

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Часть I

Методические указания к практическим работам
для студентов специальности СПО
23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей

Составитель О. Н. Дегтярева

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 1 от 30.09.2020
Рекомендованы к изданию
цикловой методической комиссией
общепрофессиональных дисциплин
Протокол № 7 от 26.10.2020
Электронная версия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2020

Оглавление

Занятие № 1. Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений	2
Занятие № 2. Допуски формы и расположения поверхностей деталей	8
Занятие № 3. Измерение параметров шероховатости	18
Занятие № 4. Допуски и посадки подшипников качения	25

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель занятия – научиться работать с нормативно-технической документацией, познакомиться со структурой ГОСТ 25347–82 «ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки».

Содержание занятия:

- выбрать исходные данные по номеру варианта (табл. 1);
- определить предельные отклонения отверстия и вала;
- изобразить схемы расположения полей допусков, указать номинальный диаметр, предельные отклонения, характеристики посадки;
- определить предельные диаметры отверстия и вала;
- определить предельные и средние зазоры или натяги;
- допуск посадки, допуск зазора, допуск натяга или допуск переходной посадки;
- изобразить в сборе и отдельно детали сопряжения, привести варианты обозначения размеров на чертежах для посадки 3.

Таблица 1

<i>По первой цифре номера варианта</i>										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D_1 , мм	165	380	220	90	80	65	210	145	130	65
D_2 , мм	25	50	85	115	135	160	190	230	275	320
D_3 , мм	290	250	40	310	260	350	55	30	75	180
<i>По второй цифре номера варианта</i>										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Посадка по D_1	$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$
Посадка по D_2	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U8}{h7}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{s7}$
Посадка по D_3	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{H8}{m7}$

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При изготовлении любого изделия пользуются чертежом, на котором обозначены все линейные и угловые размеры изделия.

Линейный размер – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины) в выбранных единицах измерения. При принятой метрической системе линейные размеры на машиностроительных чертежах проставляют в миллиметрах.

Линейные размеры бывают: номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер (D, d) – размер, определяемый исходя из функционального назначения детали, проставляется на чертеже, служит началом отсчета отклонения. Номинальный размер для деталей соединения является общим.

Действительный размер – размер, установленный в результате измерения с допустимой погрешностью.

Предельные размеры ($D_{\max}, d_{\max}, D_{\min}, d_{\min}$) – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

$$D_{\max} (d_{\max}) = D (d) + ES (es); \quad (1)$$

$$D_{\min} (d_{\min}) = D (d) + EI (ei). \quad (2)$$

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным размером и номинальным. Различают верхнее (ES, es) и нижнее отклонения (EI, ei).

Допуск (T) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхними и нижними отклонениями.

$$TD (Td) = D_{\max} (d_{\max}) - D_{\min} (d_{\min}) = ES (es) - EI (ei). \quad (3)$$

ГОСТ 25347–82 «Единая система допусков и посадок» устанавливает следующие основные положения.

Поле допуска нормируется качеством и основным отклонением. Установлено 20 качественных точности. Качества устанавливают точность изготовления, чем больше номер качества, тем больше допуск при изготовлении.

Основные отклонения определяют положение поля допуска относительно нулевой линии (номинального размера). Основным отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии, оно может быть как верхним, так и нижним.

Основные отклонения обозначают буквами латинского алфавита: для отверстий – прописными буквами, для валов – строчными

Основное отверстие (H) – это отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, а верхнее всегда положительное.

В системе отверстия различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием.

Основной вал (h) – это вал, верхнее отклонение которого равно нулю, а нижнее всегда отрицательное.

В системе вала различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом.

Допуск посадки ($T_{\text{пос}}$) – сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

$$T_{\text{пос}} = TD + Td. \quad (4)$$

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором (рис. 1, а), с натягом (рис. 1, б), переходная (рис. 1, в).

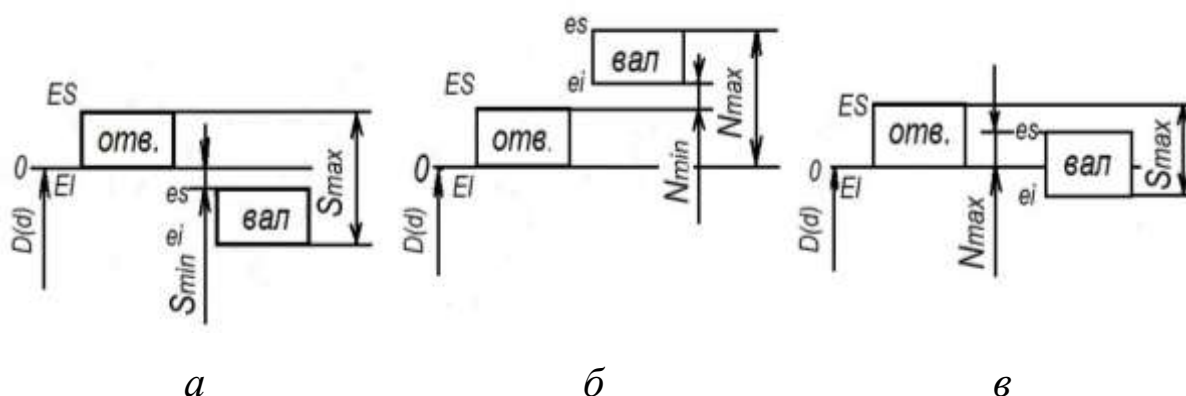


Рис. 1. Расположение полей допусков для соединений:

а – с зазором; б – с натягом; в – переходных.

Зазор (S) – разность размеров отверстия и вала, если размер

отверстия больше размера вала. Характеристики посадки определяют по формулам:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \quad (5)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \quad (6)$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; \quad (7)$$

$$S_m = (S_{\max} + S_{\min})/2. \quad (8)$$

Натяг (N) – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Характеристики посадки определяют по формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \quad (9)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES; \quad (10)$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min}. \quad (11)$$

$$N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2. \quad (12)$$

Переходная посадка – соединение, в котором могут получаться и зазоры и натяги. Такие посадки имеют только $S_{\max}$ и $N_{\max}$. Значения этих характеристик определяют по соответствующим формулам (5) и (9). Допуск переходной посадки определяют по формуле

$$TS(TN) = S_{\max} + N_{\max}. \quad (13)$$

Для переходных посадок, у которых $|S_{\max}| > |N_{\max}|$ определяют средний зазор. Для переходных посадок, у которых $|N_{\max}| > |S_{\max}|$, определяют средний натяг:

$$S_m = (S_{\max} - N_{\max})/2; \quad (14)$$

$$N_m = (N_{\max} - S_{\max})/2. \quad (15)$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

3.1. Выписать из таблицы по номеру варианта исходные данные для выполнения задания.

