{max}), шаговые (S_m , S), которые определяются по ГОСТ 2789-73 и на параметр, связанный с формой неровностей профиля (t_p).

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right].$$

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}.$$

Средний шаг местных выступов профиля S – среднее значение шага местных (смежных) выступов профиля в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i.$$

Рекомендуется использовать предпочтительные значения параметра R_a , т. к. образцы шероховатости поверхности сравнения изготавливают по ГОСТ 9378-93.

Требования ГОСТ 2789-73 распространяются на все виды материалов, кроме древесины, войлока, фетра и других материалов с ворсистой поверхностью.

Относительная опорная длина профиля $t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$, характеризуется опорной длиной профиля η_p .

η_p – сумма длин отрезков b_i , отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, $\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i$. Значение уровня сечения профиля p отсчитывают от линии выступов и выбирают из ряда: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 % от R_{\max} . Числовые значения t_p выбирают в % из того же ряда, что и p , исключая число 5.

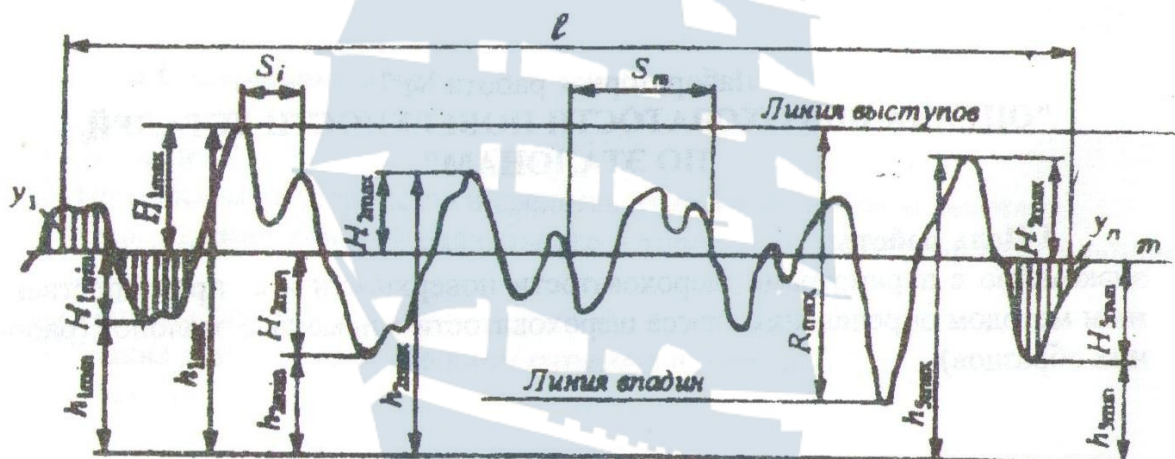


Рис. 1. Характеристики и параметры шероховатости

Требования к параметрам шероховатости и сами параметры следует устанавливать исходя из функционального назначения детали, а именно конкретной рассматриваемой поверхности. Рассмотренный комплекс параметров способствует обоснованному назначению показателей шероховатости для поверхностей различного эксплуатационного назначения.

Для поверхностей трения ответственных деталей устанавливают параметры R_a (R_z), R_{\max} и t_p , а также задают направление микронеровностей. Для поверхностей циклически нагруженных ответственных

ных деталей устанавливают параметры R_{\max} , S_m и S . Параметр R_a следует предпочитать параметру R_z , т. к. параметр R_a даёт более достоверную и полную оценку шероховатости (R_z вычисляется по десяти точкам, а R_a – по гораздо большему количеству точек).

Параметрами R_a , R_z , R_{\max} нельзя в полной мере оценить влияние формы неровностей на эксплуатационные показатели качества деталей, т. к. при различных формах (профилях) микронеровностей значения параметра R_a могут быть одинаковы. Форма неровностей зависит от формы режущей части инструмента.

Для лучшей оценки свойств шероховатости необходимо знать не только её высотные параметры (R_a , R_z , R_{\max}), но и шаговые (S_m , S), и параметры формы (t_p).

Износостойкость, контактная жесткость, долговечность и прочие эксплуатационные свойства в сопрягаемых поверхностях во многом определяются площадью их контакта (в практике именуемой пятном контакта, выраженной в % к общей площади контакта), кроме того – видом термообработки, наличием в сплаве легирующих элементов, видом покрытия рабочих поверхностей.

Для определения опорной площади от нагрузки строят кривые относительной опорной длины профиля t_p в нескольких уровнях сечения профиля с соответствующим значением p . Относительная опорная длина профиля t_p определяет значение пластической деформации поверхностей контактирующих деталей.

При выборе значений t_p следует учитывать, что с увеличением значения этого параметра, т. е. с ужесточением требований к шероховатости поверхности, увеличивается стоимость изготовления детали, которая складывается из: трудовых затрат, стоимости оборудования, инструмента, оснастки, средств контроля и т. п.

Для получения значений $t_p = 25\%$ применяют чистовое точение; $t_p = 40\%$ – чистовое хонингование.

Для некоторых поверхностей шероховатость определяется требованиями эстетики, коррозионной стойкости и технологией изготовления.

Требования к шероховатости поверхности устанавливают путём указания параметра шероховатости (одного или нескольких) его числового значения (наибольшего, наименьшего, номинального с отклонением в %, диапазона значений), а также базовой длины и направления неровностей. Если параметры R_a , R_z , R_{\max} определяются на базовой длине, то базовая длина не указывается.

Числовые значения параметров шероховатости назначаются исходя из назначенного допуска на размер данной поверхности. Условно все детали делятся на три уровня точности: А, В, С (соответственно – нормальный, повышенный, высокий).

Приняты следующие соотношения для уровней относительной геометрической точности:

$Ra \leq 0,05 IT$ – для уровня А (нормальный);

$Ra \leq 0,025 IT$ – для уровня В (повышенный);

$Ra \leq 0,012 IT$ – для уровня С (высокий);

где IT – допуск размера,

Ra – параметр шероховатости.

Направление микронеровностей – есть совокупность микронеровностей, сориентированных как-либо относительно оси детали.

Различают: параллельные, перпендикулярные, перекрещивающиеся, произвольные, кругообразные, радиальные, хаотичные направления микронеровностей.

Направления микронеровностей зависят от метода обработки (формирования) поверхности и применяемого инструмента. Если говорить конкретнее, то это следы от суммарного движения оборудования, приспособления и инструмента. Направление и обозначение микронеровностей представлены в таблице 2.

Таблица 2

Направление неровностей	Обозначение на чертеже	Направление неровностей	Обозначение на чертеже
Параллельное	=	Произвольное	М
Перпендикулярное	⊥	Кругообразное	С
Перекрещивающиеся	×	Радиальное	R
		Хаотичное (точечное)	P

Пример обозначения:

относительной опорной поверхности t_p , $t_{50} = 70$; здесь указана относительная длина профиля $t_p = 70$ % при уровне $p = 50$ % от R_{max} .

высоты неровностей по десяти точкам

$Rz 80_{-10\%}$, $Rz 80^{+10\%}$, $Rz 80 \pm 10\%$, $Rz 80$.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности их значения записываются в следующем порядке (рис. 2):

– параметр высоты неровностей профиля Ra не более 0,4 мкм на базовой длине l , равной 0,8 мм;

– параметр шага неровностей S_m от 0,063 до 0,04 мм на базовой длине 0,8 мм;

– относительная опорная длина профиля t_{50} $80 \pm 10\%$ на базовой длине 0,25 мм.

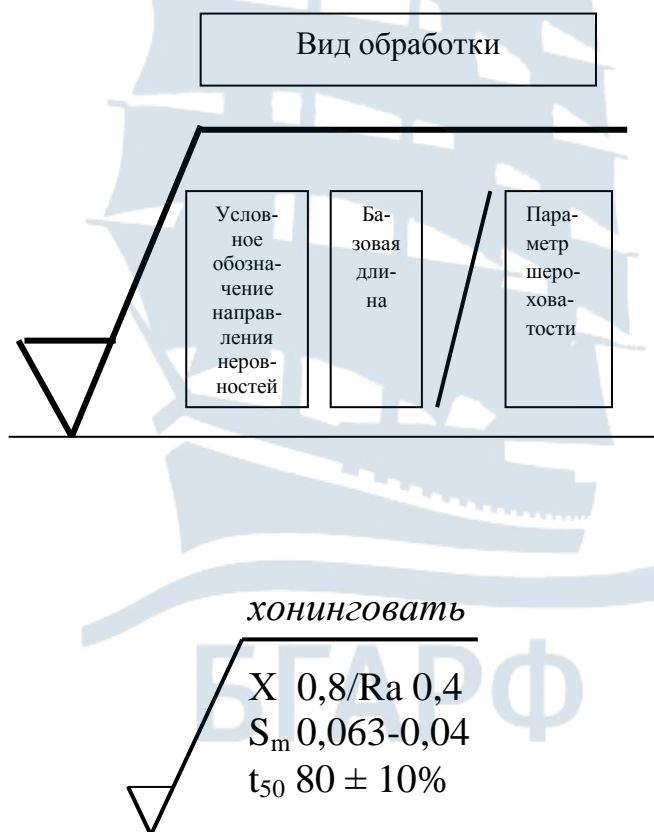


Рис. 2. Обозначение шероховатостей поверхности

Волнистость поверхности

Волнистость поверхности считают промежуточной категорией отклонений формы между микро-геометрией и макро-геометрией. Возникновение волнистости связано с динамическими процессами, вызванными потерей устойчивости системы СПИД (вибрации).

Согласно рекомендации СЭВ РС 3951-73 волнистость поверхности – совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояние между соседними вершинами или впадинами превышает базовую длину L для имеющейся шероховатости поверхности.

Установлено три параметра волнистости:

W_z – ***высота волнистости,***

W_{max} – ***наибольшая высота волнистости,***

S_w – ***средний шаг волнистости.***

Они отсчитываются с использованием средней линии m_w . Средняя линия m_w имеет форму номинального профиля, её положение аналогично средней линии профиля m шероховатости. Длина линии измерения L_w должна быть не менее пятикратного значения шага самой большой волны.

W_z – ***высота волнистости*** – среднее арифметическое из пяти высот волн, определяемых на каждом из пяти одинаковых участков измерений l_{wi} :

$$W_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 W_i .$$

Предельные значения W_z должны соответствовать ряду величин: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.

W_{max} – ***наибольшая высота волнистости*** – самая высокая волна из пяти рассматриваемых.

