

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет Горный

Кафедра Технических систем и робототехники

## **УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** для студентов заочной формы обучения

по дисциплине «**Метрология, стандартизация и сертификация**»

для направления подготовки (специальности)  
23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства  
6 семестр

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) – 4 зачетные единицы.

Форма текущего контроля в семестре – контрольная работа.

Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) – нет.

Форма промежуточного контроля в семестре – экзамен.

## **Краткое содержание курса**

Перечень изучаемых тем, разделов дисциплины (модуля)

1. Физические величины, методы и средства измерений
2. Погрешности измерений, обработка результатов, выбор средств измерений
3. Основы обеспечения единства измерений (ОЕИ)
4. Стандартизация
5. Сертификация
6. Взаимозаменяемость

## **Форма текущего контроля**

### **Контрольная работа № 1 (6 семестр)**

Контрольная работа выполняется в виде расчетно-графического задания. Рекомендации по определению варианта, задания для выполнения контрольной работы, примеры выполнения заданий приведены ниже.

### **Оформление письменной работы согласно МИ -01-02-2018**

[Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации](#)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к контрольной работе № 1**

**Дисциплина:** Метрология, стандартизация и сертификация

**Форма обучения:** заочная

## 1 Задания контрольной работы

### Задание 1. Расчёт допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.

Таблица 1 – Исходные данные задания

Примеры	Варианты (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Номинальный диаметр сопряжения, мм									
1	6	3	18	36	50	100	220	180	200	450
2	350	250	160	120	80	16	40	20	12	8
3	10	24	60	240	400	310	140	90	70	14
Примеры	Варианты (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Посадка в сопряжении									
1	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H6}{s5}$
2	$\frac{D8}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{H9}{f8}$
3	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H7}{u7}$	$\frac{N8}{h7}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$

1. По данным в таблице 1 (для каждого варианта необходимо выполнить по три примера) рассчитать посадки для цилиндрических соединений.

2. Начертить схему расположения полей допусков деталей, сопрягаемых по данной посадке.

На схеме показать:

- номинальный диаметр сопряжения  $D$  и его значение;
- предельные отклонения и их значения отверстия втулки ( $ES$  и  $EI$ ) и вала ( $es$  и  $ei$ ) сопряжения;
- допуски отверстия втулки ( $TD$ ) и вала ( $Td$ ) сопряжения;
- условное обозначение полей допусков отверстия втулки и вала сопряжения;

- предельные размеры отверстия втулки ( $D_{max}$ ,  $D_{min}$ ) и вала ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ );
- для посадки с зазором – предельные зазоры ( $S_{max}$ ,  $S_{min}$ );
- для посадки с натягом – предельные натяги ( $N_{max}$ ,  $N_{min}$ );
- для переходной посадки – наибольший натяг и зазор ( $N_{max}$ ,  $S_{max}$ ).

3. Рассчитать по предельным зазорам и натягам допуски посадок ( $T_S$  – с зазором,  $T_N$  – с натягом,  $T_{S-N}$  – переходные) с проверкой результата по значениям допусков отверстия втулки  $T_D$  и вала  $T_d$ .

4. Выполнить эскизы деталей, показать на них номинальные размеры сопрягаемых поверхностей с предельными отклонениями.

Справочные данные – Приложение Б настоящих методических указаний.

## Задание 2. Расчёт допусков и посадок подшипников качения

Таблица 2 – Исходные данные задания

Данные задания	Варианты (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Обозначение подшипника	317	215	216	315	310	213	212	207	211	305
Класс точности подшипника	6	5	0	0	6	5	5	0	6	6
Вращающаяся деталь механизма	корпус	корпус	вал	вал	корпус	вал	вал	корпус	вал	вал
Данные задания	Варианты (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Силы, действующие на подшипник	$F_r, F_c$ $F_r > F_c$	$F_r$	$F_r, F_c$ $F_r > F_c$	$F_r, F_c$ $F_r < F_c$	$F_r$	$F_r, F_c$ $F_r < F_c$	$F_r, F_c$ $F_r > F_c$	$F_r$	$F_r$	$F_r, F_c$ $F_r > F_c$
Расчетная долговечность подшипника, тыс. ч	11	12	6	13	11	7	9	8	12	4

Радиальный однорядный шарикоподшипник посажен на вал и в корпус. На подшипник действуют силы, указанные по вариантам в таблице 2. В сопряжении вращается деталь – по вариантам таблицы 2. Расчетная долговечность подшипника – по вариантам таблицы 2.

1. Определить:

- вид нагружения колец подшипника;
- режим работы подшипника;
- посадку на вал и в корпус колец подшипника;
- размер  $D$ , допуск  $TD$  и предельные отклонения  $es$ ,  $ei$  наружного кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью или размер  $d$ , допуск  $Td$  и предельные отклонения  $ES$ ,  $EI$  внутреннего кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью;
- наибольший и наименьший предельный размеры  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ ) кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью;
- размер  $D$  ( $d$ ), допуск  $TD$  ( $Td$ ) и предельные отклонения  $ES$ ,  $EI$  ( $es$ ,  $ei$ ) вращающейся детали;
- наибольший и наименьший размеры  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ ) вращающейся детали;
- для посадки с зазором вращающейся детали – предельные зазоры ( $S_{max}$ ,  $S_{min}$ );
- для посадки с натягом вращающейся детали – предельные натяги ( $N_{max}$ ,  $N_{min}$ );
- для переходной посадки вращающейся детали – наибольший натяг и зазор ( $N_{max}$ ,  $S_{max}$ ).

2. Начертить схему полей допусков сопряжения «кольцо подшипника – вращающаяся деталь».

3. Выполнить эскиз соединения подшипника качения с валом и корпусом. Обозначить на эскизе посадки на вал и в корпус колец подшипника по варианту задания.

Справочные данные – Приложение В настоящих методических указаний.

### Задание 3. Посадки шлицевых прямобоочных соединений

1. По данным таблицы 3 дать условное обозначение шлицевого соединения.
2. Дать характеристику шлицевому соединению.
3. Выполнить эскиз шлицевой втулки и вала с их обозначением.
4. Объяснить, когда целесообразно применять центрирование по наружному диаметру  $D$ , по внутреннему диаметру  $d$ , по ширине шлица  $b$ .

Справочные данные – Приложение Г настоящих методических указаний.

Таблица 3 – Исходные данные задания

Данные по шлицевому соединению	Вариант (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$b, \text{ мм}$	6	9	10	5	5	7	12	14	4	6
$z \times d \times D$	6x23x26	8x46x50	8x52x58	10x32x40	6x21x25	6x28x34	8x62x72	10x92x102	10x26x32	16x62x72
Данные по шлицевому соединению	Вариант (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Центрирование	$D$	$d$	$b$	$D$	$d$	$b$	$D$	$d$	$b$	$d$
Посадки на основные размеры соединения	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{js7}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{H7}{js6}$
	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H12}{a11}$	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{H12}{a11}$
		$\frac{D9}{f8}$			$\frac{D9}{k7}$			$\frac{F10}{f8}$		$\frac{F10}{js7}$

## 2 Краткие теоретические сведения

### 2.1 Гладкие цилиндрические соединения

#### Основные понятия

Рассмотрим частный случай сопряжения вала и отверстия (рис. 1, а). При изготовлении деталей размеры  $D$  и  $d$  выполняются с погрешностями. Конструктор исходит из того, что погрешности неизбежны, и определяет, в каких пределах они допустимы, т.е. сопряжение еще удовлетворяет требованиям правильной сборки и нормальному функционированию механизма. Конструктор устанавливает два предельных размера для вала –  $d_{max}$ ,  $d_{min}$  и два предельных размера для отверстия –  $D_{max}$ ,  $D_{min}$ , внутри которых должны находиться действительные размеры  $D_d$  ( $d_d$ ) сопрягаемых деталей (рис. 1, б). Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется допуском –  $T_d$  (для вала) и  $T_D$  (для отверстия).

Нанесение на чертеже соединения такого количества размеров крайне неудобно, поэтому было принято устанавливать один общий размер для вала и отверстия, называемый номинальным – и указывать от него предельные отклонения (рис. 1, в).

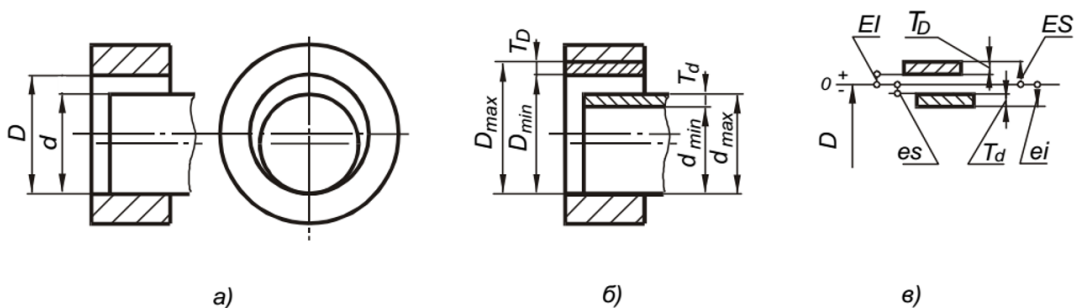


Рисунок 1 – Основные понятия



Верхнее отклонение  $e_s$  (для вала),  $ES$  (для отверстия) – алгебраическая разность между наибольшим и номинальным размерами.

Нижнее отклонение  $e_i$  (для вала),  $EI$  (для отверстия) – алгебраическая разность между наименьшим и номинальным размерами.

*Поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру называется полем допуска (рис. 2).*

Чем уже поле между верхним и нижним отклонениями, тем выше при прочих равных условиях степень точности, которая обозначается цифрой и называется *кавалитетом*.

В системе допусков и посадок (СДП) предусмотрено 20 квалитетов, которые обозначают арабскими цифрами 01,0,1,2...18 (от точного к грубому).

Положение допуска относительно нулевой линии определяется *основным отклонением* – одним из двух предельных отклонений, ближайшим к нулевой линии, и обозначается одной из букв (или их сочетаний) латинского алфавита. Прописные буквы относятся к отверстиям, а строчные – к валам.

В СДП установлено 28 основных отклонений для валов (обозначаются а, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc) и 28 основных отклонений для отверстий (обозначаются А, В, С, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC).

Поле допуска обозначается сочетанием буквы (основное отклонение), указывающей на положение допуска относительно нулевой линии, и цифрой (кавалитет), говорящей о степени точности – величине допуска. Пример:  $\varnothing 25 H7$  – для отверстия,  $\varnothing 30 f6$  – для вала.