3.2. Для всех посадок выполнить действия:

– определить предельные отклонения для отверстия и вала по ГОСТ 25347–82;

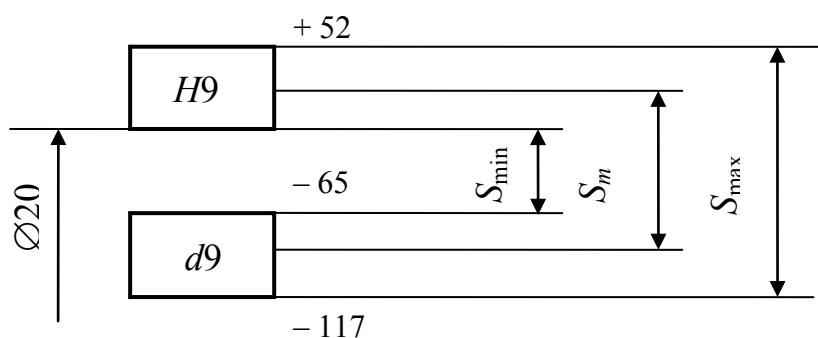
- построить схемы расположения полей допусков; на схемах указать обозначение полей допусков, предельные отклонения, характеристики посадок;
- рассчитать предельные размеры отверстия и вала;
- в зависимости от характера соединения посадки рассчитать величины зазоров или натягов, среднего зазора или натяга;
- рассчитать допуски отверстия и вала;
- рассчитать допуск посадки, допуск зазора, натяга, допуск переходной посадки;

3.3. Сделать эскизы отдельных деталей и сопряжения вала и втулки, нанести варианты обозначения размеров на чертежах для посадки № 3.

Пример:

Дано: $\varnothing 20 \frac{H9}{d9}$,

вал	$\varnothing 20d9$	$es = -65$ мкм	$ei = -117$ мкм;	[4, с. 16]
отверстие	$\varnothing 20H9$	$ES = +52$ мкм	$EI = 0$ мкм.	[4, с. 22]



Данная посадка относится к посадкам с зазором.

$$D_{\max} = D + ES = 20 + 0,052 = 20,052 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 20 + 0 = 20 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 20 + (-0,065) = 19,935 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 20 + (-0,117) = 19,883 \text{ мм};$$

$$TD = ES - EI = 52 - 0 = 52 \text{ мкм};$$

$$Td = es - ei = -65 - (-117) = 52 \text{ мкм};$$

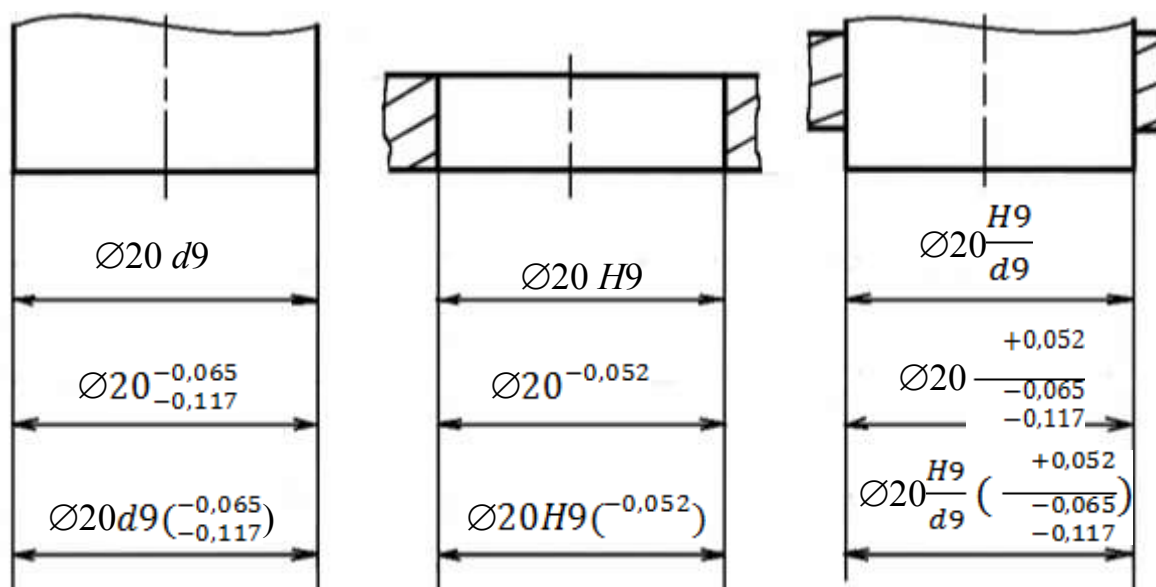
$$S_{\max} = ES - ei = 52 - (-117) = 169 \text{ мкм};$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-65) = 65 \text{ мкм};$$

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{169 + 65}{2} = 117 \text{ мкм};$$

$$T_{\text{пос}} = TD + Td = 52 + 52 = 104 \text{ мкм};$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 169 - 65 = 104 \text{ мкм}.$$



4. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Выполнить действия предусмотренные заданием в соответствии с примером.

5. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Каковы признаки системы ЕСДП?
2. Как образуются посадки? Обозначение посадок?
3. Посадки с зазором, с натягом, переходные.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25347–82. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – Введ. 1986-12-01. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 51 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель занятия – проверить и закрепить знания о погрешностях обработки деталей. Выработать умения, связанные с выбором значений допусков, несением информации на чертежи, чтением чертежей.

Содержание занятия:

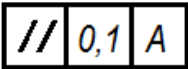
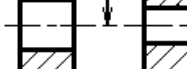
- выбрать исходные данные по номеру варианта;
- выполнить чертеж детали к заданию;
- нанести на чертежах требования к отклонениям формы, расположения, суммарным отклонениям в зависимости от заданных значений. Стандартные значения определить по ГОСТ.

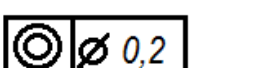
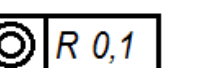
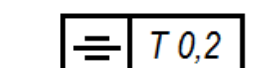
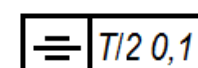
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

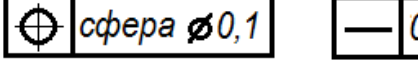
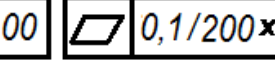
Предельные отклонения формы и расположения поверхностей назначаются при наличии особых требований работы, изготовления или измерения детали. Полученные из таблиц размеры наносят на чертеж. Установлено 16 степеней точности.

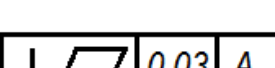
Вид допуска формы и расположения по ГОСТ 2.308–79 обозначают на чертежах знаками (графическими символами), приведенными в табл. 1.