S_w – ***средний шаг волнистости*** – среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии, отсекаемых однотипными (чётными или нечётными) точками пересечения профиля волнистости со средней линией в пределах L_w :

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi}$$

Условно границу между отклонением формы поверхности различных порядков можно установить по значению отношения шага S_w к высоте неровностей W_z :

При $S_w / W_z < 40$ – отклонения относятся к шероховатости поверхности;

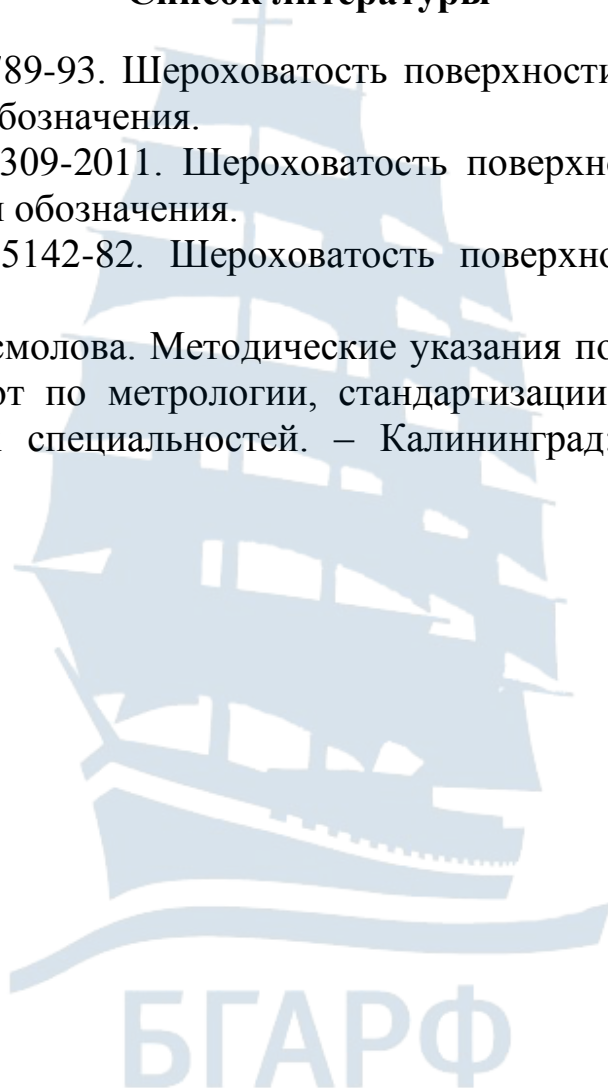
При $40 < S_w / W_z < 1000$ – отклонения относятся к волнистости;
При $S_w / W_z > 1000$ – к отклонениям формы.

Содержание отчёта

Выполнить чертёж детали с простановкой номинальных размеров и параметров шероховатости.

Список литературы

1. ГОСТ 2789-93. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения.
2. ГОСТ 2.309-2011. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения.
3. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.
4. И.В. Безсмолова. Методические указания по выполнению лабораторных работ по метрологии, стандартизации и сертификации для технических специальностей. – Калининград: изд-во БГАРФ, 2004. – 58 с.



Лабораторная работа № 5

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН УГЛОВЫМИ ПРИБОРАМИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛОВ И КОНУСОВ

Цель работы

1. Освоить угловые средства измерения.
2. Освоить методы поверки средств измерения по эталонной базе.
3. Освоить методы измерения угловых величин.
4. Освоить расчётный метод определения угловых величин.

Содержание работы

1. Проверить инструменты на наличие систематической погрешности.
2. Произвести измерения детали несколько раз в различных положениях.
3. Назначить номинальные значения углов.
4. Расчётным методом определить значения.
5. Сравнить значения, полученные двумя способами.
6. Назначить стандартные значения и сделать выводы.

Инструменты и оборудование

Таблица 1

Метрологические характеристики средств измерения

Средство измерения (СИ)	Диапазон измерения	Цена деления	Допустимая погрешность измерения	Класс точности средства измерения	Примечания
1. Наименование СИ 2. Обозначение СИ 3. ГОСТ 4. Заводской номер СИ					

Основные понятия

Во многих машинах применяются узлы и детали, качество работы которых зависит от *точности* имеющихся у них *угловых размеров*.

Все углы в применяемых деталях и узлах машин можно разделить на три группы: 1) *нормальные углы общего назначения*; 2) *нормальные углы специального назначения*; 3) *специальные углы* (углы, размеры которых связаны расчётными зависимостями с другими принятыми размерами).

По своему *назначению* и *конструкции* конусы могут быть:

– *центрирующими* – для обеспечения высокой точности центрирования;

– *силовыми* – для передачи крутящих моментов;

– *регулирующими* – для изменения частоты вращения во фрикционных механизмах;

– *уплотнительными* – для уплотнения конических соединений и др.

Основными *геометрическими параметрами* конусов в миллиметрах как наружного (вала или конус-вала), так и внутреннего (отверстия или конус-отверстия) являются параметры (рис. 1):

D_n, d_e – диаметры большого и малого оснований соответственно;

D_s – диаметр конуса в заданном сечении;

L – длина конуса;

L_s – осевое расстояние от большого основания конуса до сечения;

L_n, L_e – длина конусных вала и отверстия соответственно;

$\alpha, \alpha/2$ – угол конуса и угол уклона (половина угла конуса);

$рад$ – радиан. Это угол между двумя радиусами R окружности, длина дуги между которыми равна радиусу R . Применяется для теоретических построений и расчетов.

Параметры D, d называются *расчётными*.

Расстояния C_n и C_e до расчетных сечений D и d задаются от каких-либо характерных поверхностей конических деталей. Они называются *базорасстояниями*. Задаются также диаметры конусов в габаритах детали D_e и d_n (диаметры внутренний и наружный) и высота или длина конической поверхности L_e и L_n (рис. 1, б). Параметры наружного конуса H_K имеют индекс «Н», внутреннего конуса B_K имеют индекс «В».

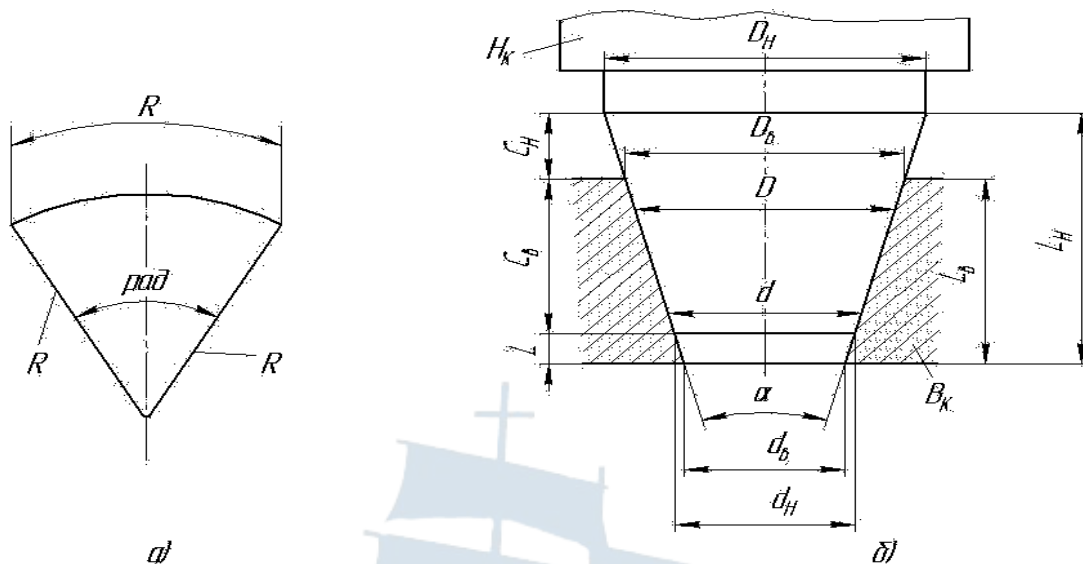


Рис. 1. Единица измерения угла радиан (а)
и основные геометрические параметры конусов (б)

Основные элементы конусов связаны соотношением

$$\frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = C; \quad \frac{C}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{0,5(D-d)}{L} = i,$$

где i – уклон; C – конусность.

$$360^\circ = 2\pi = 6,28318530 \text{ рад}; \quad 1^\circ = \frac{2\pi}{360^\circ} = 0,01745329 \approx \frac{1}{57,3} \text{ рад};$$

$$1 \text{ рад} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ 17' 45'' = 3437' 45'' = 206265''; \quad 1^\circ = 3600'';$$

$$1 \text{ рад} = 57,29578^\circ = 206264,8'' \approx 206265''.$$

Конусность указывается в виде отношения 1:Х, где Х – расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм. Это необходимо для того, чтобы выразить конусность целым числом, а также для удобства измерения. Например, конусность выражается как 1:20, это значит, что два диаметра, в сечениях отстоящих друг от друга на 20 мм, имеют разность диаметров в 1 мм.

Конические сопряжения используются при частой разборке и сборке при хорошем центрировании сопрягаемых деталей, например, установке режущего инструмента в шпиндели металлорежущих станков. В этом случае в шпинделе станка используют конусы, угол которых обозначается как 7:24 (на длине конуса в 24 мм (вдоль оси) разность диаметров составляет 7 мм). Такие конусности отнесены к ко-

нужностям *специального назначения*. Численные значения приведены в таблице 3. ГОСТ 8908-81 регламентирует ряды нормальных углов и допуски конусов табл. 2.

Таблица 2

Ряды и размеры нормальных углов общего назначения

Ряд								
1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
0°	0°	0°	5°	10°	9°	45°	45°	55°
	0°30'	0°15'			10°			
	1°	0°30'			12°			
	2°	0°45'	15°	15°	15°	60°	60°	60°
	3°	1°		20°	18°		75°	65°
		1°30'			20°			70°
		2°			22°			75°
		2°30'			25°			80°
		3°						85°
		4°						
5°	5°	5°	30°	30°	30°	90°	90°	90°
		6°			35°			100°
					40°			110°
	8°	7°	45°	45°	45°	120°	120°	120°
		8°			50°			135°
								150°
								180°
								270°
								360°

Таблица 3

Параметры углов конусов и конусности специального назначения

Конусность	Угол конуса α		Примеры применения	
	градус	радиан		
1:32	1°47'24"	0,03124	Конические резьбы обсадных труб и муфт	
1:24	2°23'13"	0,041661	Конусы инструментов по американскому стандарту меньше конуса Морзе № 1	
			Конус Морзе	
			Номер	Диаметр, мм
1:19,212	2°58'54"	0,05239	0	9,045
1:20,047	2°51'26"	0,049872	1	12,065
1:20,020	2°51'41"	0,049940	2	17,780
1:19,922	2°52'32"	0,05018	3	23,825
1:19,254	2°58'31"	0,051926	4	31,267
1:19,180	2°59'12"	0,052126	5	44,399
1:19,002	3°00'53"	0,052614	6	63,348
1:16	3°34'47"	0,062480	Резьбы трубные конические общего назначения. Конусы инструментов по американскому стандарту при размерах до 12"	
7:64	6°15'38"	0,109266	Отверстия под оправки в столах зубодолбежных станков	
3:25	6°52'	0,119856	Резьбы горловины стальных баллонов для газа и вентилях кислородных баллонов	
1:6	9°31'38"	0,166282	Резьбы замков для труб и муфт к ним	
1:4,07	14°	0,244346	Фланцевые концы шпинделей шлифовальных, токарных и револьверных станков и присоединительные размеры патронов, планшайб и переходных фланцев	
1:4	14°15'	0,248710	Фланцевые концы шпинделей станков, а также присоединительные размеры патронов, планшайб и переходных фланцев к ним. Резьба замков для труб и муфт к ним	
7:24	16°35'40"	0,289625	Концы шпинделей и оправки фрезерных станков; втулки переходные, цанговые, патроны для фрез	
1:1,5	36°52'12"	0,64350	Ниппельно-шаровые соединения труб. Тяжелые винтовые трубные соединения с коническим уплотнением	
-	74° 89°	1,29154 1,55334	Конусы деталей трубопроводов	