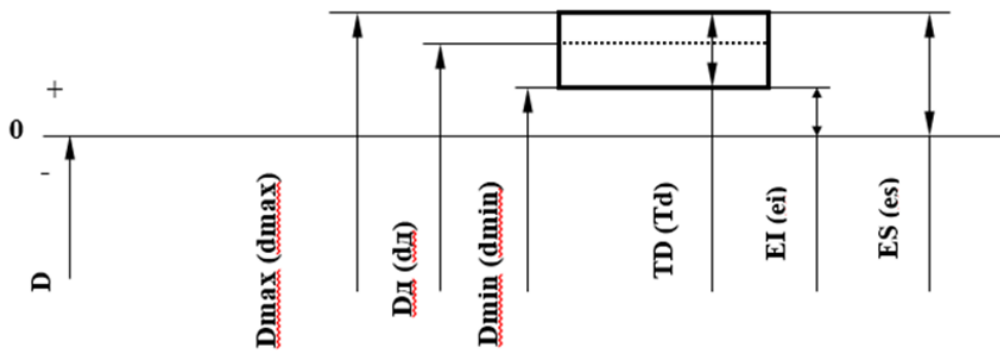


Рисунок 2 – Графическое изображение поля допуска

### Типы посадок гладких соединений

В процессе эксплуатации, детали, из которых состоят механизмы, взаимодействуют между собой определенным образом. Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов, называется посадкой. Различают три типа посадок: *с зазором*, *с натягом*, *переходные*.

*Посадка с зазором* – посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении, а поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рис. 3, а). Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения сопряженных деталей.

*Посадка с натягом* – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении, а поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (рис. 3, б). Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после сборки.

*Переходная посадка* – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга, а поля допусков вала и отверстия перекрываются полностью или частично (рис. 3, в). Переходные посадки используют для неподвижных соединений, когда предъявляют повышенные требования к центрированию деталей, а при эксплуатации проводят сборку и разборку соединения.



а)

б)

в)

Рисунок 3 – Схемы расположения полей допусков посадок гладких соединений

## Система отверстия и система вала

В СДП предусмотрены посадки в системе отверстия и в системе вала.

*Посадки в системе отверстия* – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (рис. 4, а). *Основное отверстие* – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю (H).

*Посадки в системе вала* – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала (рис. 4, б). *Основной вал* – вал, верхнее отклонение которого равно нулю (h).

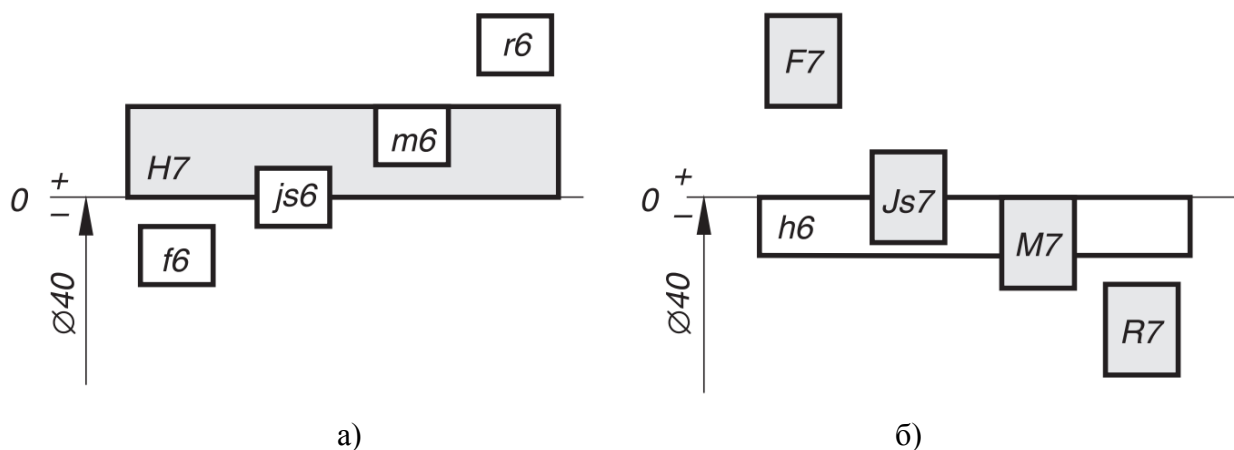


Рисунок 4 – Расположение полей допусков в системе отверстия и системе вала

Примеры посадок с зазором, с натягом и переходных в системах отверстия и вала:

## Посадки с зазором

Система отверстия:  $\frac{H7}{g6}$   $\frac{H7}{e8}$   $\frac{H8}{f7}$   $\frac{H11}{d11}$

Система вала:  $\frac{F8}{h6}$   $\frac{E8}{h6}$   $\frac{F9}{h8}$   $\frac{G6}{h5}$

## Посадки переходные

$$\text{Система отверстия: } \frac{H7}{js6} \quad \frac{H7}{k6} \quad \frac{H8}{f7} \quad \frac{H7}{m7} \quad \text{Система вала: } \frac{Js7}{h6} \quad \frac{K7}{h7} \quad \frac{M8}{h7} \quad \frac{N6}{h5}$$

## Посадки с натягом

$$\text{Система отверстия: } \frac{H7}{p6} \quad \frac{H7}{r6} \quad \frac{H9}{s9} \quad \text{Система вала: } \frac{P7}{h6} \quad \frac{R8}{h6} \quad \frac{S7}{h5} \quad \frac{T7}{h6}$$

Посадки могут быть образованы сочетанием полей допусков отверстия и вала, когда ни одна из деталей не является основной (имеют основные отклонения отличные от H или h). Такие посадки называют *внесистемными* (Например, N7/d11).

## Основные расчетные зависимости

Отверстие:

$$D \max = D + ES \quad (1)$$

$$D \min = D + EI \quad (2)$$

$$TD = ES - EI \quad (3)$$

$$TD = D \max - D \min \quad (4)$$

Вал:

$$d \max = d + es \quad (5)$$

$$d \min = d + ei \quad (6)$$

$$Td = es - ei \quad (7)$$

$$Td = d \max - d \min \quad (8)$$

Посадка с зазором:

$$S \max = ES - ei \quad \text{или} \quad S \max = D \max - d \min \quad (9)$$

$$S \min = EI - es \quad \text{или} \quad S \min = D \min - d \max \quad (10)$$

$$\text{Допуск посадки: } TS = S \max - S \min \quad (11)$$

$$\text{Проверка: } TS = TD + Td \quad (12)$$

Посадка с натягом:

$$N_{\max} = es - EI \quad \text{или} \quad N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} \quad (13)$$

$$N_{\min} = ei - ES \quad \text{или} \quad N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} \quad (14)$$

$$\text{Допуск посадки: } TN = N_{\max} - N_{\min} \quad (15)$$

$$\text{Проверка: } TN = TD + Td \quad (16)$$

Переходная посадка:

$$\text{Допуск посадки: } TS-N = N_{\max} + S_{\max} \quad (-N_{\min} = S_{\max}) \quad (17)$$

$$\text{Проверка: } TS-N = TD + Td \quad (18)$$

## 2.2 Соединения с подшипниками качения

По точности размеров присоединительных поверхностей и точности вращения подшипники качения подразделяются на классы точности. Стандарт устанавливает следующие основные классы точности шарикоподшипников: 0 (нормальный), 6, 5, 4, T, 2 (в порядке повышения точности).

В общем машиностроении обычно применяются классы 0 и 6. Подшипники классов точности 5 и 4 применяются в качестве опор шпинделей прецизионных станков, высокооборотных двигателей и т.п. Подшипники класса точности 2 и T применяются в высокоточных приборах.

В зависимости от назначения подшипника и характера действующей на него нагрузки для соединения внутреннего кольца подшипника с шейкой вала и наружного кольца с отверстием корпуса могут быть назначены посадки с зазором, посадки с натягом или переходные посадки. Посадки наружного кольца подшипника в корпус осуществляют в системе вала, а посадки внутреннего кольца на вал – в системе отверстия. Поэтому различные типы посадок образуются при изменении диаметров отверстия корпуса и валов, соответственно.

### Выбор класса точности подшипника

Выбор класса точности подшипника производится по результатам анализа условий работы проектируемого механизма.

Точность подшипника можно обосновать исходя из окружной скорости зубчатого колеса ( $V_{окр}$ , м/с). При  $V_{окр} < 2$  м/с рекомендуется использовать подшипники 0-го класса точности. При  $2 < V_{окр} < 6$  м/с – 6-го класса точности. При  $6 < V_{окр} < 10$  м/с – 5-го класса точности и при  $V_{окр} > 10$  м/с – 4-го класса точности. Подшипники 2-го класса точности применяются в особо точных приборах.

### Выбор посадок подшипников

Выбор посадок подшипников качения на вал и в отверстие корпуса осуществляется с учетом многих параметров, основными из которых являются *режим работы и вид нагружения*.

*Легким* называется режим работы подшипника, при котором расчетная долговечность более 10000 часов, *нормальным* – от 5000 до 10000 часов, *тяжелым* – от 2500 до 5000 часов.

Основным фактором, влияющим на выбор посадок колец подшипника, является вид их *нагружения*. Различают *местное, циркуляционное и колебательное* нагружения, зависящие от того, какое кольцо подшипника неподвижно, какое вращается и как при этом воспринимается радиальная нагрузка.

*Местным* нагружением кольца называется такой вид нагружения, при котором радиальная нагрузка  $F_r$  постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком кольца и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или отверстия корпуса.

Кольцо подшипника с местным нагружением следует монтировать в подшипниковом узле с зазором, чтобы кольцо под воздействием толчков и вибраций постепенно проворачивалось относительно посадочной поверхности.

*Циркуляционным* нагружением кольца называется такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник нагрузка  $F_r$  воспринимается и передается в процессе вращения дорожке качения последовательно по всей посадочной поверхности вала или корпуса.

Монтаж подшипника на вал или в отверстие корпуса при циркуляционном нагружении осуществляется по посадке с натягом, чтобы исключить проскальзывание кольца по посадочной поверхности при работе под нагрузкой.

*Колебательным* нагружением кольца называется такой вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию двух радиальных нагрузок: постоянной по направлению  $F_r$  и вращающейся  $F_s$ . Равнодействующая этих сил совершает периодическое колебательное движение.

Колебательно нагруженные кольца должны иметь плотноподвижное соединение, которое обеспечивается переходными и с небольшими натягами посадками.

#### Обозначение подшипниковой посадки

На сборочных чертежах подшипниковых узлов посадка подшипника проставляется после номинального размера в виде дроби, с условными обозначениями поля допуска кольца подшипника и поля допуска вала или отверстия корпуса, сопрягаемых с подшипником.

Например,  $\varnothing 160 \text{ H7}/\ell 0$  – обозначает посадку наружного кольца подшипника  $\varnothing 160$  класса точности 0 в отверстие корпуса с полем допуска H7;

$\varnothing 90 \text{ L0}/\text{js6}$  - обозначает посадку внутреннего кольца подшипника  $\varnothing 90$  класса точности 0 на вал, обработанный по полю допуска js6.

### 2.3 Шлицевые прямобочные соединения

За номинальные размеры шлицевого прямобочного соединения приняты наружный  $D$  и внутренний  $d$  диаметры, размер  $b$ , равный толщине шлица вала и ширине паза втулки.

#### Способы центрирования

Прямобочные шлицевые соединения центрируются по одному из трех способов по  $D$ ,  $d$  или по  $b$  (рис. 5). Выбор соответствующего способа

центрирования определяется эксплуатационными и технологическими требованиями.