Знак и числовое значение вписывают в рамку, указывая на первом месте знак, на втором – числовое значение допуска в миллиметрах и на третьем – при необходимости буквенное обозначение базы (баз) или поверхности, с которой связан допуск расположения (рис. 2, *а*). Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной линией, заканчивающейся стрелкой (рис. 2, *б*). Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 2, *в*); если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии), соединительную линию проводят к общей оси (рис. 2, *г*). Перед числовым значением допуска следует указы-

а)  б)  в)  г) 

д)  е)  ж)  з) 

и)  к)  л) 

м)  н) 

Вогнутость не допускается

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обо-

значают знаками составных допусков: сначала знак допуска расположения, затем знак допуска формы (рис. 2, и).

Базу обозначают зачерненным треугольником. Который соединяют соединительной линией с рамкой допуска (рис. 3, а). Чаще базу обозначают буквой и соединяют ее с треугольником (рис. 3, б).

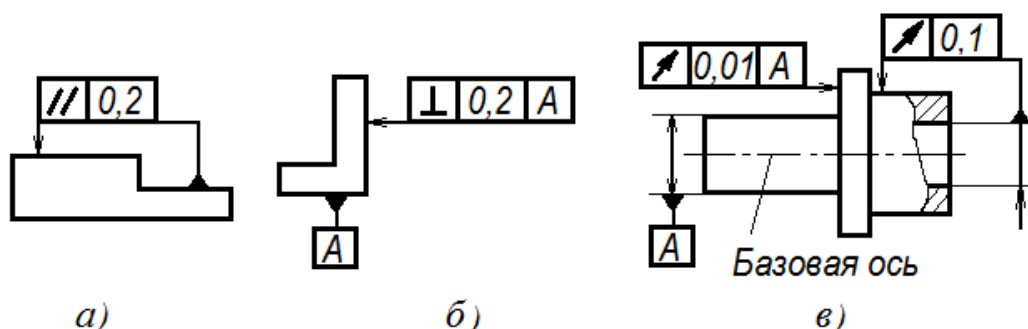


Рис. 3. Обозначение баз

Если базой является ось или плоскость симметрии, треугольник располагают в конце размерной линии соответствующего размера поверхности. В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником (рис. 3, в).

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, его считают независимым.

Зависимые допуски расположения и формы обозначают условным знаком (буква *M* в кружке), который помещают: после числового значения допуска. Если зависимый допуск связан с действительными размерами поверхности (рис. 4, а); после буквенного обозначения базы (рис. 4, б) или без буквенного обозначения базы в третьей части рамки (рис. 4, в), если этот допуск связан с действительными размерами базовой поверхности; после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рис. 4, г) или без буквенного указания базы (рис. 4, д), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

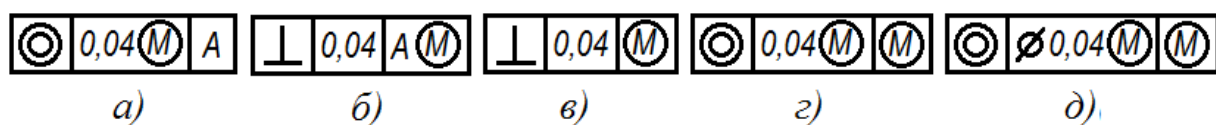


Рис. 4. Обозначение зависимых допусков

Таблица 1

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуски формы	Допуск прямолинейности	—
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцевого биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцевого биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

3. ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

3.1. Расшифровать условные обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей на рис. 5. Задания выбрать из табл. 2.

Таблица 2

По **первой** цифре номера варианта

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Рис.	<i>a</i> 1	<i>a</i> 2	<i>a</i> 3	<i>a</i> 4	<i>б</i> 5	<i>в</i> 6	<i>з</i> 7	<i>з</i> 8	<i>д</i> 9	<i>д</i> 10
	<i>д</i> 11	<i>Е</i> 12	<i>д</i> 9	<i>з</i> 7	<i>з</i> 8	<i>a</i> 4	<i>a</i> 3	<i>в</i> 6	<i>б</i> 5	<i>a</i> 1

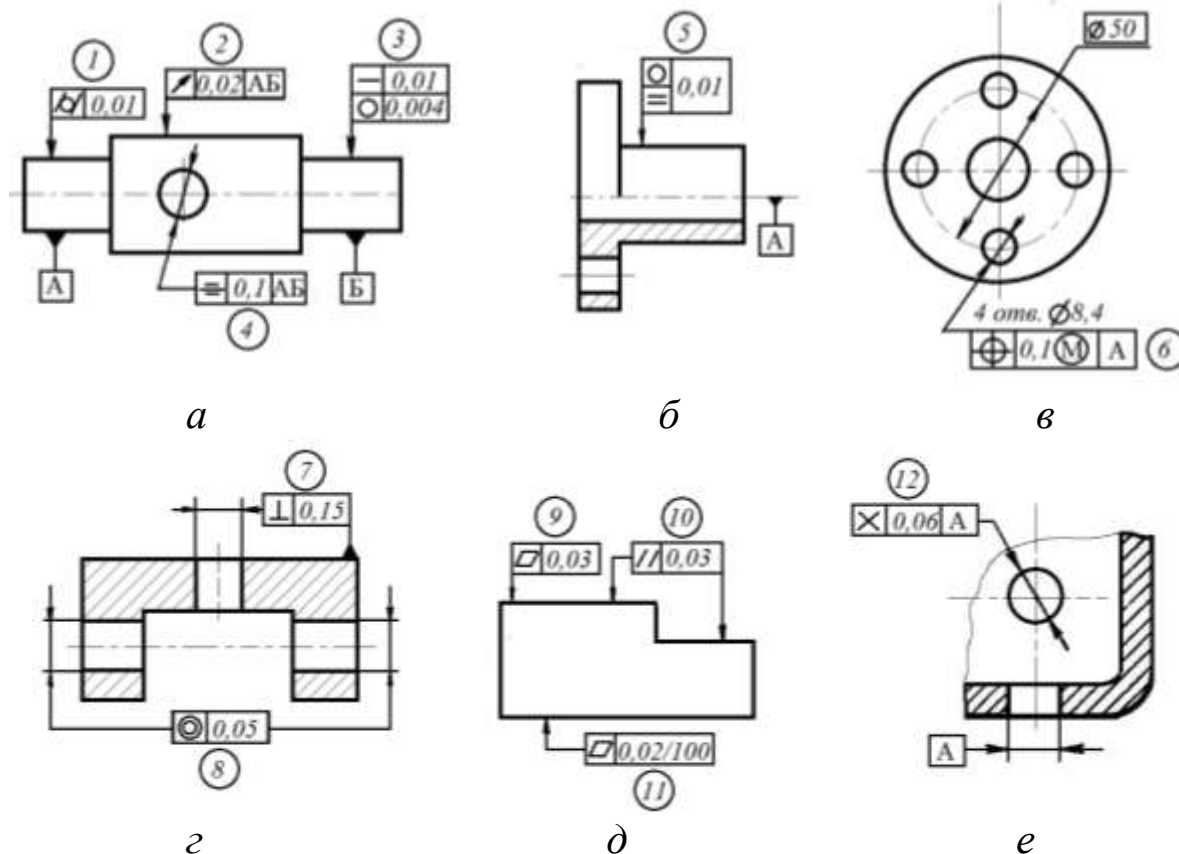


Рис. 5.