Измерение параметров конических деталей ведётся по *расчётным параметрам* D , d и L . Если же измерение параметров вести по наибольшему D или наименьшему d диаметрам конусов, то результат может быть ошибочным (по разным причинам: из-за наличия фасок, закруглений и др.). Поэтому допуски на параметры конусов не могут назначаться на каждый параметр (D , d , L , α) в отдельности. Кроме того, эти параметры связаны и математически. Например, если заданы допуски на параметры D , L и α , то предельные размеры параметра d определяются из геометрических соотношений уже заданных параметров. Следовательно, допусками ограничиваются только три из четырёх параметров, а именно: D , L и α ; D , L и C ; D , d и L или D_S (на длине L_S), L и C . Принимается один из четырёх указанных вариантов.

Допуски углов конуса регламентированы ГОСТ 8593-81. Допуск угла конуса обозначается символом AT . Стандарт устанавливает следующие допуски углов конуса (рис. 2, а, б):

AT_α – допуск угла конуса, выраженный в угловых единицах – микроградусах (мкрад);

AT'_α – допуск угла конуса в угловых единицах – в градусах, минутах, секундах (округлённое значение);

AT_h – допуск угла в линейных единицах, выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащего углу на расстоянии L_l от вершины этого угла;

AT_D – допуск угла конуса в линейных единицах, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечениях конуса на заданном расстоянии L между ними;

AT – допуск угла конуса (разность между наибольшим и наименьшим предельными углами, т. е. $AT = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$);

T_D , T_{D_S} – допуск диаметра конуса в любом и заданном сечении соответственно.

Назначение допусков углов конуса зависит от длины конуса L (при $C \leq 1:3$) и от длины образующей L_l (при $C \geq 1:3$) (рис. 2, а, б).

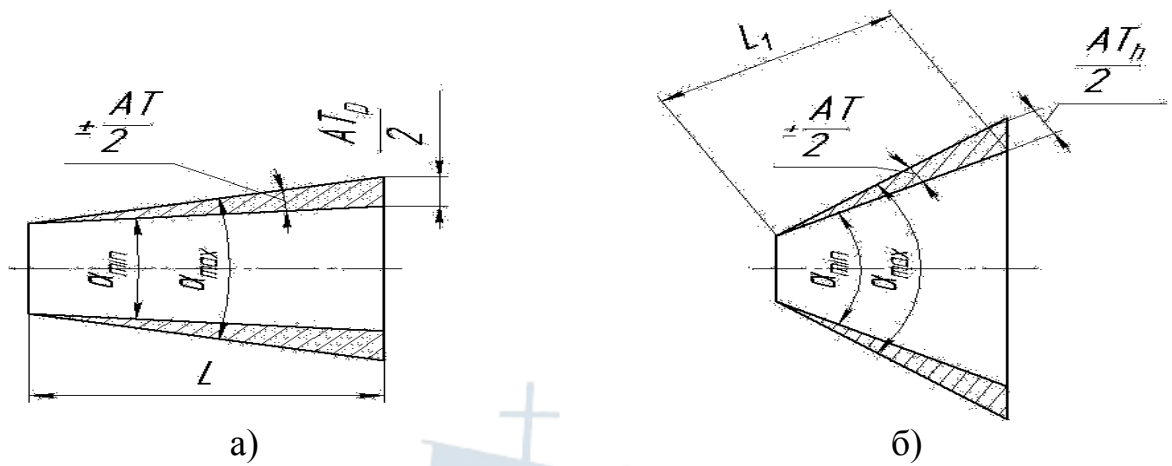


Рис. 2. Допуски угла конуса с различной конусностью:
 а) – при конусности $\leq 1:3$; б) – при конусности $> 1:3$

Допуски углов могут назначаться в плюс (+АТ), минус (-АТ) или симметрично ($\pm AT/2$) относительно номинального угла конуса α (рис. 3).

Допуски углов призматических элементов деталей назначаются в зависимости от номинальной длины меньшей стороны угла (рис. 3).

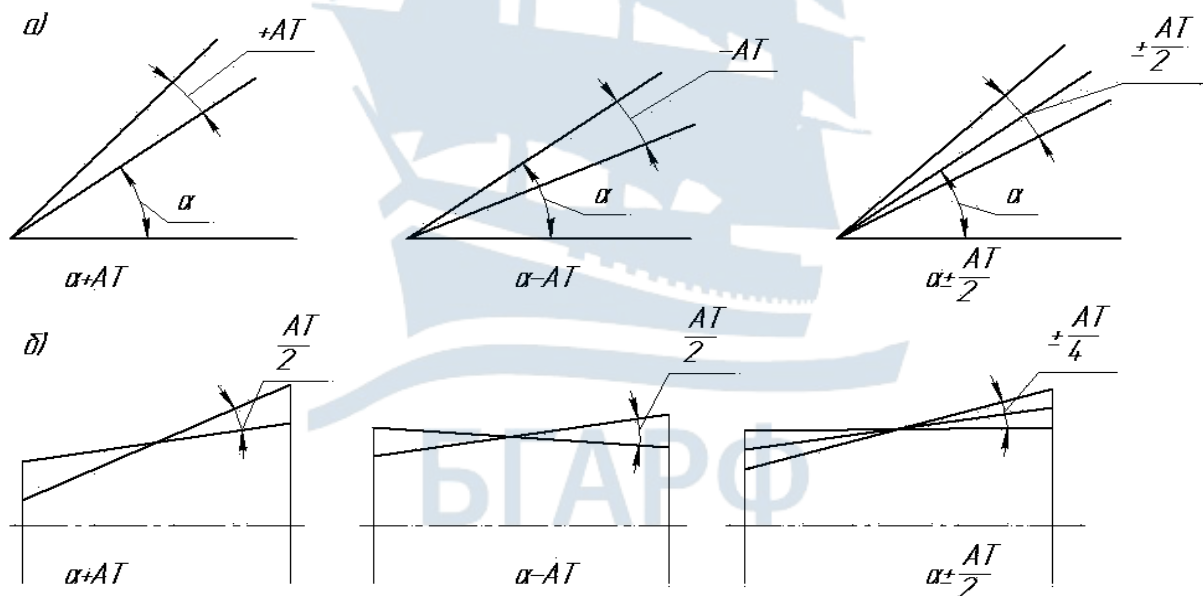


Рис. 3. Расположение допуска угла α :
 а) – для призматических деталей; б) – для конусов

Допуски на углы конусов и призматических элементов деталей, установленные ГОСТ 8908–81, назначаются в зависимости от длины деталей $L_{вн}$ или $L_{н}$ и *степени точности*. Стандартом установлено 17 степеней точности (1–17 – в порядке убывания точности). Значения допусков приведены в таблицах стандарта ГОСТ 8909-81. Выдержка из указанного стандарта приведена в таблице 4. Значения допусков даются в микро радианах и в угловых единицах – минутах и секундах.

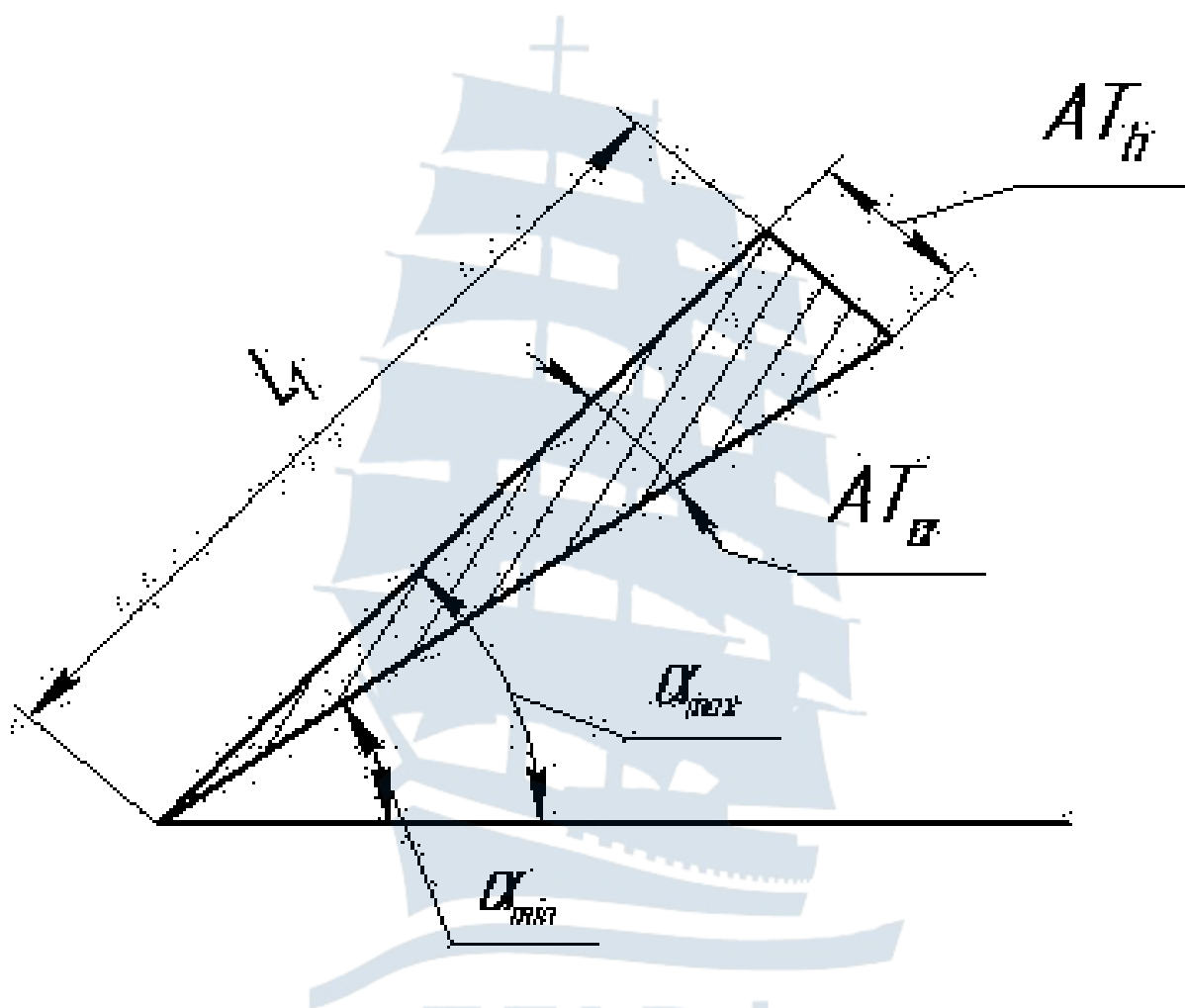


Рис. 4. Допуск углов призматических шпонок

Допуски углов (выборка из ГОСТ 8908-81)