*Центрирование по наружному диаметру  $D$*  применяется в неподвижных и в подвижных соединениях, передающих небольшой крутящий момент. Твердость шлицевой втулки должна быть невысокой и позволять калибровку её протяжкой. Центрирование по  $D$  применяется при высокой точности центрирования и обеспечивает высокую экономичность изготовления деталей соединения.

*Центрирование по внутреннему диаметру  $d$*  применяется в подвижных, тяжело нагруженных шлицевых соединениях. Шлицевая втулка подвергается термической обработке, а шлицевые валы имеют большую длину и после термической обработки могут получить значительные искривления. Поэтому детали окончательно обрабатывают шлифованием. При этом обеспечивается точное центрирование, которое используется в подвижных шлицевых соединениях.

Центрирование по боковым сторонам  $b$  применяется при невысоких требованиях к точности центрирования и передаче больших крутящих моментов, а также при знакопеременных нагрузках.

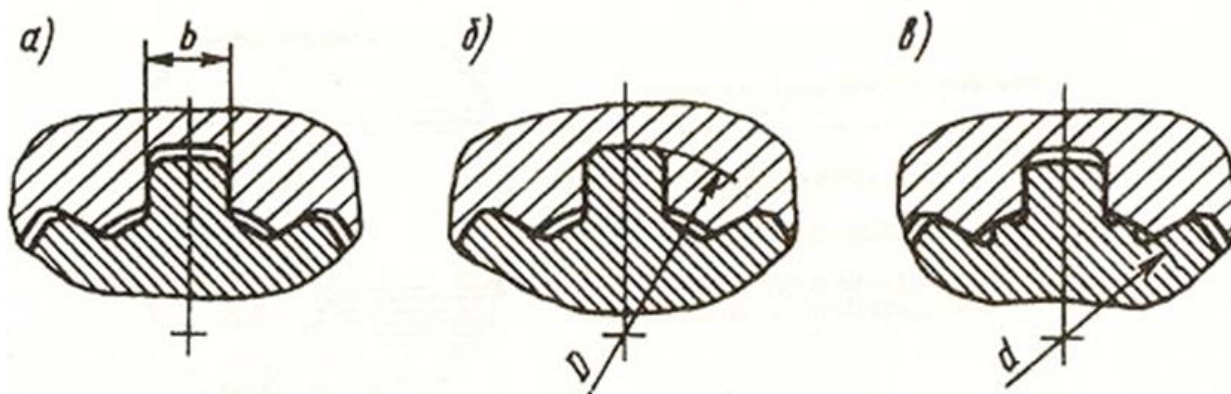


Рисунок 5 – Прямобочные шлицевые соединения при центрировании:

а) по боковым сторонам  $b$ ; б) по наружному диаметру  $D$ ;

в) по внутреннему диаметру  $d$ .



## Обозначение шлицевых прямобочных соединений

На чертежах и в технической документации шлицевое соединение обозначается: буква, указывающая способ центрирования ( $d$ ,  $D$ ,  $b$ ), затем слева направо – число шлицев  $z$ , номинальный размер внутреннего диаметра  $d$ , наружного диаметра  $D$  и ширины шлица  $b$ . Посадка указывается на центрирующий диаметр и на ширину шлица. На нецентрирующий диаметр выбирается посадка, обеспечивающая наибольший зазор и в обозначении может не указываться.

Пример:  $d - 8 \times 42H7/f7 \times 48H12/a11 \times 8D9/h9$ ;

$D - 8 \times 42 \times 48H7/f7 \times 8F8/f8$ ;

$b - 8 \times 42 \times 48H12/a11 \times 8D9/e8$ .

При выборе посадок необходимо учитывать вид центрирования, конструкцию изделия и эксплуатационные требования к соединению.

Большинство шлицевых соединений выполняется с гарантированными зазорами, необходимыми для компенсации отклонений формы и расположения поверхностей и температурных деформаций. Подобные посадки применяются для подвижных соединений со свободным перемещением шлицевой втулки на валу. Для подвижных соединений с повышенными требованиями к центрированию сопрягаемых деталей назначаются посадки с небольшими гарантированными зазорами по центрирующим диаметрам.

Для неподвижных соединений, подвергающихся частой разборке и работающих при умеренных нагрузках, рекомендуется переходная посадка по центрирующим диаметрам.

Для неподвижных шлицевых соединений, работающих при высоких нагрузках и не подвергающихся разборке, применяются посадки с небольшими натягами. В этом случае значительно снижается износ боковых поверхностей и повышается надежность работы соединения.

### 3 Примеры выполнения заданий

#### Пример выполнения задания 1: Расчёт допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.

Таблица \_ – Исходные данные задания

Примеры	Варианты (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Номинальный диаметр сопряжения, мм									
1				30						
2				X						
3				X						
Примеры	Варианты (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Посадка в сопряжении									
1							$\frac{H9}{d9}$			
2							X			
3							X			

1. По данным в таблице \_ (для каждого варианта необходимо выполнить по три примера) рассчитать посадки для цилиндрических соединений.

2. Начертить схему расположения полей допусков деталей, сопрягаемых по данной посадке.

На схеме показать:

- номинальный диаметр сопряжения  $D$  и его значение;
- предельные отклонения и их значения отверстия втулки ( $ES$  и  $EI$ ) и вала ( $es$  и  $ei$ ) сопряжения;
- допуски отверстия втулки ( $TD$ ) и вала ( $Td$ ) сопряжения;
- условное обозначение полей допусков отверстия втулки и вала сопряжения;
- предельные размеры отверстия втулки ( $D_{max}$ ,  $D_{min}$ ) и вала ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ );

- для посадки с зазором – предельные зазоры ( $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$ );
- для посадки с натягом – предельные натяги ( $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$ );
- для переходной посадки – наибольший натяг и зазор ( $N_{\max}$ ,  $S_{\max}$ ).

3. Рассчитать по предельным зазорам и натягам допуски посадок ( $T_S$  – с зазором,  $T_N$  – с натягом,  $T_{S-N}$  – переходные) с проверкой результата по значениям допусков отверстия втулки  $T_D$  и вала  $T_d$ .

4. Выполнить эскизы деталей, показать на них номинальные размеры сопрягаемых поверхностей с предельными отклонениями.

### Расчёт посадки с зазором [13, 16, 17, 18]

$\text{Ø}30 \frac{H9}{d9}$  – Посадка с зазором в системе отверстия.

В сопряжении  $\text{Ø}30 \frac{H9}{d9}$  отверстие  $\text{Ø} 30 H9$ .

Его номинальный диаметр:  $D = 30$  мм.

Условное обозначение поля допуска отверстия  $H9$ .

Допуск отверстия по 9 качеству  $T_D = 52$  мкм = 0,052 мм.

Основное отклонение отверстия (нижнее):  $EI = 0$ .

Верхнее предельное отклонение отверстия  $ES$  найдем из соотношения:

$$T_D = ES - EI \quad ES = T_D + EI = 52 + 0 = + 52 \text{ мкм} = + 0,052 \text{ мм};$$

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\max} = D + ES = 30 + (+ 0,052) = 30,052 \text{ мм.}$$

$$D_{\min} = D + EI = 30 + 0 = 30,000 \text{ мм.}$$

В сопряжении  $\text{Ø}30 \frac{H9}{d9}$  вал  $\text{Ø} 30 d9$ .

Его номинальный диаметр:  $d = 30$  мм.

Условное обозначение поля допуска вала  $d9$ .

Допуск вала  $T_d$  по 9 качеству  $T_d = 52$  мкм = 0,052 мм.

Основное отклонение вала (верхнее):  $es = - 65$  мкм =  $- 0,065$  мм;

Нижнее предельное отклонение вала  $ei$  найдем из соотношения:

$$T_d = es - ei \quad ei = es - T_d = (- 65) - 52 = - 117 \text{ мкм} = - 0,117 \text{ мм.}$$

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d + es = 30 + (-0,065) = 29,935 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 30 + (-0,117) = 29,883 \text{ мм}$$

Для посадки с зазором определим:

$$S_{\max} = ES - ei = (+52) - (-117) = 169 \text{ мкм} = 0,169 \text{ мм или}$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 30,052 - 29,883 = 0,169 \text{ мм.}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-65) = 65 \text{ мкм} = 0,065 \text{ мм или}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 30,000 - 29,935 = 0,065 \text{ мм.}$$

$$\text{Допуск посадки: } T_S = S_{\max} - S_{\min} = 169 - 65 = 104 \text{ мкм} = 0,104 \text{ мм.}$$