3.2. Нанести на чертеже (рис. 6) требования к отклонению от плоскостности бруска в зависимости от заданных размеров и степени точности на погрешность формы (табл. 3). Стандартные значения приведены в приложении 1.

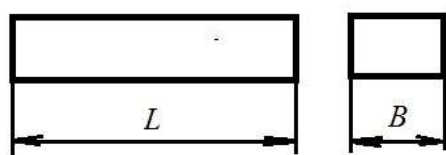


Рис. 6

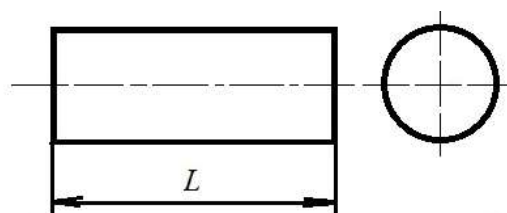


Рис. 7

Таблица 3

По второй цифре номера варианта

Варианты	1	2	3	4	5
Номинальный размер L , мм	100	22	110	140	80
Номинальный размер B , мм	40	10	25	16	10
Степень точности по ГОСТ	2	4	3	5	4
Варианты	6	7	8	9	0
Номинальный размер L , мм	50	160	350	230	200
Номинальный размер B , мм	6	50	75	60	63
Степень точности по ГОСТ	10	7	5	6	9

3.3. Нанести на чертеже (рис. 7) требования к отклонению от прямолинейности образующей цилиндра в зависимости от заданной длины и степени точности на погрешность формы (табл. 4). Стандартные значения приведены в приложении 1.

Таблица 4

По первой цифре номера варианта

Варианты	1	2	3	4	5
Номинальная длина L , мм	80	100	120	160	200
Степень точности по ГОСТ	9	2	3	7	5
Варианты	6	7	8	9	0
Номинальная длина, мм	250	300	400	350	150
Степень точности по ГОСТ	1	4	8	9	6

3.4. Нанести на чертеже (рис. 8) требования к радиальному биению поверхностей A и B и торцевому биению поверхности B относительно оси отверстия в зависимости от заданных диаметров и степеней точности на отклонения расположения поверхностей (табл. 5). Стандартные значения приведены в приложении 1.

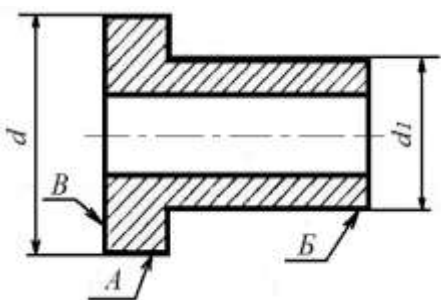


Рис. 8

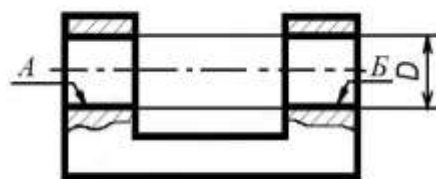


Рис. 9

Таблица 5

По второй цифре номера варианта

Варианты	1	2	3	4	5
Номинальный размер d , мм	25	50	18	180	300
Номинальный размер d_1 , мм	20	36	9	110	180
Степень точности по ГОСТ	2	4	3	5	10
Варианты	6	7	8	9	0
Номинальный размер d , мм	200	90	400	125	360
Номинальный размер d_1 , мм	140	50	320	75	240
Степень точности по ГОСТ	6	1	8	7	9

3.5. Нанести на чертеже (рис. 9) требования к отклонению от соосности отверстия A относительно отверстия B в зависимости от заданных диаметров и степеней точности на отклонения расположения поверхностей (табл. 6). Стандартные значения приведены в приложении 1.

Таблица 6

По первой цифре номера варианта

Варианты	1	2	3	4	5
Номинальный диаметр D , мм	40	25	16	160	160
Степень точности по ГОСТ	2	1	3	4	5
Варианты	6	7	8	9	0
Номинальный диаметр D , мм	100	100	320	320	400
Степень точности по ГОСТ	7	10	8	9	6

3.6. Нанести на чертеже (рис. 10) требования к отклонению от симметричности расположения паза B относительно поверхностей A в зависимости от размера паза и степени точности на отклонения расположения поверхностей (табл. 7). Стандартные значения приведены в приложении 1.

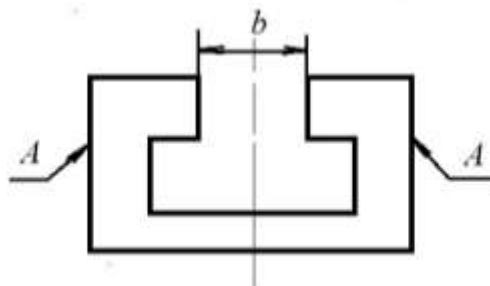


Рис. 10

Таблица 7

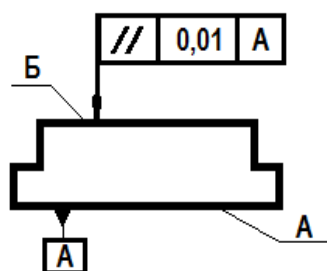
По второй цифре номера варианта

Варианты	1	2	3	4	5
Номинальный размер b , мм	250	140	16	100	100
Степень точности по ГОСТ	8	4	3	7	5
Варианты	6	7	8	9	0
Номинальный размер b , мм	160	160	320	40	400
Степень точности по ГОСТ	2	10	6	1	9

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Выбрать исходные данные из табл. 1. Выполнить чертеж. Расшифровать обозначения.

Пример:



Группа отклонения: отклонения расположения.

Расшифровка: допуск параллельности поверхности B относительно поверхности $A = 0,01$ мм

4.2. Выбрать исходные данные из соответствующих таблиц. Выполнить чертеж детали. Обозначить отклонения формы, расположения, суммарные используя соответствующие знаки и соблюдая требования к нанесению отклонений.