Интервал длин L, L ₁ мм	Степень точности 6			Степень точности 7			Степень точности 8			Степень точности 9		
	АТ6			АТ7			АТ8			АТ9		
	АТ _α	АТ' _α	АТ _h (АТ _D)	АТ _α	АТ' _α	АТ _h (АТ _D)	АТ _α	АТ' _α (АТ _D)	АТ _h (АТ _D)	АТ _α	АТ' _α (АТ _D)	АТ _h (АТ _D)
	мкрад	мин, с	мкм	мкрад	мин, с	мкм	мкрад	мин, с	мкм	мкрад	мин, с	мкм
До 10	500	1'40"	5	800	2'30"	8	1250	4'	12,5	2000	6'	20
Св. 10 до 16	400	1'20"	4–6,3	630	2'	6,3–10	1000	3'	10–16	1600	5'	16–25
Св. 16 до 25	315	1'	5–8,0	500	1'40"	8–12,5	800	2'30"	12,5–20	1250	4'	20–32
Св. 25 до 40	250	50"	6,3–10	400	1'20"	10–16	630	2'	16–25	1000	3'	25–40
Св. 40 до 63	200	40"	8–12,5	315	1'	12,5–20	500	1'40"	20–32	800	2'30"	32–50
Св. 63 до 100	160	32"	10–16	250	50"	16–25	400	1'20"	25–40	630	2'	40–63
Св. 100 до 160	125	26"	12,5–20	200	40"	20–32	315	1'	32–50	500	1'40"	50–80
Св. 160 до 250	100	20"	16–25	160	32"	25–40	250	50"	40–63	400	1'20"	63–100
Св. 250 до 400	80	16"	20–32	125	26"	32–50	200	40"	50–80	315	1'	80–125
Св. 400 до 630	63	12"	25–40	100	20"	40–63	160	32"	63–100	250	50"	100–160

Степени точности назначаются исходя из функциональных требований соединения:

- степени 1–6 используются для угловых мер, калибров и прецизионных деталей;
- степени 7, 8 – для углов и конусов высокой точности;
- степени 9–12 – для углов и конусов невысокой точности;
- степени 13–17 – для угловых размеров пониженной точности и для нормирования допусков свободных угловых размеров.

Обозначение *допуска по степени точности* состоит из условного обозначения *допуска угла* и *степени точности*, например, АТ6, АТ7.

Если необходимо назначить дополнительно к ранее назначенным допускам, например, на диаметр D допуск IT_D ещё и допуск угла конуса AT_α , то соотношения между этими допусками должны удовлетворять ряду условий:

– при назначении *односторонних предельных отклонений* угла конуса ($+ AT_\alpha$ или $- AT_\alpha$):

$$IT_D \leq AT_{D_{\max}}; AT_\alpha \leq AT_{\alpha_{\max}} = (IT_D/L) \cdot 10^3;$$

– при назначении *симметричных предельных отклонений* угла конуса ($\pm AT_\alpha/2$):

$$AT_D/2 < AT_{D_{\max}} = IT_D; AT_\alpha/2 < AT_{\alpha_{\max}} = (IT_D/L) \cdot 10^3;$$

– при заданном допуске IT_{DS} ($AT_D \leq IT_{DS}$):

$$AT_\alpha \leq (IT_{DS}/L) \cdot 10^3,$$

где AT_α и $\Delta_{\alpha_{\max}}$ – допуск, мкрад;

AT_D и IT_D – допуск, мкм;

L – длина конуса, мм.

Значения допусков угла конуса, рассчитанные по приведенным формулам, округляются до ближайшего меньшего значения допуска.

Порядок выполнения работы

1. Получить деталь, выявить конические поверхности.
2. Очистить деталь.
3. Проверить работоспособность мерительного инструмента.
4. Произвести измерения выявленных поверхностей не менее пяти раз, определить действительные значения.
5. Расчётным методом определить действительные значения.
6. Проанализировать – сравнить полученные результаты.
7. По ГОСТ 8909-81 назначить значения углов-конусов.
8. Определить, к какому виду конусов по назначению относится данная поверхность.

Содержание отчёта

1. Выполнить чертёж детали.
2. Нанести размеры на угловые или конические поверхности.
3. Представить расчёты.

Список литературы

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – Машиностроение, 1986. – С. 177-184.
2. Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч./ В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1982. – Ч. 1. – 543 с. – Ч. 2. – 448 с.
3. ГОСТ 2.320-82 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения размеров, допусков и посадок.



ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Понятия, термины и определения

Термины и определения по допускам и посадкам регламентированы ГОСТ 25346–2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения. Ряды допусков и основные отклонения». Соответствующие понятия имеются в стандарте ISO 286.

Размеры, предельные отклонения, допуски.

Все детали, из которых состоят машины, их узлы и агрегаты, характеризуются геометрическими размерами. Размеры выражают числовое значение линейных величин (диаметр, длину, ширину и др.). Они назначаются конструктором на основе результатов расчета деталей на прочность, жесткость и по другим показателям в соответствии с функциональным назначением детали. Эти размеры проставляются на чертеже, по которому изготавливается деталь.

В машиностроении размеры указываются в миллиметрах. Размеры подразделяются на *номинальные, действительные и предельные*.

Предпочтительные числа номинальных размеров. Ряды предпочтительных чисел.

Предпочтительные размеры деталей (диаметры, длины, глубины, уступы и др.) определяются расчетом при конструировании узлов машин. При этом полученное исходное значение размера следует округлить до ближайшего большего стандартного размера, указанного в ГОСТ 6636–69. Это позволяет *повысить* уровень взаимозаменяемости, *уменьшить* номенклатуру изделий и типоразмеров заготовок, стандартного или нормализованного режущего и измерительного инструмента, оснастки и калибров, *создать* условия для специализации и кооперирования предприятий и *снизить* стоимость продукции. Стандарт на нормальные линейные размеры построен на базе рядов предпочтительных чисел.

Наиболее широко используются ряды предпочтительных чисел, построенные по геометрической, а не арифметической прогрессии, так как в этом случае число членов ряда получается меньшим и обеспечивается рациональная градация числовых значений параметров и размеров.

В соответствии с рекомендациями ИСО 497 установлено 4 основных десятичных ряда предпочтительных чисел.

В отдельных случаях допускается применять один дополнительный ряд (рекомендация ISO 497).

ГОСТ 6636-69 устанавливает стандартные ряды нормальных линейных размеров (табл.1) и дополнительные линейные размеры (табл. 2).

Таблица 1

Нормальные линейные размеры от 1 до 500 мм. Основные ряды

Ряды размеров														
Ra5	Ra10		Ra20				Ra40							
1,0	1,0	1,2	1,0	1,1	1,2	1,4	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,3	1,4	1,5
1,6	1,6	2,0	1,6	1,8	2,0	2,2	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4
2,5	2,5	3,2	2,5	2,8	3,2	3,6	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
4,0	4,0	5,0	4,0	4,5	5,0	5,6	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	6,0
6,3	6,3	8,0	6,3	7,1	8,0	9,0	6,3	6,7	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
10	10	12	10	11	12	15	10	10,5	11	11,5	12	13	15	15
16	16	20	16	18	20	22	16	17	18	19	20	21	22	24
25	25	32	25	28	32	36	25	26	28	30	32	34	36	38
40	40	50	40	45	50	56	40	42	45	48	50	53	56	60
63	63	80	63	71	80	90	63	67	71	75	80	85	90	95
100	100	125	100	110	125	140	100	105	110	120	125	130	140	150
160	160	200	160	180	200	220	160	170	180	190	200	210	220	240
250	250	320	250	280	320	360	250	260	280	300	320	340	360	380
400	400	500	400	450	500	-	400	420	450	480	500	-	-	-

Термины и определения по допускам и посадкам рассматриваются на примере соединения **вала и отверстия**. Термин «вал» применяют для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, термин «отверстие» – для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей.

Термины «вал» и «отверстие» относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей *плоской* формы (призматическим и сегментным шпонкам и их соединениям с пазами на валах и ступицах и др.) (рис. 1).

Дополнительные линейные размеры от 1 до 3250 мм

1,25	5,2	18,5	73	290	975
1,35	5,5	19,5	78	310	1030
1,45	5,8	20,5	82	315	1090
1,55	6,2	21,5	88	330	1150
1,65	6,5	23	92	350	1220
1,75	7,0	27	98	370	1280
1,85	7,3	29	102	390	1360
1,95	7,8	31	108	410	1450
2,05	8,2	33	112	440	1550
2,15	8,8	35	115	460	1650
2,3	9,2	37	118	490	1750
2,7	9,8	39	135	515	1850
2,9	10,2	41	145	545	1950
3,1	10,8	44	155	580	2060
3,3	11,2	46	165	615	2180
3,5	11,8	49	175	650	2300
3,7	12,5	52	185	690	2430
3,9	13,5	55	195	730	2580
4,1	14,5	58	205	775	2720
4,4	15,5	62	215	825	2900
4,6	16,5	65	230	875	3070
4,9	17,5	70	270	925	3250

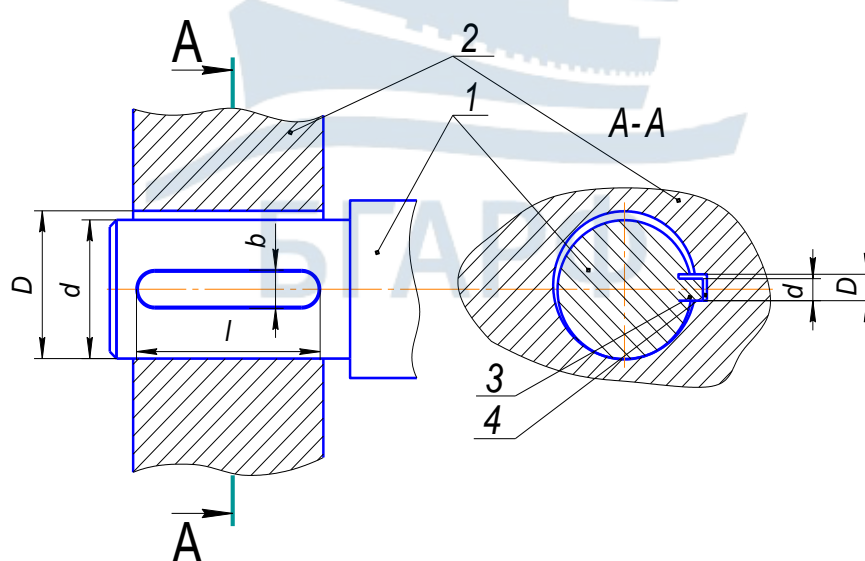


Рис. 1. Соединение деталей: 1 – вал; 2 – втулка (отверстие);
3 – шпонка (вал); 4 – паз в ступице (отверстие)

Номинальный размер – это размер, полученный в результате расчета и округления до ближайшего большего стандартного размера. Этот размер служит началом отсчета отклонений и базой для определения предельных размеров. Он указывается на чертежах детали (в миллиметрах). Номинальный размер обозначается: для отверстия буквой D , для вала – d , линейные размеры – l . Для деталей, входящих в соединение, номинальный размер является общим (рис. 2): $d_{н.с.} = D_n = d_n = D(d)$.