$$\text{Проверка: } T_S = T_D + T_d = 0,052 + 0,052 = 0,104 \text{ мм.}$$

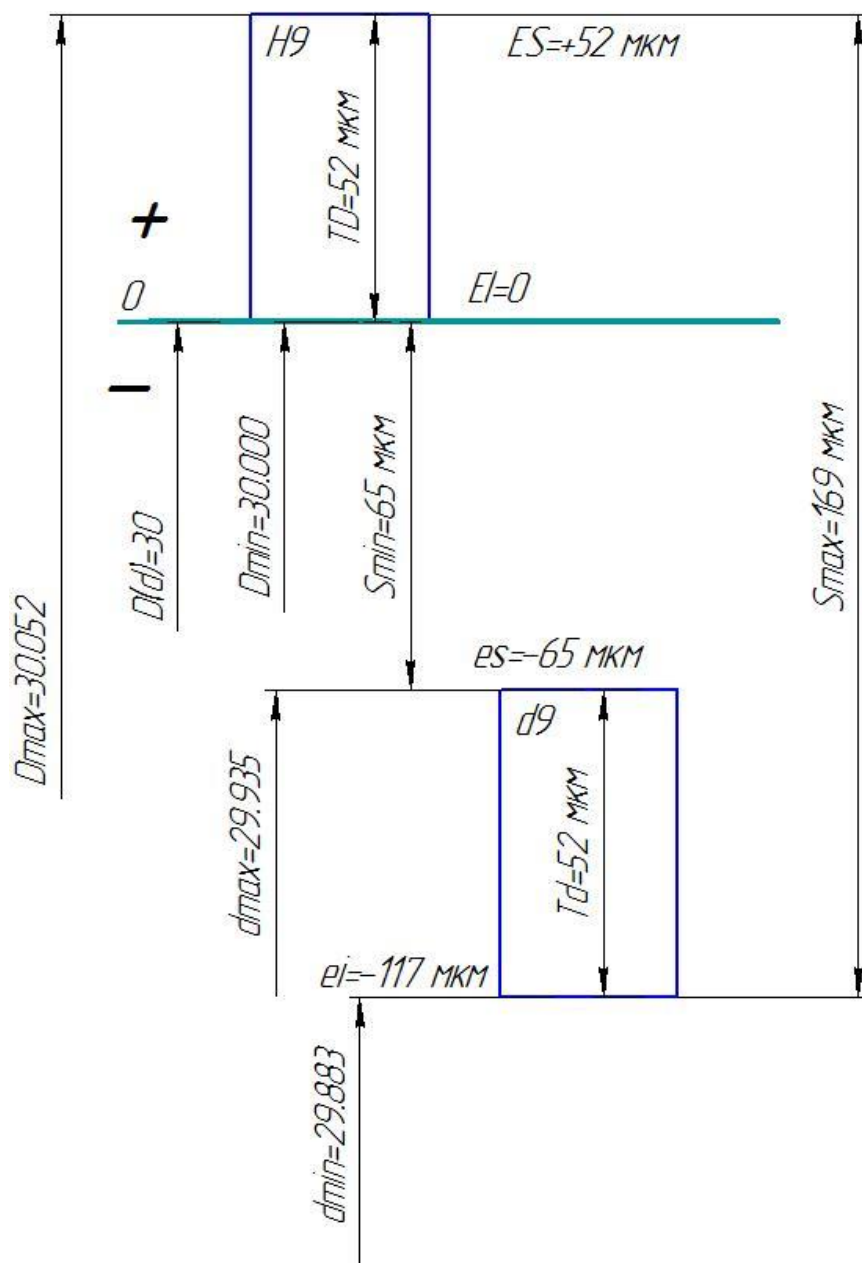


Рисунок \_ – Поля допусков соединения  $\varnothing 30 \frac{H9}{d9}$

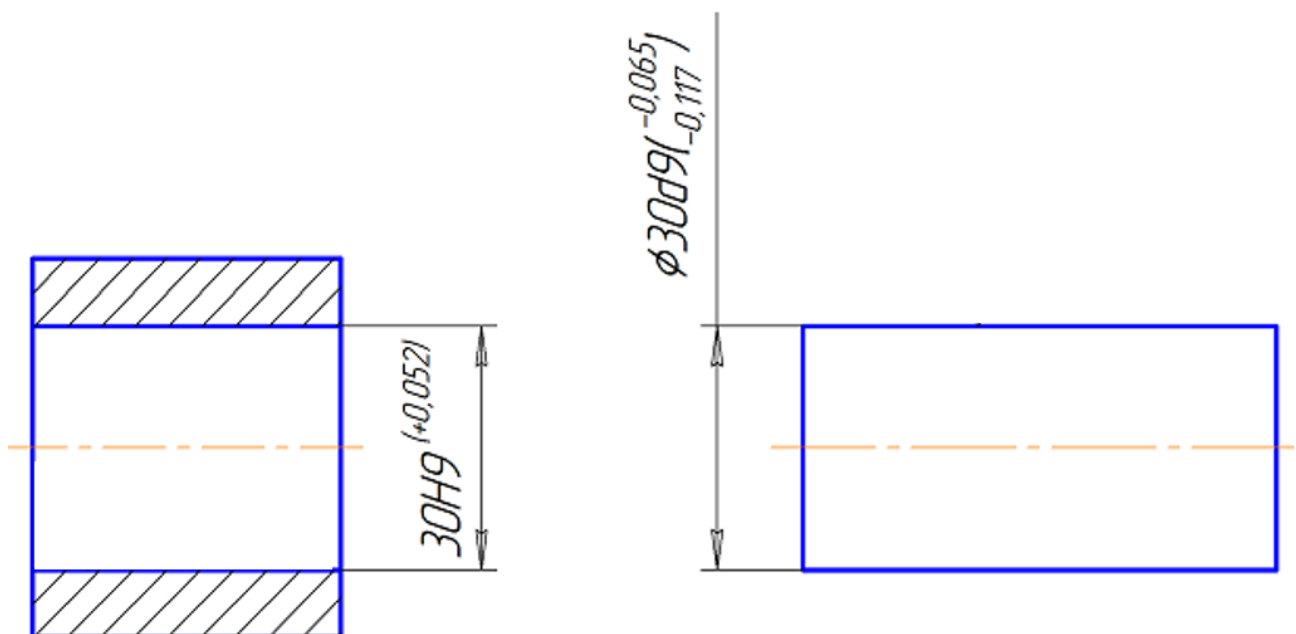


Рисунок \_ – Эскиз втулки и вала соединения  $\varnothing 30 \frac{H9}{d9}$

**Пример выполнения задания 2: расчёт допусков и посадок подшипников качения [4, 8, 10, 16, 17, 18]**

Таблица \_ – Исходные данные задания

Данные задания	Варианты (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Обозначение подшипника				209						
Класс точности подшипника				0						
Вращающаяся деталь механизма				корпус						
Данные задания	Варианты (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Силы, действующие на подшипник							Fr и Fc Fr < Fc			
Расчетная долговечность подшипника, тыс. ч							3			

Радиальный однорядный шарикоподшипник посажен на вал и в корпус. На подшипник действуют силы, указанные по вариантам в таблице \_. В сопряжении вращается деталь – по вариантам таблицы \_. Расчетная долговечность подшипника – по вариантам таблицы \_.

1. Определить:

- вид нагружения колец подшипника;
- режим работы подшипника;
- посадку на вал и в корпус колец подшипника;
- размер  $D$ , допуск  $TD$  и предельные отклонения  $es$ ,  $ei$  наружного кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью или размер  $d$ , допуск

- $T_d$  и предельные отклонения  $ES$ ,  $EI$  внутреннего кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью;
- наибольший и наименьший предельный размеры  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ ) кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью;
  - размер  $D$  ( $d$ ), допуск  $TD$  ( $T_d$ ) и предельные отклонения  $ES$ ,  $EI$  ( $es$ ,  $ei$ ) вращающейся детали;
  - наибольший и наименьший размеры  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  ( $d_{max}$ ,  $d_{min}$ ) вращающейся детали;
  - для посадки с зазором вращающейся детали – предельные зазоры ( $S_{max}$ ,  $S_{min}$ );
  - для посадки с натягом вращающейся детали – предельные натяги ( $N_{max}$ ,  $N_{min}$ );
  - для переходной посадки вращающейся детали – наибольший натяг и зазор ( $N_{max}$ ,  $S_{max}$ ).

2. Начертить схему полей допусков сопряжения «кольцо подшипника – вращающаяся деталь».

3. Выполнить эскиз соединения подшипника качения с валом и корпусом. Обозначить на эскизе посадки на вал и в корпус колец подшипника по варианту задания.

### Расчет допусков и посадок подшипников качения

Шарикоподшипник (ПК) с условным обозначением 209 – радиальный, однорядный, стандартный имеет размеры:  $D = 85$ ,  $d = 45$ .

По исходным данным задания строим схему нагружения колец ПК (рис. \_).

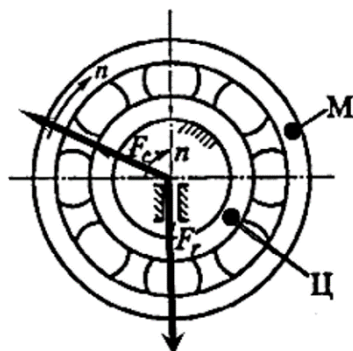


Рисунок \_ – Схема нагружения колец подшипника

По схеме нагружения определяем:

Наружное кольцо – нагружение местное.

Внутреннее кольцо – нагружение циркуляционное.

Режим работы определим по заданной расчётной долговечности в 3000 часов – тяжёлый.

Назначим посадку наружного кольца в корпус.

Класс точности ПК – 0, вид нагружения – местное, режим работы – тяжёлый. Посадка  $\text{Ø}85 \frac{\text{Js}7}{\text{p}0}$ .

Назначим посадку внутреннего кольца на вал.

Класс точности ПК – 0, вид нагружения – циркуляционное, режим работы – тяжёлый. Посадка  $\text{Ø}45 \frac{\text{L}0}{\text{n}6}$ .

Согласно заданию, далее проводим расчёты, касающиеся наружного кольца подшипника, сопрягающегося с вращающейся деталью – корпусом.

В сопряжении  $\text{Ø}85 \frac{\text{Js}7}{\text{p}0}$  отверстие корпуса  $\text{Ø}85 \text{ Js}7$

Его номинальный диаметр:  $D = 85 \text{ мм}$ .

Условное обозначение поля допуска отверстия Js7.

Допуск отверстия по 7 качеству  $\text{TD} = 35 \text{ мкм} \approx 34 \text{ мкм} = 0,034 \text{ мм}$ .

Предельные отклонения нижнее EI и верхнее ES найдем из соотношения:

$$\pm \frac{\text{TD}}{2} = \pm \frac{34}{2} = \pm 17 \text{ мкм} = \pm 0,017 \text{ мм}.$$

Верхнее предельное отклонение отверстия:

$$\text{ES} = +17 \text{ мкм} = +0,017 \text{ мм};$$

Нижнее предельное отклонение отверстия:

$$\text{EI} = -17 \text{ мкм} = -0,017 \text{ мм};$$

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\text{max}} = D + \text{ES} = 85 + (+0,017) = 85,017 \text{ мм}$$



$$D_{\min} = D + EI = 85 + (-0,017) = 84,983 \text{ мм}$$

В сопряжении  $\text{Ø}85 \frac{Js7}{\ell 0}$  вал  $\text{Ø}85 \ell 0$  (наружный диаметр  $D$  наружного кольца ПК).

Его номинальный размер  $D_{\text{ПК}}$  (наружный диаметр  $D$  наружного кольца ПК) = 85 мм.

Условное обозначение поля допуска:  $\ell 0$ .

Верхнее отклонение вала (наружного диаметра  $D$  наружного кольца ПК):  
 $es = 0$

Нижнее отклонение для ПК класса точности 0 с наружным диаметром  $D_{\text{ПК}} = 85$  мм:  $ei = -15 \text{ мкм} = -0,015 \text{ мм}$ .

Допуск вала (наружного диаметра  $D$  наружного кольца ПК)  $TD_{\text{ПК}} = es - ei = 0 - (-15) = 15 \text{ мкм} = 0,015 \text{ мм}$ .