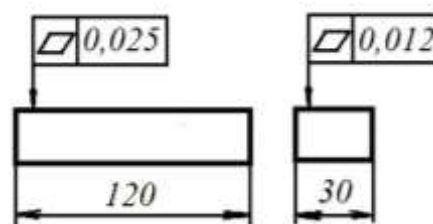
Пример:

Дано:

Номинальный размер $L = 120$ мм

Номинальный размер $B = 30$ мм

Степень точности по ГОСТ – 8



Отклонение от плоскостности относится к отклонениям формы.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Выполнить действия предусмотренные заданием в соответствии с примером.

5. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Что такое отклонения формы?
2. Что такое прилегающая поверхность?
3. Понятия о частных видах отклонения формы?
4. Виды отклонений формы, условные знаки для указания их допусков на чертежах?
5. Отклонения формы цилиндрических деталей. Комплексные и частные виды этих отклонений.
6. Отклонения расположения и условные знаки их допусков на чертежах.
7. Зависимые и независимые допуски расположения.
8. Суммарные отклонения формы и расположения элементов деталей, их виды и условные знаки указания допусков на чертеже.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Допуски и посадки : справочник : в 2 ч. Ч. 1 / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 543 с.

**Допуски формы и расположения поверхностей
ГОСТ 24642–81 (СТ СЭВ 636–77)**

Интервалы размеров, мм	Степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски плоскостности и прямолинейности, мкм									
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св. 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
» 16 » 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 25 » 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 40 » 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 63 » 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 100 » 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 160 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
Интервалы размеров, мм	Допуски соосности, симметричности, пересечения осей и радиального биения; мкм									
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 10 » 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 30 » 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
Интервалы размеров, мм	Допуски параллельности, наклона, торцевого биения и полного торцевого биения; мкм									
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св. 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 16 » 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 25 » 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 40 » 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 63 » 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 100 » 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 160 » 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 250 » 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – получить практические навыки определения параметров шероховатости.

Содержание работы – обработать профилограмму, определить все параметры шероховатости поверхности

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малым шагом, выделенная с помощью базовой длины.

Базовой длиной называется длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789–73 оценивают следующими параметрами (рис. 11):

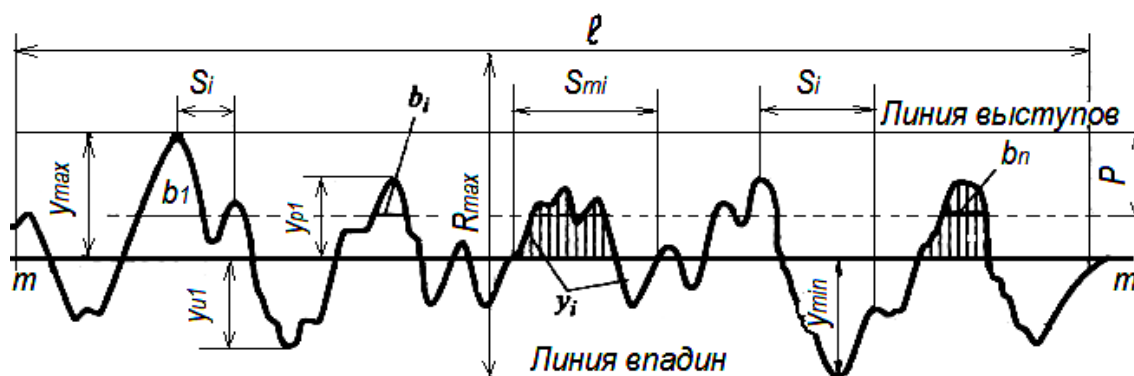


Рис. 11. Основные параметры шероховатости поверхности

1) **средним арифметическим отклонением профиля (R_a)** – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

2) **высотой 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.

3) **наибольшей высотой профиля ($R_{\max}$)** – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4) **средним шагом неровностей профиля (S_m)** – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

5) **средним шагом местных выступов профиля (S)** – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины.

6) **относительной опорной длиной профиля (t_p)** – отношение опорной длины к базовой длине.

Соответствия числовых значений параметров шероховатости установлено ГОСТ 2789–73 (табл. 8).

Таблица 8

l , мм	$R_z, R_{\max}$, мкм	R_a , мкм
0,08	До 0,01	До 0,025
0,25	Св. 0,01 до 1,6	Св. 0,025 до 0,4
0,8	Св. 1,6 до 12,5	Св. 0,4 до 3,2

Контроль шероховатости поверхности может быть качественным и количественным. Качественный контроль шероховатости поверхности проводится путем визуального сравнения реальной поверхности элемента с образцом шероховатости.

Количественно шероховатость поверхности измеряют: бесконтактным методом оптическими приборами, контактным методом щуповыми приборами.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением работы студенту выдают профилограмму. На ней указаны значения вертикального (p) и горизонтального (q) увеличения, с которым записана профилограмма. На профилограмме выполнить все дополнительные построения необходимые для определения значений параметров шероховатости.

3.1. Определить значение параметра R_z .

На профилограмме выбрать участок с пятью наиболее

характерными, расположенными последовательно, выступами и впадинами. На этом участке провести среднюю линию $m-m$. Затем измерить линейкой (в миллиметрах и без учета знака) значения пяти высот выступов y_{pi} и пяти глубин впадин профиля y_{vi} (см. рис. 11).

Определить R_z в мкм по формуле

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5} \cdot \frac{1000}{p}, \quad (16)$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля; p – вертикальное увеличение профилограммы.

3.2. Определить базовую длину.

По ГОСТ 2789–73 определить значение базовой длины l , соответствующее полученному значению R_z (табл. 8). Значение базовой длины в масштабе профилограммы $l_{пр}$, мм, определить по формуле

$$l_{пр} = l \cdot q, \quad (17)$$

где l – значение базовой длины по ГОСТ2789–73; q – горизонтальное увеличение профилограммы.

3.3. Определить положение средней линии профиля.

Уравнение средней линии профиля определяется по способу наименьших квадратов. Средняя линия прямая, может проходить не параллельно краю профилограммы. На средней линии отложить отрезок равный базовой длине $l_{пр}$. Ограничить участок двумя линиями, перпендикулярными средней линии.

Все остальные измерения проводить в пределах базовой длины.

3.4. Определить значение параметра R_a .

Весь участок базовой длины разбить на интервалы

$\Delta x = 5$ мм. Восстановить перпендикуляры к средней линии из этих точек до пересечения с линией выступов или впадин.

Измерить расстояния y_i от линии действительного профиля (в миллиметрах и без учета знака) до средней линии (см. рис. 11).

Значение R_a , мкм, определить по формуле

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n} \cdot \frac{1000}{p}, \quad (18)$$

где y_i – абсолютное значение отклонения профиля; n – число выбранных точек профиля на базовой длине; p – вертикальное увеличение профилограммы.