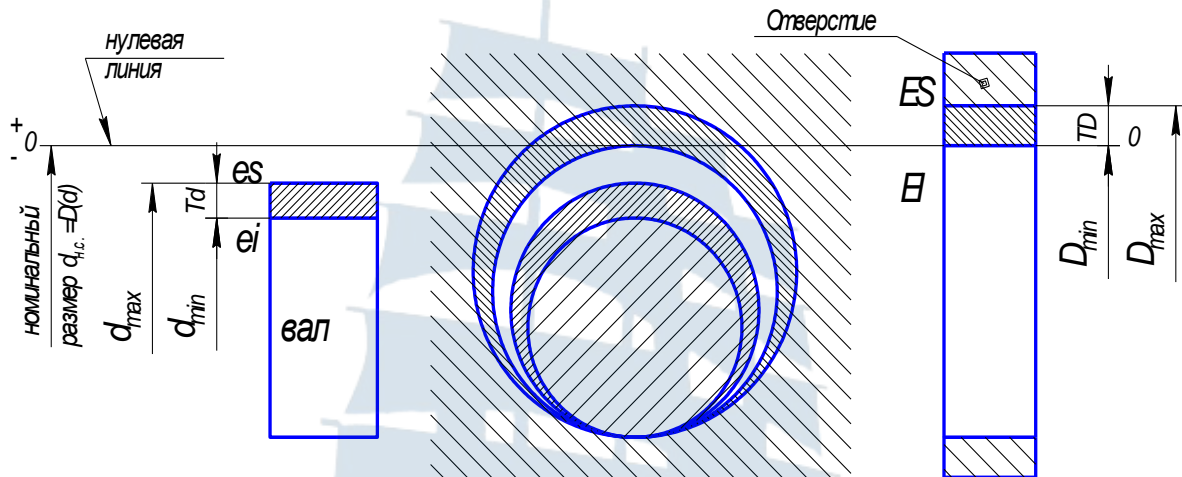


Рис. 2. Схематическое изображение соединения двух деталей с зазором с допусками на обработку и указанием предельных размеров

Действительный размер – это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Обозначается буквами: D_d, d_d, l_d .

Предельные размеры – это два предельно допустимых размера (наибольший и наименьший), между которыми находится действительный размер годной детали. Деталь считается годной, если действительный размер будет находиться в интервале предельных размеров, включая граничные значения.

Наибольший предельный размер – это больший из двух предельных размеров. Обозначается: $D_{max}, d_{max}, l_{max}$ соответственно для отверстия, вала и линейного размера.

Наименьший предельный размер – это меньший из двух предельных размеров. Обозначается: $D_{min}, d_{min}, l_{min}$.

Отклонения – это алгебраическая разность между соответствующим размером (действительным, предельным, наибольшим или наименьшим) и номинальным.

Действительное отклонение – это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение – это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

Предельные отклонения подразделяются на *верхнее и нижнее*.

Верхнее предельное отклонение – это алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным. Обозначается *ES* – для отверстия и *es* – для вала.

Нижнее предельное отклонение – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Обозначается: *EI* – для отверстия и *ei* – для вала.

Отклонения могут быть **положительными**, если предельный или действительный размер *больше* номинального, и **отрицательными**, если действительный или предельный размер *меньше* номинального.

На чертежах номинальные и предельные размеры и их отклонения указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения, например:

$$\phi 45^{+0,085}_{-0,015}, \phi 52^{-0,018}_{-0,006}, \phi 65^{+0,028}, \phi 70_{-0,35}.$$

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком \pm рядом с номинальным размером, например:

$$\phi 60 \pm 0,018, \phi 85 \pm 0,26.$$

Отклонение, равное нулю, на чертеже не проставляется, но оставляется для него место, где бы оно могло быть проставлено. Наносят только одно отклонение – верхнее или нижнее, например:

$$30^{+0,018}, \phi 42_{-0,036}.$$

Угловые размеры и их предельные отклонения указываются в *градусах, минутах, секундах*, например:

$$45^{\circ}25', 70^{\circ}, 68^{\circ}20'35''.$$

Предельные отклонения в таблицах допусков указываются в *микрометрах*.

Допуск – это параметр, определяющий точность изготовления деталей. *Допуск* определяется разностью между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраической разностью между верхним и нижним предельными отклонениями. Допуск обозначается буквой *T*, тогда допуск отверстия – *TD*, вала – *Td*. Допуск определяется по формулам:

$$\text{отверстия: } TD = D_{\max} - D_{\min}; TD = |ES - EI|;$$

$$\text{вала: } Td = d_{\max} - d_{\min}; Td = |es - ei|.$$

Допуск всегда величина положительная. Он определяет допускаемое поле рассеивания действительных размеров годных деталей в партии изготовленных деталей. От допуска зависит качество и стоимость обработки деталей. Чем меньше допуск, тем выше точность обработанной детали и ее стоимость.

Для наглядности и упрощения допуски изображают графически в виде полей допусков – прямоугольников произвольных размеров (рис. 3).

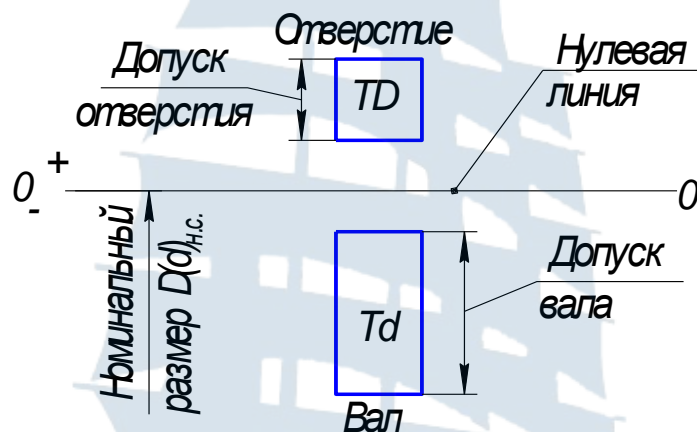


Рис. 3. Схема полей допусков вала и отверстия при посадке с зазором

Поле допуска – это поле (прямоугольник), верхняя и нижняя стороны которого ограничены верхним и нижним предельными отклонениями. Ширина прямоугольника произвольна (10 – 30 мм) и ограничена по бокам вертикальными линиями. Поле допуска строится в произвольном масштабе.

Поле допуска располагается *относительно нулевой линии*: при положительных значениях – *выше* ее, при отрицательных – *ниже* (рис. 3).

Нулевая линия – это линия, соответствующая *номинальному* размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Как правило, нулевую линию располагают *горизонтально* (рис. 3).

Сопряжение деталей. Посадки

Две или несколько подвижных или неподвижно соединенных деталей называются *сопрягаемыми*, а поверхности соединяемых деталей называются *сопрягаемыми поверхностями*. Остальные поверхности называются *свободными* или *несопрягаемыми*. В соответствии с этим различают размеры *сопрягаемых* и *несопрягаемых* или *свободных* поверхностей.

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть *охватывающие (отверстие)* и *охватываемые (вал) поверхности*. Введены также понятия – *основной вал* и *основное отверстие*.

Основное отверстие – это отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю ($EI = 0$).

Основной вал – это вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю ($es = 0$).

В зависимости от эксплуатационных требований *сборка* соединяемых деталей (вала и отверстия) осуществляется с различными *посадками*.

Посадкой называется характер соединения деталей (вала и отверстия), определяемый разностью их размеров до сборки. В соединении деталей, входящих одна в другую, могут получаться *зазоры* или *натяги*. Таким образом, посадка характеризует *свободу* относительно перемещения соединяемых деталей или *степень сопротивления* их взаимному смещению.

Зазор – это разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Зазор обозначается буквой S , тогда

$$S = D - d.$$

Натяг – это разность размеров вала и отверстия до сборки соединения, если размер вала больше размера отверстия. Собранный с *натягом* соединением обеспечивает *неподвижность* деталей после их сборки. Натяг обозначается буквой N , тогда

$$N = d - D.$$

Зазор может быть выражен как *натяг*, только со знаком *минус* ($S = -N$), а *натяг* – как *зазор* со знаком *минус* ($N = -S$).

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с *зазором*, с *натягом* или *переходной*, при которой возможно получение как *зазора*, так и *натяга*. Схемы полей допусков для разных посадок приведены на рис. 3, 4, 5.

Посадка с зазором (рис. 2, 3) – посадка, при которой всегда обеспечивается зазор в соединении. Характеризуется наибольшим, наименьшим и средним зазорами, которые определяются по формулам:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}; \quad S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$$

$$S_{\max} = ES - ei; \quad S_{\min} = EI - es;$$

$$S_{cp} = (S_{\max} + S_{\min})/2.$$

В посадках с зазором поле допуска отверстия располагается над полем допуска вала и всегда размеры вала *меньше* размеров отверстия. К посадкам с зазором относятся и такие посадки, у которых нижнее отклонение отверстия (ES) совпадает с верхним отклонением вала (ei), т. е. $D_{\min} = d_{\max}$ и $ES = ei$. В этом случае $S_{\min} = 0$.