Предельные размеры вала (наружного диаметра  $D$  наружного кольца ПК):

$$D_{\text{ПК max}} = D_{\text{ПК}} + es = 85 + 0 = 85 \text{ мм}$$

$$D_{\text{ПК min}} = D_{\text{ПК}} + ei = 85 + (-0,015) = 84,985 \text{ мм}$$

Допуск переходной посадки:  $T_{S-N} = N_{\text{max}} + S_{\text{max}}$

$$N_{\text{max}} = es - EI = 0 - (-17) = 17 \text{ мкм} = 0,017 \text{ мм}$$

$$S_{\text{max}} = ES - ei = (+17) - (-15) = 32 \text{ мкм} = 0,032 \text{ мм}$$

$$T_{S-N} = 0,017 + 0,032 = 0,049 \text{ мм}$$

$$\text{Проверка: } T_{S-N} = TD + TD_{\text{ПК}} = 0,034 + 0,015 = 0,049 \text{ мм}$$

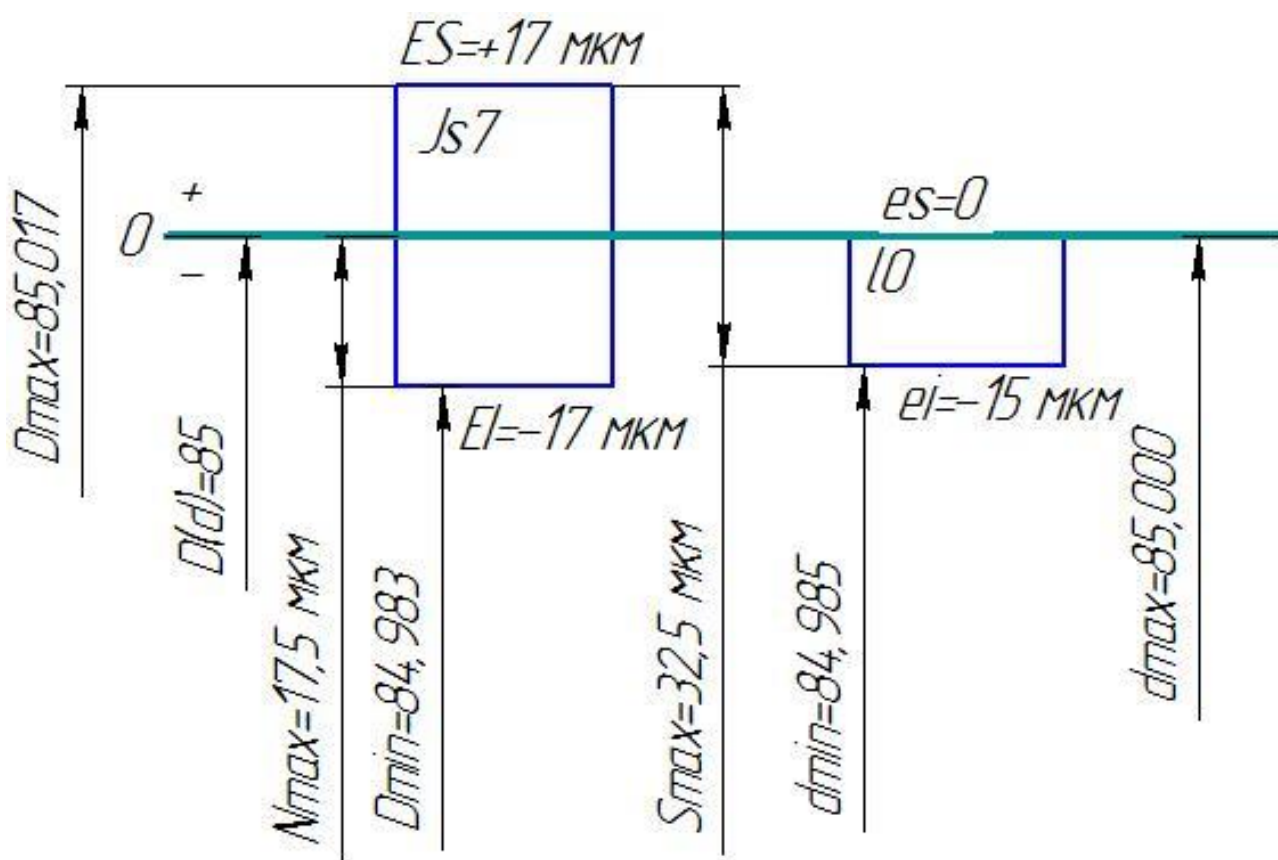


Рисунок \_ – Поля допусков соединения  $\varnothing 85 \frac{Js7}{l0}$

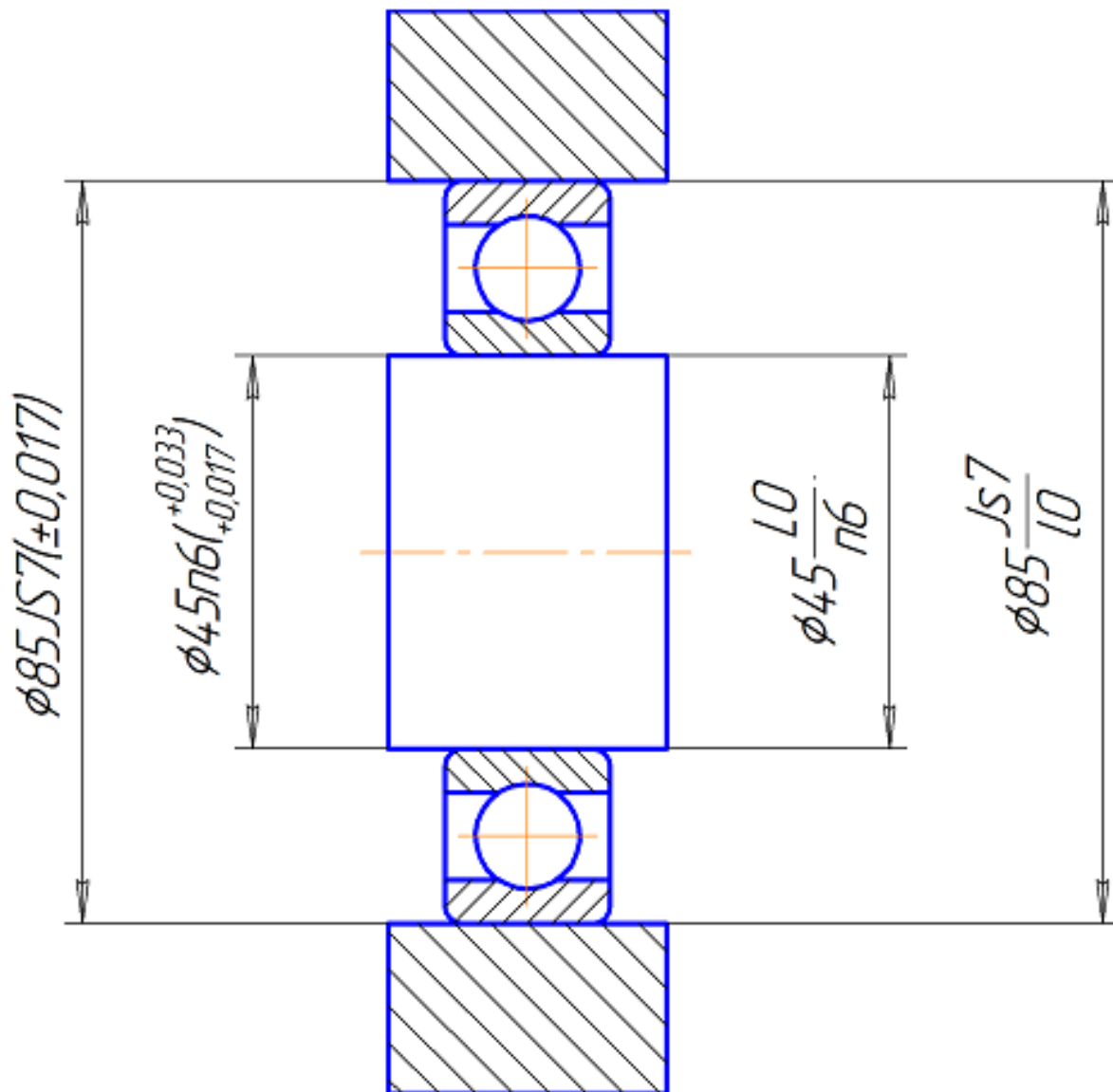


Рисунок \_ – Эскиз соединения подшипника качения с валом и корпусом

### Пример выполнения задания 3: посадки шлицевых прямобочных соединений [6, 16, 17, 18]

1. По данным таблицы \_ составить условное обозначение шлицевого соединения.
2. Дать характеристику шлицевому соединению.
3. Выполнить эскиз шлицевой втулки и вала с их обозначением.
4. Объяснить, когда целесообразно применять центрирование по наружному диаметру  $D$ , по внутреннему диаметру  $d$ , по ширине шлица  $b$ .

Таблица \_ – Исходные данные задания

Данные по шлицевому соединению	Вариант (предпоследняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$b, \text{ мм}$				12						
$z \times d \times D$				$10 \times 82 \times 88$						
Данные по шлицевому соединению	Вариант (последняя цифра номера зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Центрирование							$D$			
Посадки на основные размеры соединения							$\frac{H7}{js6}$ $\frac{D9}{h9}$			

## Условное обозначение и характеристика шлицевого прямобочного соединения

Согласно ГОСТ 1139-80 и исходным данным задания составим условное обозначение шлицевого прямобочного соединения:

$$D - 10 \times 82 \times 88 \frac{H7}{Js6} \times 12 \frac{D9}{h9},$$

где  $D$  – центрирующий элемент;

10 – количество шлицев  $z$ , шт;

82 – внутренний диаметр  $d$ , мм;

$88 \frac{H7}{Js6}$  – наружный диаметр  $D$ , мм и посадка по  $D$ ;

$12 \frac{D9}{h9}$  – ширина шлицев  $b$ , мм и посадка по  $b$ .

Центрирование по наружному диаметру  $D$ , количество шлицев – 10, поля допусков по  $D - \varnothing 88 \frac{H7}{Js6}$  и по  $b - 12 \frac{D9}{h9}$  соответствуют неподвижному прямобочному шлицевому соединению легкой серии.

### Условия применения различных способов центрирования

...