3.5. Определить значение параметра $R_{\max}$.

На участке базовой длины l через наивысшую точку выступов провести линию, параллельную средней линии – линия выступов, и через низшую точку впадин параллельную средней линии – линия впадин (см. рис. 11). Измерить значения $y_{\max}$ и $y_{\min}$ (в миллиметрах и без учета знака) как расстояние от средней линии до наивысшей или низшей точки реального профиля соответственно.

Значение $R_{\max}$ в мкм определить по формуле

$$R_{\max} = (y_{\max} + y_{\min}) \cdot \frac{1000}{p}, \quad (19)$$

где $y_{\max}$ – расстояние от средней линии до наивысшей точки выступа; $y_{\min}$ – расстояние от средней линии до наименьшей точки впадины; p – вертикальное увеличение профилограммы.

3.6. Определить средний шаг местных выступов S .

Для этого на участке базовой длины l измерить последовательно все шаги местных выступов S_i (см. рис. 11).

Средний шаг местных выступов S , мм, определить по формуле

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \cdot \frac{1}{q}, \quad (20)$$

где n – число шагов неровностей в пределах базовой длины; S_i – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на неё двух наивысших точек соседних выступов профиля; q – горизонтальное увеличение профилограммы.

3.7. Определить средний шаг неровностей профиля S_m .

В пределах базовой длины измерить последовательно шаги по средней линии n – число шагов неровностей в пределах базовой длины (см. рис. 11).

Средний шаг неровностей S_m , мм, определить по формуле

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_{mi}}{n} \cdot \frac{1}{q}. \quad (21)$$

где n – число шагов неровностей в пределах базовой длины; S_m – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках, и ограниченный двумя крайними точками.

3.8. Определить значения величины относительной опорной длины t_p на различных уровнях.

Последовательно провести секущие прямые параллельные средней линии на уровнях p , равных 25%, 50%, 75% от $R_{\max}$. Уровню 0% соответствует линия выступов, уровню 100% – линия впадин.

Измерить величину опорной длины на каждом уровне (см. рис. 11). Значения b_i и l измерять в миллиметрах.

Значения относительной опорной длины t_p каждого уровня определить по формуле

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{l} \cdot 100\%, \quad (22)$$

где b_i – длина отрезка, в пределах базовой длины, отсекаемая на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии измеренная; l – базовая длина; n – число отрезков в пределах базовой длины.

По результатам расчетов построить график изменения t_p на каждом уровне сечения P .

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформить в виде таблицы (приложение 2).

6. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Что называется шероховатостью поверхности?
2. Какими параметрами характеризуется шероховатость?
4. Записать обозначение шероховатости на чертеже для следующих условий:
 - а) $R_a = 6,3$, максимальное значение параметра;
 - б) $S_m = 0,03$; R_a = от 0,2 до 0,4; $t_p = 70\%$; $p = 50\%$; вид обработки – полирование; $l = 0,25$; направление риска – произвольное;
 - в) $t_p = 50\%$; $R_z = 40$; $S = 0,2$; $p = 40\%$; вид обработки – не установлен; $l = 2,5$.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – Введен. 1975–01–01 – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.
2. ГОСТ 25142–82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. – Введен. 1983–01–01 – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.

1. Определение R_z: $R_z =$										
i	1	2	3	4	5	$l, \text{ мм}$				
$y_{i\max}$										
$y_{i\min}$										
2. Определение R_a: $R_a =$										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_i										
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
y_i										
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
y_i										
i	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
y_i										
3. Определение $R_{\max}$: $R_{\max} =$										
$y_{\max} =$				$y_{\min} =$						
4. Определение S: $S =$										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_i										
5. Определить S_m: $S_m =$										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_{mi}										
6. Определить t_p										
$P, \%$	0	25	50	75	100					
$t_p, \%$										

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель занятия – научиться выбирать посадки для подшипников качения, работать с нормативно-технической документацией.

Содержание занятия:

- выбрать исходные данные по номеру варианта (табл. 9, 10);
- выбрать посадки для наружного и внутреннего колец подшипника;
- изобразить схемы расположения полей допусков, указать номинальный диаметр, предельные отклонения, характеристики посадки;
- изобразить сопряжение подшипника с валом и корпусом, вал и корпус отдельно. Проставить размеры с обозначением посадок, отклонений формы и расположения поверхностей и шероховатости.

Таблица 9

По первой цифре номера варианта

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Размер подшипника, мм, $d \times D \times B$	40×80×18	80×110×20	50×90×20	55×100×21	60×100×22	35×55×14	70×125×24	75×100×15	45×85×19	65×100×18
Класс точности	0	6	5	0	6	5	0	6	5	0
Характер нагрузки*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

*Примечание:

- 1 – нагрузка умеренная, с малой вибрацией (перегрузка до 150%, $K_1 = 1,0$);
2 – нагрузка с ударами и вибрацией (перегрузка до 300%, $K_1 = 1,8$).

Таблица 10

По второй цифре номера варианта

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Радиальная нагрузка R , Н	8000	12000	15000	11000	16000	9000	16000	14000	10000	13000
Вращающаяся деталь	вал	корпус	вал	корпус	вал	корпус	вал	корпус	вал	корпус
Корпус	разъемный			неразъемный				разъемный		
Вал	сплошной ($K_2 = 1$)									

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Посадку подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий эксплуатации, значения и характера действующей на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325–85 различают три вида нагружения колец подшипника.

При *местном виде нагружения* кольца действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения этого кольца и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса.

При *циркуляционном виде нагружения* кольца действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка воспринимается последовательно всей дорожкой качения и передается соответственно всей посадочной поверхности вала или корпуса.

При *колебательном виде нагружения* кольца равнодействующая двух нагрузок – постоянной по направлению и вращающейся, воспринимается сравнительно ограниченным участком дорожки качения и передается так же ограниченному участку посадочной поверхности.

При местном виде нагружения выбор посадки производится по таблицам в зависимости от посадочного размера, конструкции корпуса (разъемный, неразъемный), характера нагрузки и класса точности подшипника.

При циркуляционном виде нагружения выбор посадки производится в зависимости от посадочного размера, класса точности подшипника и величины интенсивности радиальной нагрузки.

Интенсивность радиальной нагрузки определяется по формуле

$$P_R = \frac{R}{B} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (23)$$

где R – радиальная нагрузка, Н; B – ширина подшипника, мм; K_1 – динамический коэффициент, зависящий от условий эксплуатации; K_2 – коэффициент, учитывающий ослабление натяга при полом вале; K_3 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки в двурядных подшипниках.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

3.1. Выписать из таблицы по номеру варианта исходные данные для выполнения задания.