Посадка с натягом (рис. 4) – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении. Характеризуется наибольшим, наименьшим и средним натягами, которые определяются по формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}; \quad N_{\min} = d_{\min} - D_{\max};$$

$$N_{\max} = es - EI; \quad N_{\min} = ei - ES;$$

$$S_{cp} = (N_{\max} + N_{\min})/2.$$

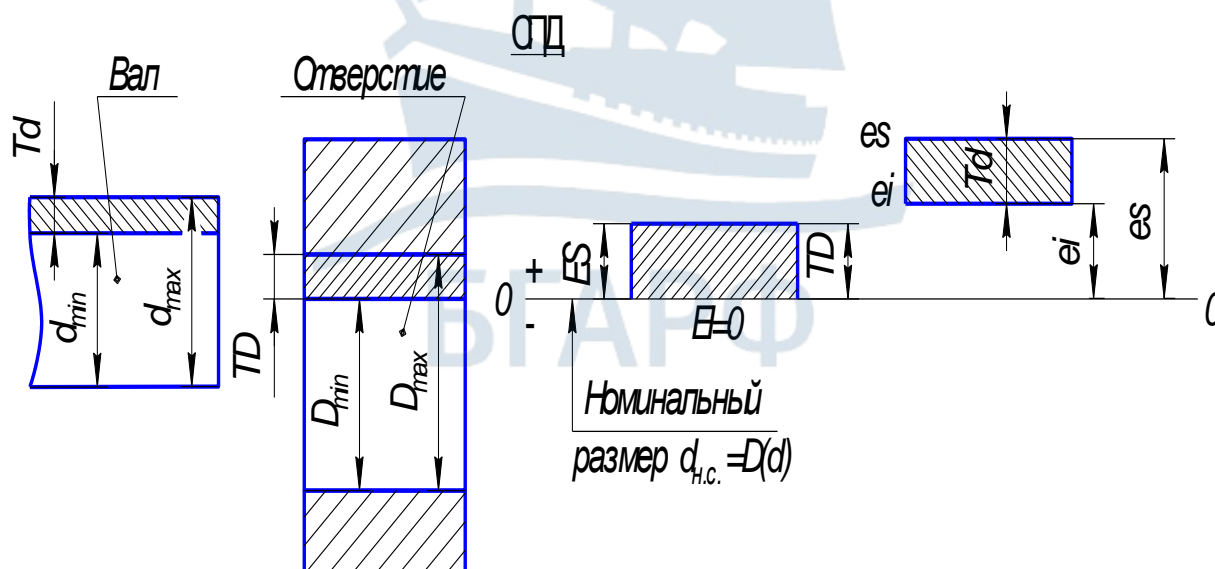


Рис. 4. Схематическое изображение двух деталей для посадки с натягом, с указанием допусков на обработку, предельных размеров и схемы полей допусков (СПД)

В посадках с *натягом* поле допуска вала располагается над полем допуска отверстия и всегда размеры вала до сборки *больше* размеров отверстия. К посадкам с натягом относятся и такие посадки, у которых нижняя граница поля допуска вала (ei) совпадает с верхней границей поля допуска отверстия (ES), т. е. $D_{\max} = d_{\min}$. В этом случае $N_{\min} = 0$.

Переходная посадка – посадка, при которой возможен как зазор, так и *натяг* (поля допусков вала и отверстия перекрываются полностью или частично (рис. 5)). Она характеризуется *наибольшим зазором* и *наибольшим натягом*:

$$N_{\max} = es - EI; \quad S_{\max} = ES - ei.$$

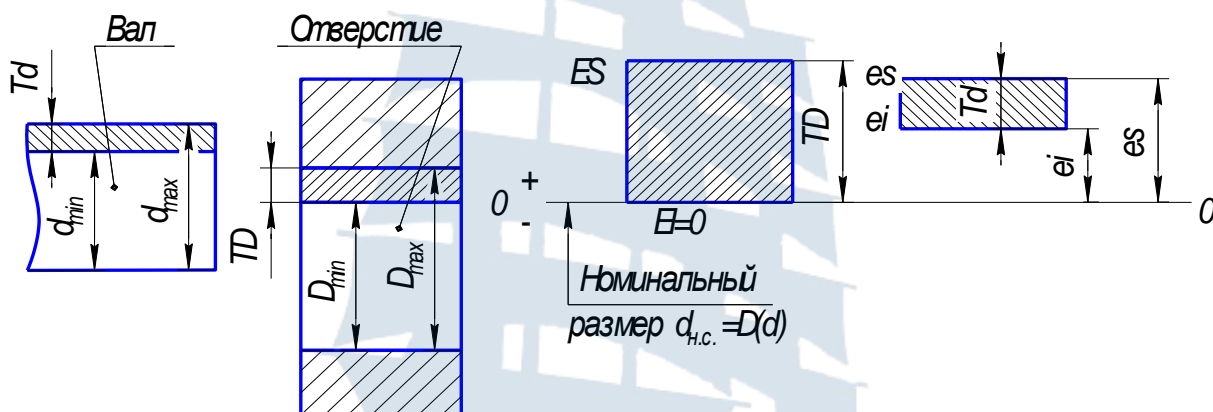


Рис. 5. Схематическое изображение двух деталей для сопряжения по переходной посадке с указанием допусков на обработку, предельных размеров и схемы полей допусков (СПД)

Допуск посадки. Из-за неточности выполнения размеров вала и отверстия натяги и зазоры в соединениях, рассчитанных из эксплуатационных требований, не могут быть выдержаны точно. Поэтому введен термин «*допуск посадки*». *Допуск посадки* – это разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами (натягами) в посадках с зазором (натягом). Определяется по формулам:

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; \quad TN = N_{\max} - N_{\min}.$$

В переходных посадках *допуском посадки* считается сумма наибольшего зазора и наибольшего натяга, взятых по абсолютному значению, или сумма допусков отверстия и вала:

$$TS(TN) = [S_{\max} + N_{\max}] \text{ или } TS(TN) = TD + Td.$$

Системы допусков и посадок. Система отверстия. Система вала

Системой допусков и системой посадок называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практических целей вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин, таких, как гладкие цилиндрические и плоские соединения, конические, шпоночные, шлицевые, резьбовые, зубчатые соединения и др.

Системы допусков и посадок для всех типовых соединений построены по единым принципам. Посадку любой группы (с зазором, с натягом, переходную) можно получить, изменяя размеры либо обеих сопрягаемых деталей, либо одной из них. На рис. 6 (а), изображена схема получения всех групп посадок путем изменения размеров только одной детали – вала. При этом предельные размеры *отверстия* заданного номинального диаметра и определенной точности не изменяются.

Совокупность посадок, в которых предельные отклонения отверстий одного номинального размера и одной точности одинаковы, а различные посадки получаются изменением предельных размеров валов, называется *системой отверстия*.

Посадки в системе отверстия – это посадки (1, 2, 3, 4, 5 на рис. 6 (а)), в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с *основным отверстием*.

Основное отверстие – это отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю ($EI = 0$), т. е. нижняя граница поля допуска *основного отверстия* совпадает с нулевой линией. Поле допуска *основного отверстия* обозначается буквой *H*.

БГАРФ

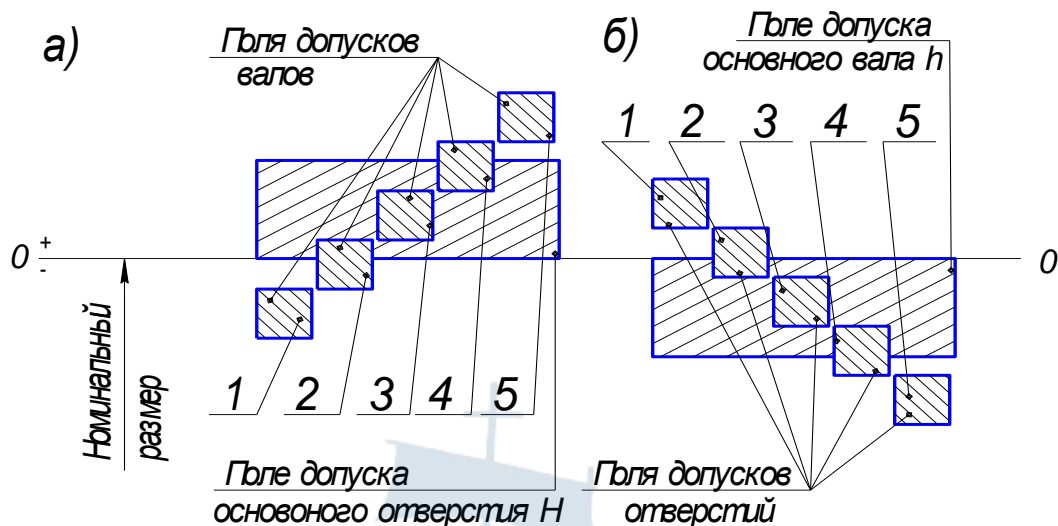


Рис. 6. Расположение полей допусков в системе отверстия (а) и в системе вала (б) для посадок 1 – с зазором; 2, 3, 4 – переходных; 5 – с натягом

На рис. 6 (б) изображена схема получения посадок всех трех групп (1; 2, 3, 4; 5) путем изменения размеров только *отверстий* при неизменных предельных размерах *вала*.

Совокупность посадок, в которых предельные отклонения *вала* одного номинального размера и одной точности одинаковы, а различные посадки достигаются изменением предельных отклонений *отверстий*, называется **системой вала**.

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные *зазоры* и *натяги* получаются соединением различных *отверстий* с **основным валом**.

Основной вал – это вал, верхнее отклонение которого равно нулю ($es = 0$), т. е. верхняя граница поля допуска *основного вала* совпадает с *нулевой линией*. Поле допуска *основного вала* обозначается буквой **h**; его откладывают вниз от нулевой линии.

Обе системы равноправны и имеют примерно одинаковый характер одноименных посадок, т. е. предельные зазоры и натяги. В каждом конкретном случае на выбор той или иной системы оказывают влияние конструкторские, технологические и экономические соображения. Однако, *преимущественное* распространение получила **система отверстия**. Это обосновано тем, что точные валы разных диаметров могут обрабатываться на станках одним и тем же инструментом (резцом, шлифовальным кругом) при изменении только наладки станка. Точные же отверстия обрабатываются дорогостоящим мерным режущим инструментом (зенкерами, развертками, протяжками и т. п.), причем для каждого размера отверстия требуется

свой комплект инструментов. В системе отверстия различных по предельным размерам отверстий во много раз меньше, чем в системе вала. Поэтому резко сокращается номенклатура дорогостоящего инструмента.

И все же в *отдельных* случаях используется *система вала*. Вот некоторые из них:

- при ремонте узлов машин, когда имеется готовый вал и под него надо изготовить отверстие;
- когда на вал одного диаметра необходимо установить несколько отверстий с разными посадками;
- при использовании стандартных изделий (подшипников качения) в узлах машин. Отверстия под подшипники в корпусе растачиваются по системе вала;
- при изготовлении деталей типа валиков или осей из калиброванных холодноотянутых прутков, когда дополнительная механическая обработка этих прутков не предусматривается.

При проведении ремонта целесообразно применять посадки, образованные таким сочетанием полей допусков отверстия и вала, когда ни одна из деталей не является *основной*. Такие посадки называются *внесистемными или комбинированными*.