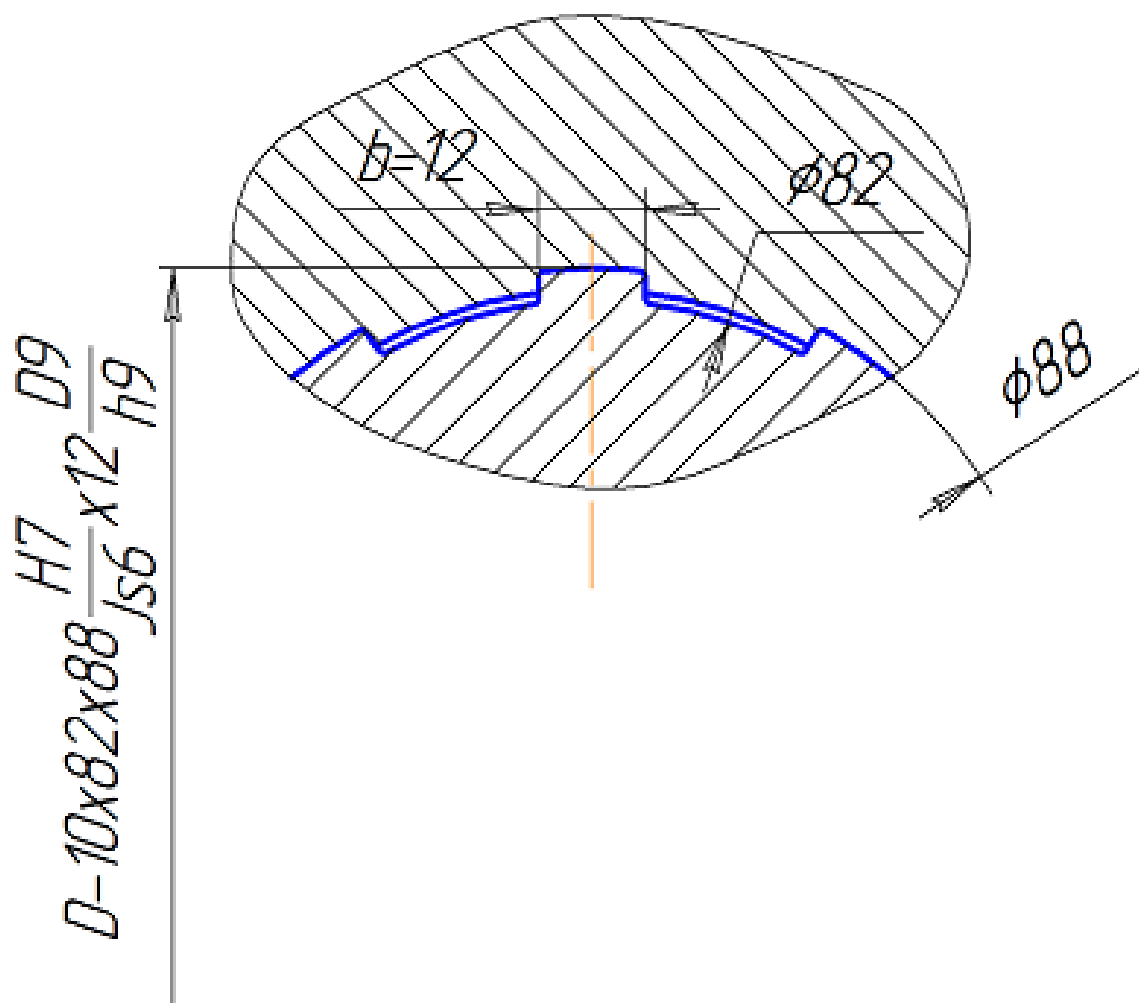


Рисунок \_ – Эскиз шлицевого соединения  $D - 10 \times 82 \times 88 \frac{H7}{Js6} \times 12 \frac{D9}{h9}$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 7.32-2001 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 30.06.2002. – Москва : Изд-во стандартов, 2008. – 32 с.: ил.
2. ГОСТ 520-2011. Подшипники качения. Общие технические условия. – Введ. 01.07.2012. – Москва : Изд-во стандартов, 2012. – 66 с.: ил.
3. ГОСТ 1139-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. – Введ. 01.01.82. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 10 с.: ил.
4. ГОСТ 3325-85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. – Введ. 01.01.87. – Москва : Изд-во стандартов, 1994. – 103 с.: ил.
5. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры. – Введ. 01.01.76. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.: ил.
6. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – Введ. 01.01.90. – Москва : Изд-во стандартов, 2004. – 128 с.
7. МИ 4.2-5/47-01-2013 Методическая инструкция. Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации. – Чита: ФГБОУ ВПО «ЗабГУ», 2013. – 40 с.: ил.
8. Анухин, В.И. Допуски и посадки: учеб. пособие/ В.И. Анухин. – 5-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2012. – 256 с.: ил.
9. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 2. Стандартизация : учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 481 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
10. Сергеев, А.Г. Метрология : учебник и практикум для СПО / А. Г. Сергеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 322 с. – (Серия : профессиональное образование).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Форма бланка для контрольной работы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет технологии, транспорта и связи  
Кафедра технологии металлов и конструирования

### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1**

по дисциплине: «Метрология, стандартизация и сертификация»

Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил ст. гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Чита 20\_\_



ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(справочное)

Гладкие цилиндрические соединения

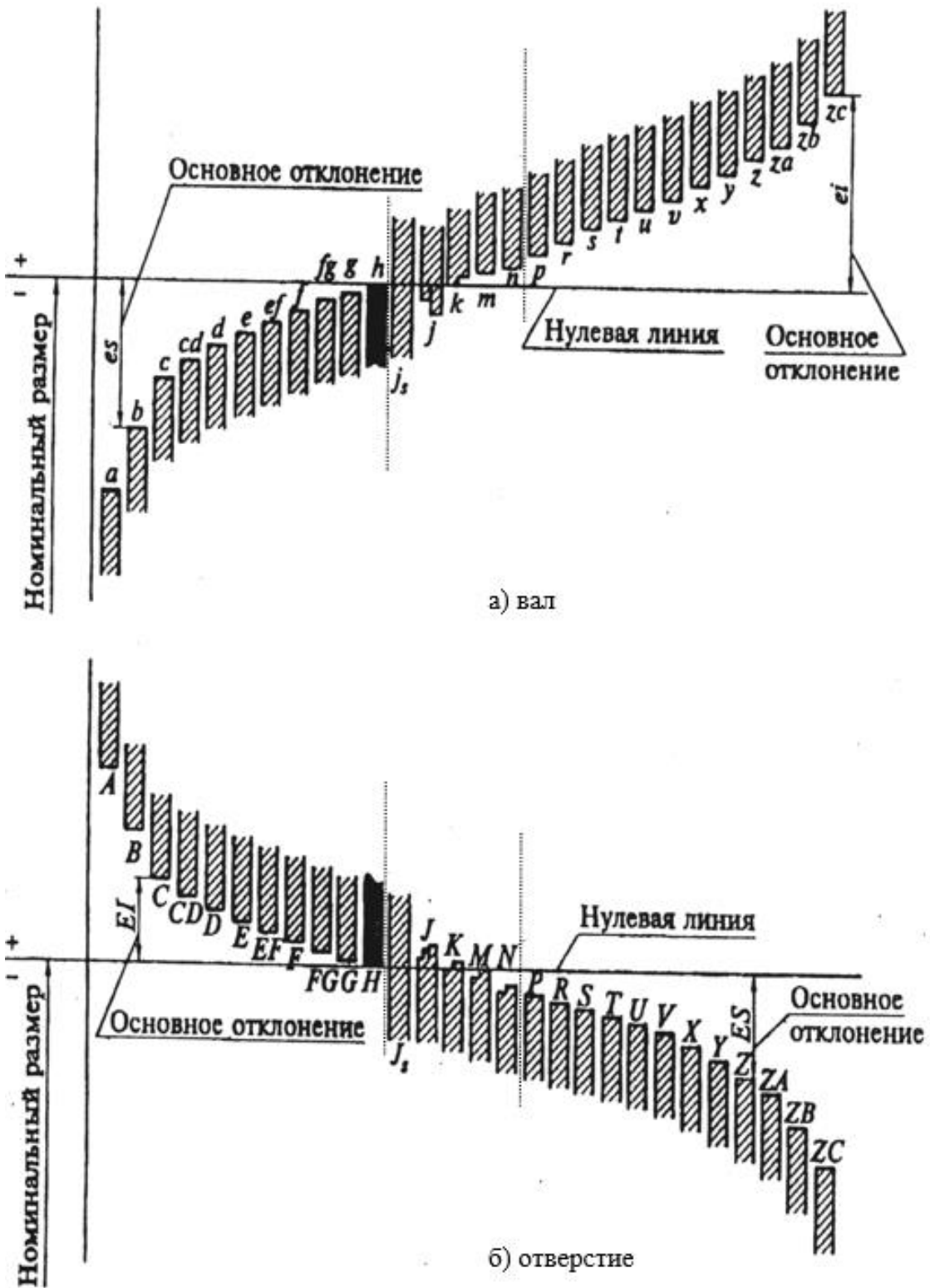


Рисунок Б.1 – Основные отклонения валов и отверстий (ГОСТ 25346-89)

Таблица Б.2 – Значения основных отклонений валов, мкм (ГОСТ 25346-89)

Значения основных отклонений валов, мкм  
(верхние отклонения со знаком «—»)

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения							
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
До 3	270	140	60	20	14	6	2	0
Св. 3 до 6	270	140	70	30	20	10	4	0
Св. 6 до 10	280	150	80	40	25	13	5	0
Св. 10 до 18	290	150	95	50	32	16	6	0
Св. 18 до 30	300	160	110	65	40	20	7	0
Св. 30 до 40	310	170	120	80	50	25	9	0
Св. 40 до 50	320	180	130					
Св. 50 до 65	340	190	140	100	60	30	10	0
Св. 65 до 80	360	200	150					
Св. 80 до 100	380	220	170	120	72	36	12	0
Св. 100 до 120	410	240	180					
Св. 120 до 140	460	260	200	145	85	43	14	0
Св. 140 до 160	520	280	210					
Св. 160 до 180	580	310	230					
Св. 180 до 200	660	340	240	170	100	50	15	0
Св. 200 до 225	740	380	260					
Св. 225 до 250	820	420	280					
Св. 250 до 280	920	480	300	190	110	56	17	0
Св. 280 до 315	1050	540	330					
Св. 315 до 355	1200	600	360	210	125	62	18	0
Св. 355 до 400	1350	680	400					
Св. 400 до 450	1500	760	440	230	135	68	20	0
Св. 450 до 500	1650	840	480					

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица Б.3 – Значения основных отклонений валов, мкм (ГОСТ 25346-89)

Значения основных отклонений валов, мкм  
(нижние отклонения со знаком «+»)

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения								
	$j_s$	$k$	$m$	$n$	$p$	$r$	$s$	$t$	$u$
До 3	Предельные отклонения = $\pm 1/2$ допуска	0	2	4	6	10	14	—	18
Св. 3 до 6		1	4	8	12	15	19	—	23
Св. 6 до 10		1	6	10	15	19	23	—	28
Св. 10 до 18		1	7	12	18	23	28	—	33
Св. 18 до 24		2	8	15	22	28	35	—	41
Св. 24 до 30								41	48
Св. 30 до 40		2	9	17	26	34	43	48	60
Св. 40 до 50								54	70
Св. 50 до 65		2	11	20	32	41	53	66	87
Св. 65 до 80						43	59	75	102
Св. 80 до 100		3	13	23	37	51	71	91	124
Св. 100 до 120						54	79	104	144
Св. 120 до 140		3	15	27	43	63	92	122	170
Св. 140 до 160						65	100	134	190
Св. 160 до 180						68	108	146	210
Св. 180 до 200		4	17	31	50	77	122	166	236
Св. 200 до 225						80	130	180	258
Св. 225 до 250						84	140	196	284
Св. 250 до 280		4	20	34	56	94	158	218	315
Св. 280 до 315						98	170	240	350
Св. 315 до 355		4	21	37	62	108	190	268	390
Св. 355 до 400						114	208	294	435
Св. 400 до 450		5	23	40	68	126	232	330	490
Св. 450 до 500						132	252	360	540

Примечания:

1. Таблица приведена в сокращении.
2. Для полей допусков от  $js7$  до  $js11$  числовые значения допусков IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа.
3. Числовые значения для основного отклонения  $k$  приведены для квалитетов от 4 до 7. Числовые значения других квалитетов смотри ГОСТ 25346-89.