3.2. Определить вид нагружения колец подшипника.

3.3. Выбрать посадки для подшипника качения: для циркуляционно нагруженного кольца (приложение 3); для местно нагруженного кольца (приложение 4). Квалитеты для назначенных полей допусков выбрать из приложения 5.

3.4. Определить предельные отклонения основных деталей по ГОСТ 520–2002 (приложение 6). Определить предельные отклонения для назначенных полей допусков по ГОСТ 25347–82.

3.5. Построить схемы расположения полей допусков для выбранных посадок. Обозначить характеристики посадок на схемах.

3.6. Рассчитать характеристики посадок.

3.7. По ГОСТ 3325–85 определить шероховатость поверхностей (приложение 7), допуски круглости и профиля продольного сечения (приложение 8), торцевого биения (приложение 9). Выполнить эскизы детализованных и сборочного чертежей. Нанести обозначения размеров, назначенных посадок, допусков.

Пример:

1. Дано:

$d = 40$ мм; $D = 52$ мм; $B = 8$ мм;

класс точности – 0; нагрузка с ударами и вибрацией;

радиальная нагрузка $R = 8000$ Н;

вращающаяся деталь – вал; корпус – разъемный; вал – сплошной.

2. Вращается вал, поэтому внутреннее кольцо испытывает циркуляционный вид нагружения, а наружное – местный.

3. Выбрать посадки.

$$P_R = \frac{R}{B} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = \frac{8000}{8} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1800 \text{ Н/мм.}$$

Для циркуляционно нагруженного кольца посадка – $\varnothing 40n6$;

для местно нагруженного кольца посадка – $\varnothing 52Js7$.

4. Предельные отклонения:

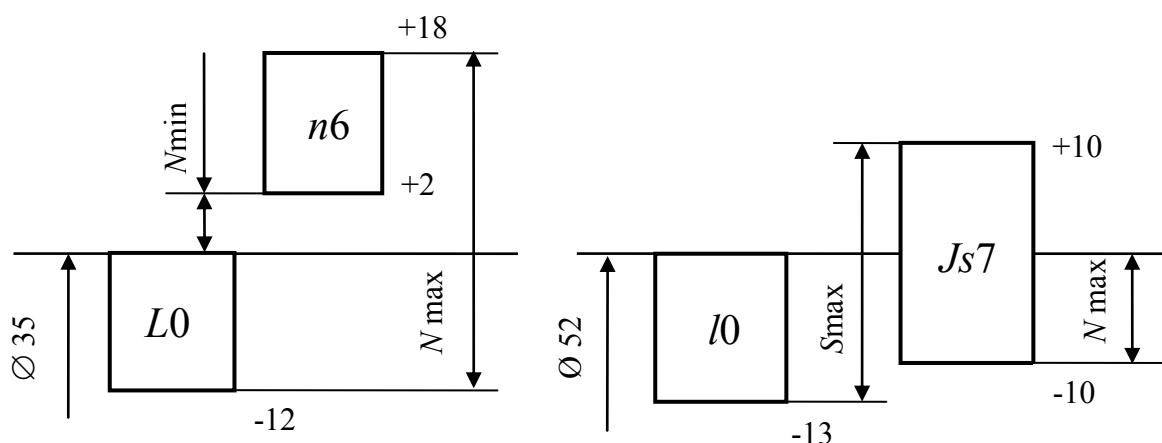
$L0$ $ES = 0$ мкм; $EI = -12$ мкм;

$l0$ $es = 0$ мкм; $ei = -13$ мкм;

$\varnothing 40n6$ $es = +33$ мкм; $ei = +17$ мкм;

$\varnothing 52Js7$ $ES = +10$ мкм; $EI = -10$ мкм.

5. Схемы расположения полей допусков посадок.



Посадка внутреннего кольца на вал. Посадка наружного кольца в корпус.

6. Характеристики посадок.

Посадка внутреннего кольца на вал – с натягом:

$$N_{\max} = es - EI = 18 - (-12) = 30 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = ei - ES = 2 - 0 = 2 \text{ мкм};$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 30 - 2 = 28 \text{ мкм}.$$

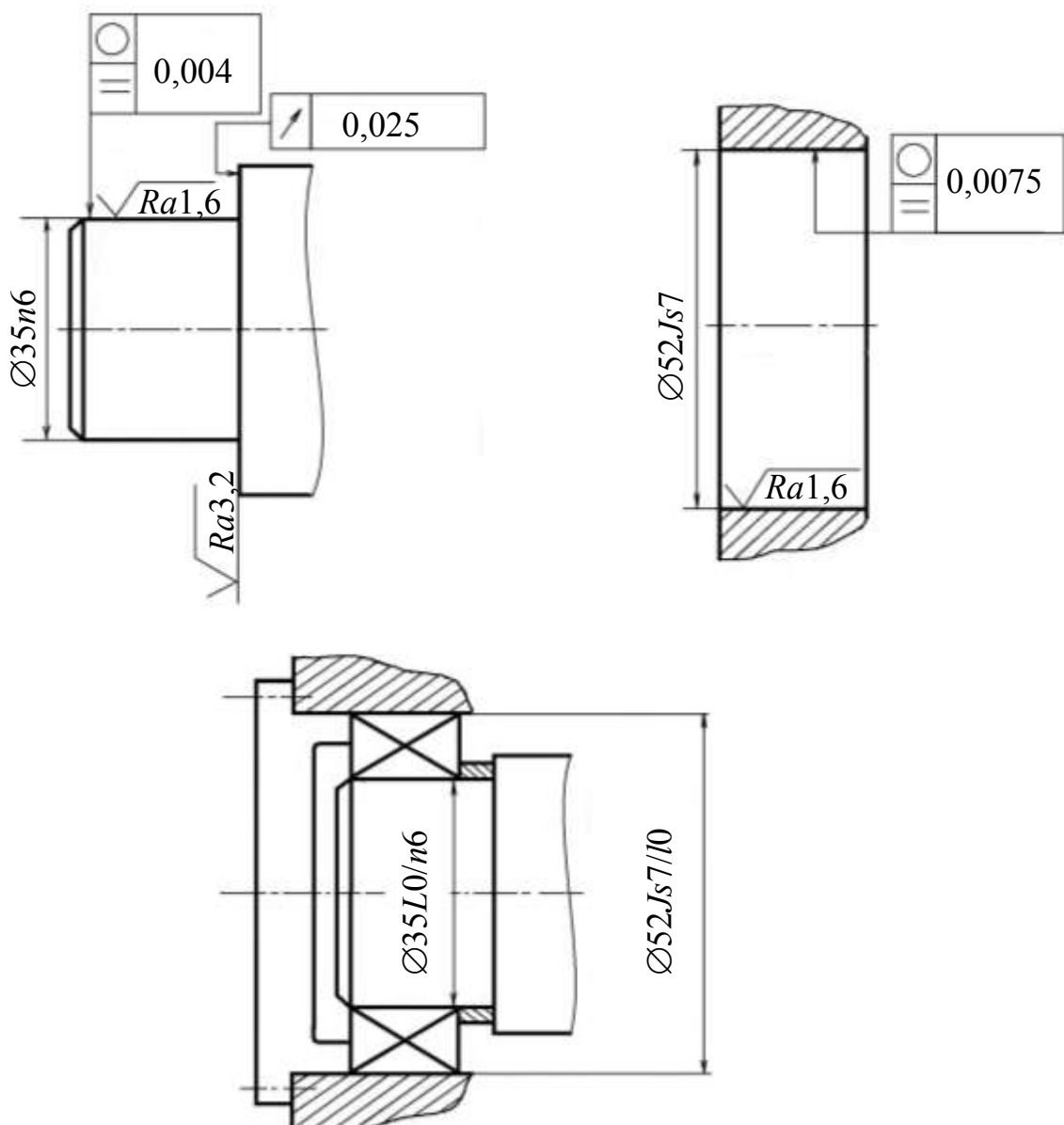
Посадка наружного кольца в корпус – переходная:

$$S_{\max} = ES - ei = 10 - (-13) = 23 \text{ мкм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-10) = 10 \text{ мкм};$$

$$TS(TN) = S_{\max} + N_{\max} = 23 + 10 = 33 \text{ мкм}.$$

7. Чертежи.



4. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Выполнить действия предусмотренные заданием в соответствии с примером.

5. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Какими свойствами взаимозаменяемости обладают подшипники качения?
2. Какие классы точности установлены для подшипников качения?
3. Какими параметрами характеризуется точность подшипников?
4. Виды нагружения колец подшипника?
5. Основные отклонения для обозначения посадок подшипника?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 520–2002. Подшипники качения. Технические требования. – Введ. 2002–07–01. – Москва : Издательство стандартов, 2002. – 72 с.
2. ГОСТ 3325–85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. – Введ. 1985–01–01. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 50 с.

Приложение 3

Поля допусков посадочных мест при циркуляционном виде нагружения

Диаметр, мм	Допускаемые значения P_R , Н/мм			
внутреннее кольцо d , мм	посадки на вал			
Интервалы	js	k	m	n
св. 18 до 80	до 300	300–1400	1400–1600	1600–3000
св. 80 до 180	до 600	600–2000	2000–2500	2500–4000
наружное кольцо D , мм	посадки в корпус			
Интервалы	K	M	N	P
св. 50 до 180	до 800	800–1000	1000–1300	1300–2500
св. 180 до 360	до 1000	1000–1500	1500–2000	2000–3300

Приложение 4

Поля допусков посадочных мест при местном виде нагружения

Размеры посадочных диаметров, мм	Посадки			Типы подшипников
	на вал (ось)	в корпус стальной или чугунный		
		неразъемный	разъемный	
интервалы	Нагрузка умеренная, с малой вибрацией			
до 80	h	H	H	Все типы, кроме штампованных игольчатых
св. 80 до 260	g, f	G		
интервалы	Нагрузка с ударами и вибрацией			
до 80	h	J_s	J_s	Все типы, штампо- ванных игольчатых и роликовых кониче- ских двурядных
св. 80 до 260				

Приложение 5

Зависимость качеств от класса точности подшипников

Класс точности подшипника	Качество сопрягаемой детали	
	отверстий	валов
0 и 6	7	6
5 и 4	6	5

Приложение 6

Подшипники качения шариковые и роликовые. Отклонения, мкм (ГОСТ 520–2002)

Кольцо подшипника	Обозначение размера	Отклонение	Интервал номинальных диаметров колец подшипника, мм				
			св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 150
Класс точности подшипника 0 (нормальный)							
Внутреннее	<i>d</i>	<i>ES</i> <i>EI</i>	0 −10	0 −12	0 −15	0 −20	0 −25
Наружное	<i>D</i>	<i>es</i> <i>ei</i>	0 −9	0 −11	0 −13	0 −15	0 −18
Класс точности подшипника 6							
Внутреннее	<i>d</i>	<i>ES</i> <i>EI</i>	0 −8	0 −10	0 −12	0 −15	0 −18
Наружное	<i>D</i>	<i>es</i> <i>ei</i>	0 −8	0 −9	0 −11	0 −13	0 −15
Класс точности подшипника 5							
Внутреннее	<i>d</i>	<i>ES</i> <i>EI</i>	0 −6	0 −8	0 −9	0 −10	0 −13
Наружное	<i>D</i>	<i>es</i> <i>ei</i>	0 −6	0 −7	0 −9	0 −10	0 −11

Приложение 7

Шероховатость по параметру R_a , мкм (ГОСТ 3325–85)

Посадочная поверхность	Класс точности подшипника	Диаметр подшипника	
		до 80 мм	св. 80 до 500 мм
Вал	0	1,6	3,2
	6 и 5	0,8	1,6
Отверстия в корпусе	0	1,6	3,2
	6, 5, 4	0,8	1,6
Опорные торцы заплечиков валов и корпусов	0	3,2	3,2
	6, 5, 4	1,6	3,2

Приложение 8

Допуски формы посадочных поверхностей (ГОСТ 3325–85)

Интервалы номинальных диаметров d и D , мм	валов (осей)		отверстий корпусов	
	допуск круглости, допуск профиля продольного сечения, мкм		допуск круглости, допуск профиля продольного сечения, мкм	
	Классы точности подшипников			
	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4
Св. 30 до 50	4,0	2,0	6,0	2,5
Св. 50 до 80	5,0	2,0	7,5	3,0
Св. 80 до 120	6,0	2,5	9,0	3,5
Св. 120 до 180	6,0	3,0	10,0	4,0
Св. 180 до 250	7,0	3,5	11,5	5,0

Приложение 9

Допуски торцевого биения (ГОСТ 3325–85)

Интервалы номинальных диаметров d , мм	Классы точности подшипников			
	0	6	5	4
	заплечиков валов, мкм			
Св. 30 до 50	25	16	7	4,0
Св. 50 до 80	30	19	8	5,0
Св. 80 до 120	35	22	10	6,0
Св. 120 до 180	40	25	12	8,0
Св. 180 до 250	46	29	14	10,0

Составитель
Ольга Николаевна Дегтярева

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Часть I

Методические указания к практическим работам
для студентов специальности СПО
23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей

Рецензент А. А. Клепцов

Подписано в печать 01.12.2020. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,8.

Тираж 54 экз. Заказ

Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр УИП Кузбасского государственного технического
университета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.