Практическое освоение темы «Допуски и посадки в типовых соединениях деталей машин и механизмов судов»

Рассмотрим решение задач на различные соединения деталей. При расчете необходимо определить: предельные размеры вала и отверстия, допуски на их обработку, предельные зазоры и натяги в соединениях, допуск посадки. Построить схему полей допусков (СПД).

Основные расчетные зависимости:

$$D_{\max} = D + ES \quad (1)$$

$$D_{\min} = D + EI \quad (2)$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} \quad (3)$$

$$TD = ES - EI \quad (4)$$

$$d_{\max} = d + es \quad (5)$$

$$d_{\min} = d + ei \quad (6)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} \quad (7)$$

$$Td = es - ei \quad (8)$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (9)$$

$$S_{\max} = ES - ei \quad (10)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (11)$$

$$S_{\min} = EI - es \quad (12)$$

$$N_{\max} = D_{\max} - D_{\min} \quad (13)$$

$$N_{\max} = es - EI \quad (14)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} \quad (15)$$

$$N_{\min} = ei - ES \quad (16)$$

$$S_{cp} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \quad (17)$$

$$N_{cp} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} \quad (18)$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} \quad (19)$$

$$TS = TD + Td \quad (20)$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min} \quad (21)$$

$$TN = TD + Td \quad (22)$$

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ СОЕДИНЕНИЯ. СХЕМА ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

Даны три сопряжения типа «вал – ступица»:

$$а) \phi 28 \begin{array}{c} +0,021 \\ \hline -0,020 \\ -0,041 \end{array}; \quad б) \phi 32 \begin{array}{c} +0,034 \\ \hline +0,009 \\ -0,025 \end{array}; \quad в) 56 \begin{array}{c} +0,056 \\ \hline +0,010 \\ -0,030 \\ -0,076 \end{array}$$

Требуется *построить* схему полей допусков (СПД) вала и отверстия в ступице для всех трех соединений и *определить* предельные размеры вала и отверстия, допуски размеров, наибольший и наименьший зазоры в соединениях, допуски посадок.

Решение

1. Построение СПД начинается с проведения (горизонтально) нулевых линий для каждого сопряжения, уровень которых соответствует номинальным диаметрам 28 и 32 мм и линейному размеру 56 мм. В выбранном произвольном масштабе откладываются *выше* нулевой линии *положительные* отклонения, *ниже* – *отрицательные*. В указанных сопряжениях:

$$а) ES = +21 \text{ мкм}, EI = 0, es = -20 \text{ мкм}, ei = -41 \text{ мкм};$$

$$б) ES = +34 \text{ мкм}, EI = +9 \text{ мкм}, es = 0, ei = -25 \text{ мкм};$$

$$в) ES = +56 \text{ мкм}, EI = +10 \text{ мкм}, es = -30 \text{ мкм}, ei = -76 \text{ мкм}.$$

Построенные поля допусков изображены на рис. 7.

БГАРФ

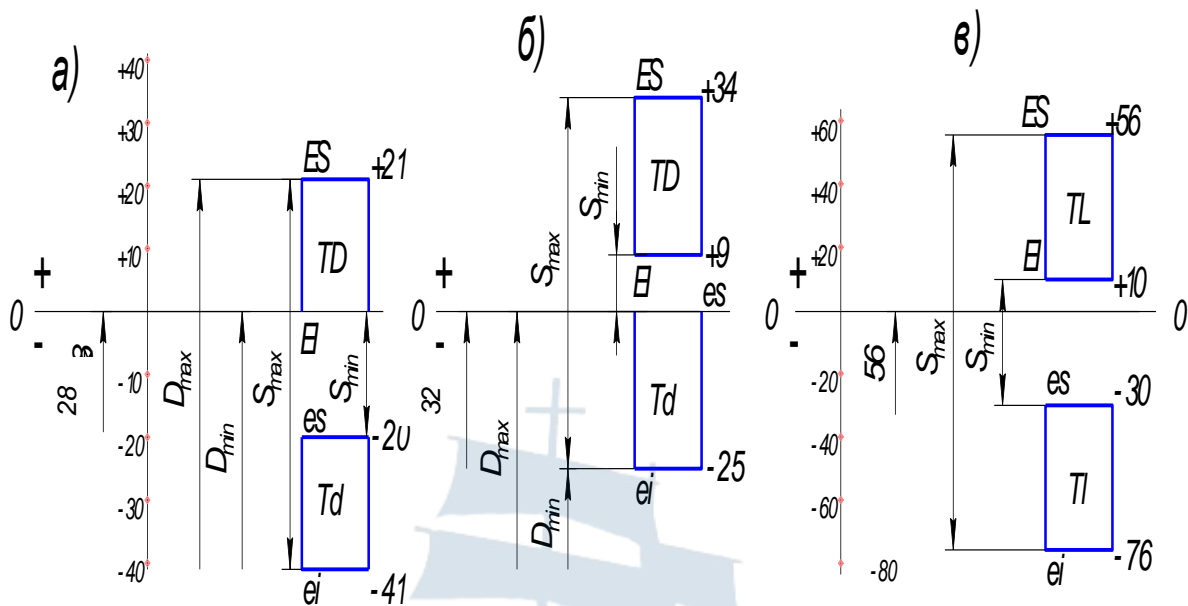


Рис. 7. Схема расположения полей допусков

2. Предельные размеры отверстия в ступице и вала определяются по формулам (1), (2), (5), (6) в миллиметрах:

$$a) D_{\max} = D + ES = 28 + 0,021 = 28,980;$$

$$D_{\min} = d + EI = 28 + 0,000 = 28,000;$$

$$d_{\max} = d + es = 28 + (-0,020) = 27,980;$$

$$d_{\min} = d + ei = 28 + (-0,041) = 27,959.$$

$$б) D_{\max} = 32 + 0,034 = 32,034;$$

$$D_{\min} = 32 + 0,009 = 32,009;$$

$$d_{\max} = 32 + 0,000 = 32,000;$$

$$d_{\min} = 32 + (-0,025) = 31,975.$$

$$в) L_{\max} = 56 + 0,056 = 56,056;$$

$$L_{\min} = 56 + 0,010 = 56,010;$$

$$l_{\max} = 56 + (-0,030) = 55,970;$$

$$l_{\min} = 56 + (-0,076) = 55,924.$$

3. Допуск отверстия, вала и предельные зазоры, в миллиметрах, определяем соответственно по формулам (3) или (4), (7) или (8), (9) или (10), (11) или (12):

$$a) TD = D_{\max} - D_{\min} = 28,021 - 28,000 = 0,021;$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 27,980 - 27,959 = 0,021;$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 28,021 - 27,959 = 0,062;$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 28,000 - 27,980 = 0,020.$$

$$б) TD = ES - EI = 0,034 - 0,009 = 0,025;$$

$$Td = es - ei = 0,000 - (-0,025) = 0,025;$$

$$S_{\max} = ES - ei = 0,034 - (-0,025) = 0,059;$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,009 - 0,000 = 0,009.$$

$$в) TL = ES - EI = 0,056 - 0,010 = 0,046;$$

$$Tl = L_{\max} - L_{\min} = 55,970 - 55,924 = 0,046;$$

$$S_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = 56,056 - 55,924 = 0,132;$$

$$S_{\min} = EI - es = 0,010 - (-0,030) = 0,040.$$

Рассмотренные задачи относятся к числу «прямых», когда вместе с номинальным размером сопряжения заданы все предельные отклонения.

В практической деятельности часто приходится по заданным натягам или зазорам и некоторым отклонениям и допускам определять все остальные параметры. Такие задачи относятся к числу «обратных».

БГАРФ

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СОЕДИНЕНИЯ. СХЕМА ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

В сопряжении двух деталей заданы: натяг наибольший $N_{\max} = 62$ мкм, натяг наименьший $N_{\min} = 13$ мкм, номинальный размер сопряжения 67 мм, допуск вала $T_d = 19$ мкм, нижнее отклонение вала $es = 43$ мкм.

Определить:

- предельное отклонение вала и отверстия;
- допуск отверстия и допуск посадки;
- предельные размеры отверстия и вала.

Построить схему полей допусков деталей с указанием предельных отклонений.

Решение

1. Определяется верхнее отклонение вала по формуле (8):

$$es = Td + ei = 19 + (+43) = 62 \text{ мкм.}$$

2. Верхнее и нижнее отклонения отверстия определяются по формулам (14) и (16):

$$ES = ei - N_{\min} = 43 - 13 = 30 \text{ мкм;}$$

$$EI = es - N_{\max} = 62 - 62 = 0.$$

3. Строим схему полей допусков деталей сопряжения (рис. 8).

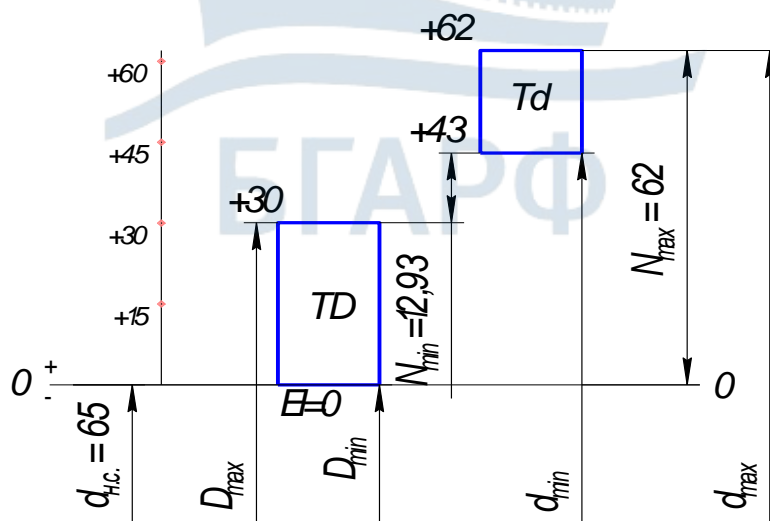


Рис. 8. Схема полей допусков деталей сопряжения

4. Определяется допуск отверстия TD по формуле (4):

$$TD = ES - EI = 30 - 0 = 30 \text{ мкм.}$$

5. Допуск посадки определяется по формуле (21):