Таблица Б.4 – Значения основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89)

Значения основных отклонений отверстий, мкм  
(нижние отклонения со знаком «+»)

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения							
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
До 3	270	140	60	20	14	6	2	0
Св. 3 до 6	270	140	70	30	20	10	4	0
Св. 6 до 10	280	150	80	40	25	13	5	0
Св. 10 до 18	290	150	95	50	32	16	6	0
Св. 18 до 30	300	160	110	65	40	20	7	0
Св. 30 до 40	310	170	120	80	50	25	9	0
Св. 40 до 50	320	180	130					
Св. 50 до 65	340	190	140	100	60	30	10	0
Св. 65 до 80	360	200	150					
Св. 80 до 100	380	220	170	120	72	36	12	0
Св. 100 до 120	410	240	180					
Св. 120 до 140	460	260	200	145	85	43	14	0
Св. 140 до 160	520	280	210					
Св. 160 до 180	580	310	230					
Св. 180 до 200	660	340	240	170	100	50	15	0
Св. 200 до 225	740	380	260					
Св. 225 до 250	820	420	280					
Св. 250 до 280	920	480	300	190	110	56	17	0
Св. 280 до 315	1050	540	330					
Св. 315 до 355	1200	600	360	210	125	62	18	0
Св. 355 до 400	1350	680	400					
Св. 400 до 450	1500	760	440	230	135	68	20	0
Св. 450 до 500	1650	840	480					

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица Б.5 – Значения основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89)

Значения основных отклонений отверстий, мкм  
(верхние отклонения)

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения										
	<i>J<sub>s</sub></i>	<i>K6</i>	<i>K7</i>	<i>K8</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>N6</i>	<i>N7</i>	<i>N8</i>	<i>N9</i>
До 3	Предельные отклонения = ±1/2 допуска	0	0	0	-2	-2	—	-4	-4	-4	-4
Св. 3 до 6		+2	+3	+5	-1	0	+2	-5	-4	-2	0
Св. 6 до 10		+2	+5	+6	-3	0	+1	-7	-4	-3	0
Св. 10 до 18		+2	+6	+8	-4	0	+2	-9	-5	-3	0
Св. 18 до 24		+2	+6	+10	-4	0	+4	-11	-7	-3	0
Св. 24 до 30											
Св. 30 до 40		+3	+7	+12	-4	0	+5	-12	-8	-3	0
Св. 40 до 50											
Св. 50 до 65		+4	+9	+14	-5	0	+5	-14	-9	-4	0
Св. 65 до 80											
Св. 80 до 100		+4	+10	+16	-6	0	+6	-16	-10	-4	0
Св. 100 до 120											
Св. 120 до 140		+4	+12	+20	-8	0	+8	-20	-12	-4	0
Св. 140 до 160											
Св. 160 до 180		+5	+13	+22	-8	0	+9	-22	-14	-5	0
Св. 180 до 200											
Св. 200 до 225		+5	+16	+25	-9	0	+9	-25	-14	-5	0
Св. 225 до 250											
Св. 250 до 280		+7	+17	+28	-10	0	+11	-26	-16	-5	0
Св. 280 до 315											
Св. 315 до 355	+8	+18	+29	-10	0	+11	-27	-17	-6	0	
Св. 355 до 400											
Св. 400 до 450											
Св. 450 до 500											

Примечания:

1. Таблица приведена в сокращении.

2. Для полей допусков от *J<sub>s</sub>7* до *J<sub>s</sub>11* числовые значения допусков IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа.

Таблица Б.6 – Значения основных отклонений отверстий, мкм (ГОСТ 25346-89)

Значения основных отклонений отверстий, мкм  
(верхние отклонения со знаком «-»)

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения										
	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>R6</i>	<i>R7</i>	<i>R8</i>	<i>S6</i>	<i>S7</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>
До 3	6	6	6	6	10	10	10	14	14	—	—
Св. 3 до 6	9	8	12	12	12	11	15	16	15	—	—
Св. 6 до 10	12	9	15	15	16	13	19	20	17	—	—
Св. 10 до 18	15	11	18	18	20	16	23	25	21	—	—
Св. 18 до 24	18	14	22	22	24	20	28	31	27	—	—
Св. 24 до 30										33	33
Св. 30 до 40	21	17	26	26	29	25	34	38	34	43	39
Св. 40 до 50										49	45
Св. 50 до 65	26	21	32	32	35	30	41	47	42	60	55
Св. 65 до 80					37	32	43	53	48	69	64
Св. 80 до 100	30	24	37	37	44	38	51	64	58	84	78
Св. 100 до 120					47	41	54	72	66	97	91
Св. 120 до 140	36	28	43	43	56	48	63	85	77	115	107
Св. 140 до 160					58	50	65	93	85	127	119
Св. 160 до 180					61	53	68	101	93	139	131
Св. 180 до 200	41	33	50	50	68	60	77	113	105	157	149
Св. 200 до 225					71	63	80	121	113	171	163
Св. 225 до 250					75	67	84	131	123	187	179
Св. 250 до 280	47	36	56	56	85	74	94	149	138	209	198
Св. 280 до 315					89	78	98	161	150	231	220
Св. 315 до 355	51	41	62	62	97	87	108	179	169	257	247
Св. 355 до 400					103	93	114	197	187	283	273
Св. 400 до 450	55	45	68	68	113	103	126	219	209	317	307
Св. 450 до 500					119	109	132	239	229	347	337

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица Б.7 – Числовые значения допусков IT, мкм

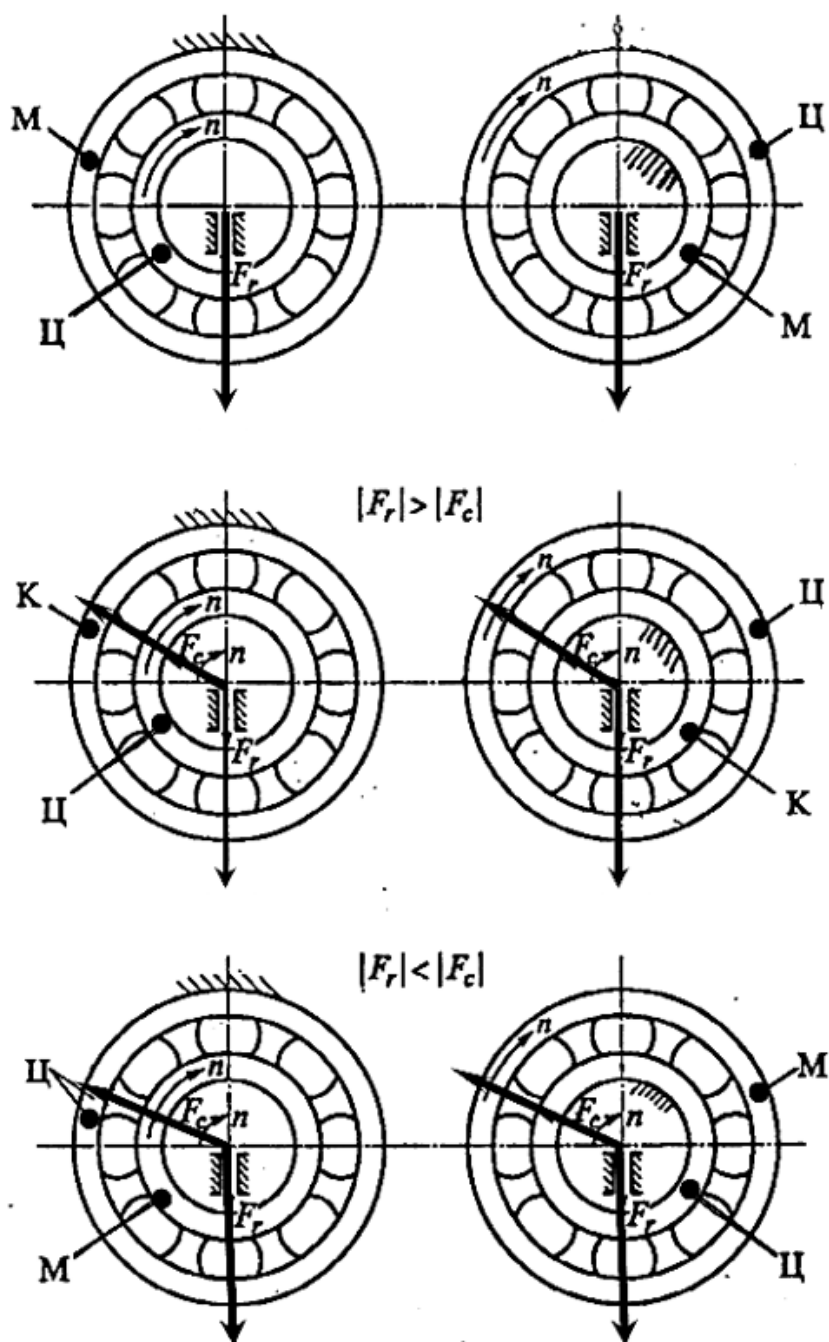
Интервалы номинальных размеров, мм		Квалитеты																			
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Sw.1	До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
« 3	« 6	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
« 6	« 10	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
« 10	« 18	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
« 18	« 30	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
« 30	« 50	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
« 50	« 80	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
« 80	« 120	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
« 120	« 180	1,2	2,0	2,5	5,0	8,0	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
« 180	« 250	2,0	3,0	4,5	7,0	10,0	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
« 250	« 315	2,5	4,0	6,0	8,0	12,0	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
« 315	« 400	3,0	5,0	7,0	9,0	13,0	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
« 400	« 500	4,0	6,0	8,0	10	15,0	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

### Соединения с подшипниками качения

Рисунок В.1 – Виды нагружения колец подшипника (ГОСТ 3325-85)



$F_r$  – радиальная нагрузка постоянного направления,  
 $F_c$  – вращающаяся радиальная нагрузка,  
М – местное нагружение,  
Ц – циркуляционное нагружение,  
К – колебательное нагружение.