$$TN = N_{max} - N_{min} = 62 - 13 = 49 \text{ мкм.}$$

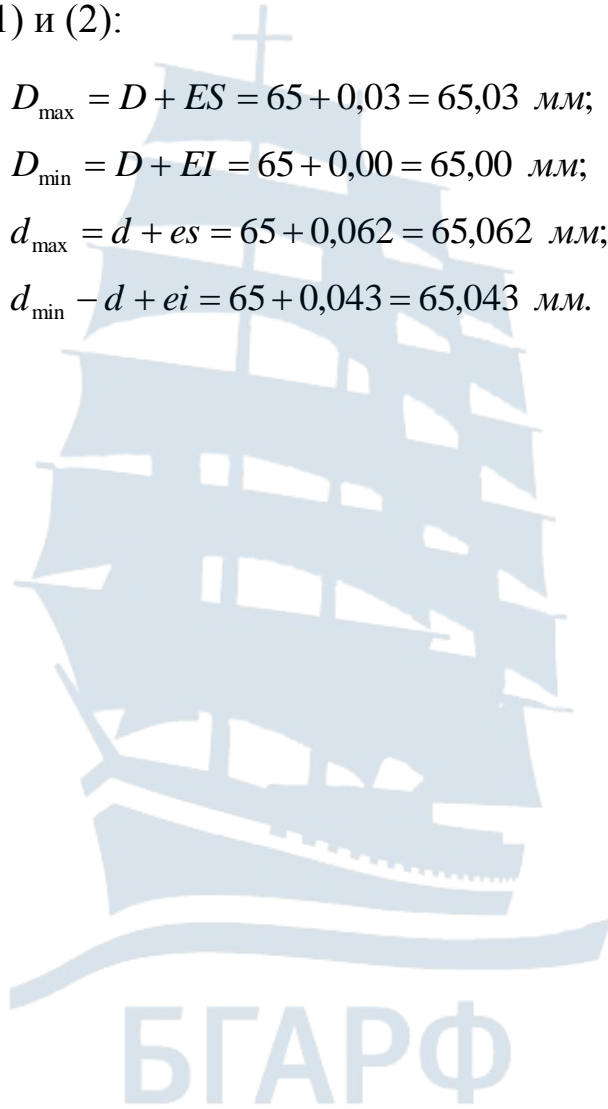
6. Предельные размеры вала и отверстия определяются по формулам (5) и (6), (1) и (2):

$$D_{max} = D + ES = 65 + 0,03 = 65,03 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D + EI = 65 + 0,00 = 65,00 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d + es = 65 + 0,062 = 65,062 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d + ei = 65 + 0,043 = 65,043 \text{ мм.}$$



Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ СОЕДИНЕНИЯ ПО ЗАГОРАМ И НАТЯГАМ. СХЕМА ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

В посадке заданы: $S_{max} = 10$ мкм, $N_{max} = 50$ мкм, допуск отверстия $TD = 30$ мкм; верхнее отклонение отверстия $ES = +30$ мкм; нижнее отклонение вала $ei = +20$ мкм; допуск вала $Td = 30$ мкм; номинальный размер сопряжения $d_{н.с} = 56$ мм.

Определить:

- верхнее отклонение вала es ;
- нижнее отклонение отверстия EI ;
- предельные размеры отверстия и вала.

Построить схему полей допусков сопрягаемых деталей и определить вид сопряжения.

Решение

1. Определяется нижнее отклонение отверстия по формуле (4):

$$EI = ES - TD = 30 - 30 = 0;$$

2. Определяется допуск натяга по формуле (21):

$$TN = N_{max} - N_{min} = 50 - 0 = 50 \text{ мкм},$$

где $N_{min} = 0$, так как натяг переходит в зазор.

3. Определяется допуск зазора по формуле (19):

$$TS = S_{max} - S_{min} = 10 - 0 = 10 \text{ мкм},$$

где $S_{min} = 0$, так как зазор переходит в натяг.

4. Определяется верхнее отклонение вала по формуле (8):

$$es = ei + Td = 20 + 30 = 50 \text{ мкм}.$$

5. Определяются предельные размеры отверстия и вала по формулам:

$$D_{max} = D + ES = 56 + 0,03 = 56,03 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D + EI = 56 + 0,00 = 56,00 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d + es = 56 + 0,05 = 56,05 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d + ei = 56 + 0,02 = 56,02 \text{ мм}.$$

6. Строится схема полей допусков деталей сопряжения и определяется вид сопряжения (рис. 9).

Вывод. Анализ СПД указывает на *переходную посадку*, так как в сопряжении имеется как зазор (при d_{min} и D_{max}), так и натяг (при d_{max} и D_{min}).

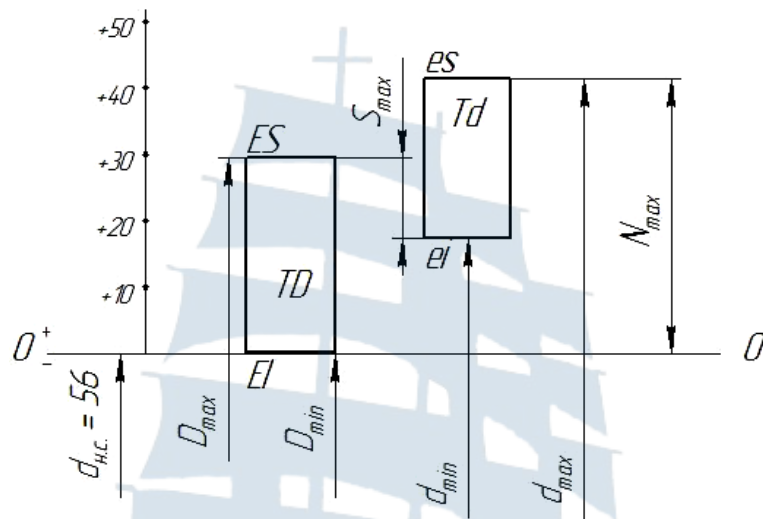


Рис. 9. Схема полей допусков деталей сопряжения



Практическая работа № 4

ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ГРУПП ДЕТАЛЕЙ

Дан чертеж вала, на котором указаны номинальный размер и предельные отклонения: $\phi 48_{-0,025}^{+0,050}$. После обработки партии деталей в количестве 100 шт. произведены измерения. Получены следующие результаты: 1) 60 деталей имеют размер 48,037 мм, 2) 15 деталей – 48,05 мм, 3) 15 деталей – 47,975 мм, 4) 5 деталей – 48,057 мм, 5) 5 деталей – 47,965 мм.

Определить:

- допуск на обработку валов;
- предельные размеры валов.

Построить схему поля допуска вала и нанести на нее размеры пяти групп деталей, полученных после обработки; определить годность изготовленных деталей; для негодных деталей установить вид брака: исправимый или неисправимый.

Решение

1. Допуск на обработку вала определяется по формуле (8):

$$TD = ES - EI = +50 - (-25) = 75 \text{ мкм.}$$

2. Строится схема поля допуска вала (рис. 10).
3. Определяются предельные размеры вала и наносятся на СПД:

$$d_{\max} = 48 + 0,05 = 48,05; \quad d_{\min} = 48 + (-0,025) = 47,975.$$

4. Проставляются действительные размеры групп валов на СПД (рис. 10).

БГАРФ

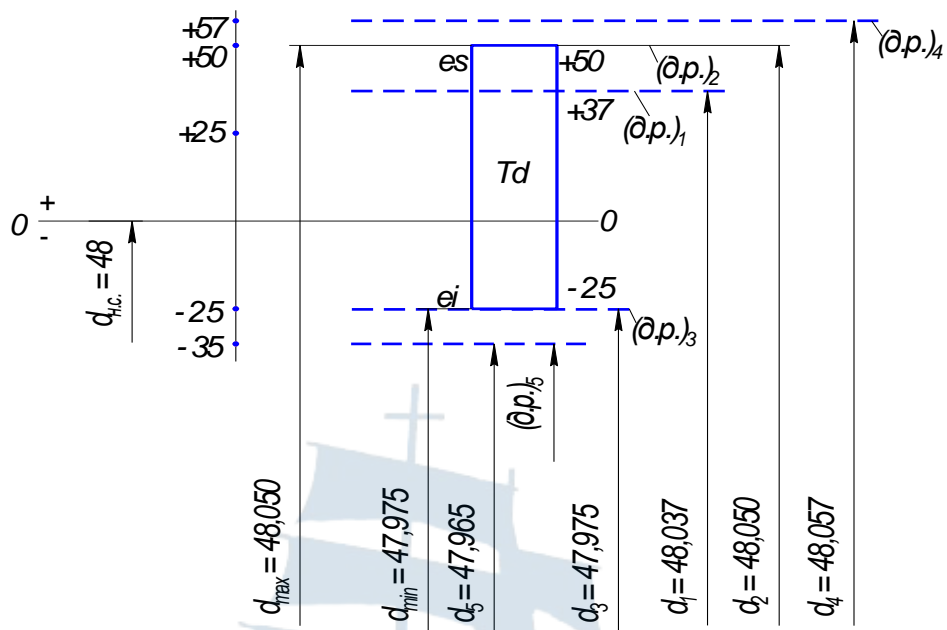


Рис. 10. Поле допуска вала с линейными действительными размерами

Выводы.

Анализ схемы полей допусков показывает, что:

- 1) детали 1, 2, 3-й групп годны;
- 2) детали 4-й группы бракованы, но брак исправимый;
- 3) детали 5-й группы бракованы и брак неисправимый.



Контрольные вопросы

1. Какие *размеры* применяются в машиностроении при изготовлении деталей? Их размерность.
2. Что такое *предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел*?
3. Что означают термины «вал» и «отверстие» при рассмотрении темы «*допуски и посадки*»?
4. Дать определение всем видам размеров.
5. Что такое «*отклонение*» при определении размеров? Виды отклонений.
6. Что такое «*допуск*»? Как обозначаются «*допуск отверстия*» и «*допуск вала*»?
7. Как изображаются графически *допуски*?
8. Дать определение термина «*посадка*».
9. Что такое «*зазор*», «*натяг*» при соединении вала и отверстия?
10. Дать определение терминов «*посадка с зазором*», «*посадка с натягом*», «*переходная посадка*», «*допуск посадки*».
11. Назовите *системы* допусков и посадок. Как их обозначают и каковы их отличительные признаки?
12. Что такое «*основной вал*» и «*основное отверстие*»?
13. Какая из *систем* применяется чаще и почему?
14. Начертите расположение полей допусков в *системе отверстия* и в *системе вала*.
15. Какими буквами обозначаются *предельные отклонения* для вала и для отверстия? Покажите их на схеме полей допусков.
16. Напишите основные расчетные зависимости при определении *предельных отклонений* зазоров и натягов для решения задач по теме «*Основные размеры. Допуски и посадки. Сопряжения*».

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 25346-2013 (ISO 268-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки.
2. ГОСТ 6636-69 Нормальные линейные размеры.



978210001854

Сергей Владимирович Федин

**МЕТРОЛОГИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Методические указания
по выполнению лабораторных
и практических работ
для курсантов и студентов
технических специальностей

*Ведущий редактор О.В. Напалкова
Младший редактор Г.В. Деркач*

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

*Компьютерное редактирование
В.А. Ляшок*

Печать офсетная.

*Подписано в печать 27.07.2018 г.
Уч.-изд. л. 4,3. Усл. печ. л. 4,7.*

Формат 70 x 100 1/16.

Тираж 40 экз. Заказ № 1358.

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

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

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