Таблица В.2 - Посадки подшипников качения (ГОСТ 3325-85)

Нагружение кольца	Режим работы подшипника	Посадка подшипников класса точности									
		0		6		5					
		Внутреннее кольцо	Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Наружное кольцо				
Местное	Легкий	$L0$ $\overline{f6}$	$G7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{f6}$	$G7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{f5}$	$G6$ $\overline{15}$				
	Нормальный	$L0$ $\overline{g6}$	$H7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{g6}$	$H7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{g6}$	$H6$ $\overline{15}$				
	Тяжелый	$L0$ $\overline{h6}$	$Js7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{h6}$	$Js7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{h5}$	$Js6$ $\overline{15}$				
Колебательное	Легкий	$L0$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{js5}$	$Js6$ $\overline{15}$				
	Нормальный	$L0$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{js5}$	$Js6$ $\overline{15}$				
	Тяжелый	$L0$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{js6}$	$Js7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{js5}$	$Js6$ $\overline{15}$				
Циркуляционное	Легкий	$L0$ $\overline{k6}$	$K7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{k6}$	$K7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{k5}$	$K6$ $\overline{15}$				
	Нормальный	$L0$ $\overline{m6}$	$M7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{m6}$	$M7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{m5}$	$M6$ $\overline{15}$				
	Тяжелый	$L0$ $\overline{n6}$	$N7$ $\overline{10}$	$L6$ $\overline{n6}$	$N7$ $\overline{16}$	$L5$ $\overline{n5}$	$N6$ $\overline{15}$				

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица В.3 - Отклонение среднего наружного диаметра шарикового радиального подшипника  $\Delta D_m$ , мкм (ГОСТ 520-2002)

Интервалы номинальных размеров D, мм	Класс точности							
	0		6		5		4	
	в	н	в	н	в	н	в	н
От 2,5 до 3	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
Св. 3 до 6	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 6 » 10	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 10 » 18	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 18 » 30	0	- 9	0	- 8	0	- 6	0	- 5
» 30 » 50	0	- 11	0	- 9	0	- 7	0	- 6
» 50 » 80	0	- 13	0	- 11	0	- 9	0	- 7
» 80 » 120	0	- 15	0	- 13	0	- 10	0	- 8
» 120 » 150	0	- 18	0	- 15	0	- 11	0	- 9
» 150 » 180	0	- 25	0	- 18	0	- 13	0	- 10
» 180 » 250	0	- 30	0	- 20	0	- 15	0	- 11
» 250 » 315	0	- 35	0	- 25	0	- 18	0	- 13
» 315 » 400	0	- 40	0	- 28	0	- 20	0	- 15
» 400 » 500	0	- 45	0	- 33	0	- 23	-	-

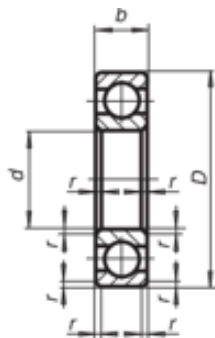
Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица В.4 - Отклонение среднего диаметра отверстия шарикового радиального подшипника  $\Delta d_m$ , мкм (ГОСТ 520-2002)

Интервалы номинальных диаметров $d$ , мм	Класс точности							
	0		6		5		4	
	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
От 0,6 до 3	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
Св. 3 до 6	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 6 » 10	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 10 » 18	0	- 8	0	- 7	0	- 5	0	- 4
» 18 » 30	0	- 10	0	- 8	0	- 6	0	- 5
» 30 » 50	0	- 12	0	- 10	0	- 8	0	- 6
» 50 » 80	0	- 15	0	- 12	0	- 9	0	- 7
» 80 » 120	0	- 20	0	- 15	0	- 10	0	- 8
» 120 » 180	0	- 25	0	- 18	0	- 13	0	- 10
» 180 » 250	0	- 30	0	- 22	0	- 15	0	- 12
» 250 » 315	0	- 35	0	- 25	0	- 18	-	-
» 315 » 400	0	- 40	0	- 30	0	- 23	-	-
» 400 » 500	0	- 45	0	- 35	-	-	-	-

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

Таблица В.5 – Подшипники шариковые радиальные однорядные ГОСТ 8338-



Условное обозначение подшипника	$d$	$D$	$b$	$r$	Условное обозначение подшипника	$d$	$D$	$b$	$r$
Легкая серия диаметров 2, серия ширин 0, мм									
26	6	19	6	0,5	210	50	90	20	2,0
27	7	22	7	0,5	211	55	100	21	2,5
28	8	24	7	0,5	212	60	110	22	2,5
29	9	26	8	1,0	213	65	120	23	2,5
200	10	30	9	1,0	214	70	125	24	2,5
201	12	32	10	1,0	215	75	130	25	2,5
202	15	35	11	1,0	216	80	140	26	3,0
203	17	40	12	1,0	217	85	150	28	3,0
204	20	47	14	1,5	218	90	160	30	3,0
205	25	52	15	1,5	219	95	170	32	3,5
206	30	62	16	1,5	220	100	180	34	3,5
207	35	72	17	2,0	221	105	190	36	3,5
208	40	80	18	2,0	222	110	200	38	3,5
209	45	85	19	2,0	224	120	215	40	3,5
Средняя серия диаметров 3, серия ширин 0, мм									
300	10	35	11	1,0	312	60	130	31	3,5
301	12	37	12	1,5	313	65	140	33	3,5
302	15	42	13	1,5	314	70	150	35	3,5
303	17	47	14	1,5	315	75	160	37	3,5
304	20	52	15	2,0	316	80	170	39	3,5
305	25	62	17	2,0	317	85	180	41	4,0
306	30	72	19	2,0	318	90	190	43	4,0
307	35	80	21	2,5	319	95	200	45	4,0
308	40	90	23	2,5	320	100	215	47	4,0
309	45	100	25	2,5	321	105	225	49	4,0
310	50	110	27	3,0	322	110	240	50	4,0
311	55	120	29	3,0	324	120	260	55	4,0
Примечание: Таблица приведена в сокращении									

ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
(справочное)

Шлицевые прямобочные соединения

Таблица Г.1 – Размеры шлицевых прямобочных соединений, мм  
(ГОСТ 1139-80)

Размеры zхdхD	b	Размеры zхdхD	b	Размеры zхdхD	b
Легкая серия		Средняя серия		Тяжелая серия	
6х23х26	6	6х11х14	3,0	10х16х20	2,5
6х26х30	6	6х13х16	3,5	10х18х23	3,0
6х28х32	7	6х16х20	4,0	10х21х26	3,0
8х32х36	6	6х18х22	5,0	10х23х29	4,0
8х36х40	7	6х21х25	5,0	10х26х32	4,0
8х42х46	8	6х23х28	6,0	10х28х35	4,0
8х46х50	9	6х26х32	6,0	10х32х40	5,0
8х52х58	10	6х28х34	7,0	10х36х45	5,0
8х56х62	10	8х32х38	6,0	10х42х52	6,0
8х62х68	12	8х36х42	7,0	10х46х56	7,0
10х72х78	12	8х42х48	8,0	16х52х60	5,0
10х82х88	12	8х46х54	9,0	16х56х65	5,0
10х92х98	14	8х52х60	10,0	16х62х72	6,0
10х102х108	16	8х56х65	10,0	16х72х82	7,0
10х112х120	18	8х62х72	12,0	20х82х92	6,0
		10х72х82	12,0	20х92х102	7,0
		10х82х92	12,0	20х102х115	8,0
		10х92х102	14,0	20х112х125	9,0
		10х102х112	16,0		
		10х112х120	18,0		
Примечание: Таблица приведена в сокращении.					

Таблица Г.2 – Поля допусков и рекомендуемые посадки шлицевых  
прямобочных соединений (ГОСТ 1139-80)

Размер	Поле допуска		Рекомендуемые посадки для соединений	
	втулки	вала	подвижных	неподвижных
Центрирование по наружному диаметру D				
D	H8 H7	e8 f7 g6 h7 h6 js6 n6	<b>H7/f7</b> H8/e8 H7/g6 H7/h7	<b>H7/js6</b> H7/n6
b	D9	d9 e8 f7 h8 js7	<b>F8/f8 F8/f7</b> D9/e8 D9/f7 D9/h9 F8/e8 F8/h8	<b>F8/js7</b> D9/h9 D9/js7 F8/h8
	F10	e9 f7 h9		
	F8	e8 f8 f7 h8 h6 js7		
	Js10	d10		
d	H11	не менее d <sub>1</sub>	-	
Центрирование по внутреннему диаметру d				
d	H8 H7 H6	e8 f7 g6 g5 h7 h6 js7 js6 js5 n6	<b>H7/f7 H7/g6</b> H8/e8 H7/h7	H7/js7 H7/js6 H7/n6
b	D10	d9	<b>D9/h9</b> D9/e8 D9/f8 F10/e8 F10/f8 F10/h9 F8/f8 F8/f7 F8/h7	<b>D9/k7 F10/js7</b> F10/h7 F10/k7 F8/h7 F8/js7 H8/js7
	D9	d9 e8 f9 f8 f7 h9 h8 js7 k7		
	F10	d9 e8 f8 f7 h9 h8 h7 js7 k7		
	F8	d8 f8 f7 h9 h8 h7 js7		
	H8	h8 h7 js7		
	Js10	d10		
D	H12	a11	H12/a11	
Центрирование по боковым сторонам зубьев b				
b	D9 F10 F8	d9 e9 e8 f8 h9 js7 k7	<b>D9/e8 D9/f8 F10/f8</b> <b>F10/d9</b> D9/h9 F10/e8 F10/h9 F8/f8 F8/t8	<b>F8/js7</b> D9/js7 D9/k7 F10/k7
D	H12	a11	H12/a11	
d	H11	не менее d <sub>1</sub>	-	
Примечания: 1. Таблица приведена в сокращении. 2. Жирным шрифтом обозначены предпочтительные посадки.				

## Форма промежуточного контроля

### Зачет (6 семестр)

Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету

1. Виды отношений свойств физических объектов, типы шкал физических величин.
2. Международная система единиц SI. Размер, значение, обозначение, размерность физической величины.
3. Методы измерений.
4. Средства измерений (СИ) и их классификация.
5. Погрешность измерения. Систематическая и случайная погрешности.
6. Классы точности средств измерений. Расчет погрешности измерения по классу точности.
7. Измерения однократные и многократные. Оценка результатов различных видов измерений.
8. Правовая основа метрологического обеспечения.
9. Организационные основы обеспечения единства измерений.
10. Поверка и калибровка средств измерений. Метрологические службы предприятий.
11. Техническая основа обеспечения единства измерений.
12. Стандартизация. Цели и принципы стандартизации. Органы и службы стандартизации.
13. Технический регламент. Документы в области стандартизации.
14. Работы, выполняемые при стандартизации.
15. Методы стандартизации. Научно-технические принципы стандартизации, параметрическая стандартизация, ряды предпочтительных чисел.
16. Подтверждение соответствия. Цели и принципы подтверждения соответствия.
17. Формы подтверждения соответствия.
18. Обязательное подтверждение соответствия: документы, требованиям которых должна соответствовать продукция; участники процедуры подтверждения соответствия; документы и знаки, подтверждающие соответствие.
19. Добровольное подтверждение соответствия: документы, требованиям которых должна соответствовать продукция; участники процедуры подтверждения соответствия; документы и знаки, подтверждающие соответствие.
20. Системы и схемы подтверждения соответствия.

- 21.Порядок проведения обязательной сертификации продукции.
- 22.Сертификация средств измерений.
- 23.Аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий: цели, принципы. Структура российской системы аккредитации.
- 24.Международные и региональные организации в области метрологии, стандартизации и сертификации.
- 25.Допуски и посадки гладких соединений. Понятие «вал» и «отверстие». Первый, второй, третий, четвертый принципы построения полей допусков и посадок в ЕСДП.
- 26.Типы посадок и их характеристики. Системы допусков и посадок. Пятый, шестой, седьмой принципы построения полей допусков и посадок в ЕСДП.
- 27.Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками. Обозначение предельных отклонений на чертежах.
- 28.Отклонения формы и расположения поверхностей. Их обозначение. Выбор числовых значений допусков формы и расположения.
- 29.Зависимые и независимые допуски формы и расположения поверхностей. Их обозначение и расчет.
- 30.Параметры шероховатости поверхности. Их обозначение. Выбор числовых значений.
- 31.Подшипники качения. Выбор класса точности подшипников качения. Интенсивность нагружения (режим работы) подшипниковых узлов.
- 32.Виды нагружения колец подшипника. Выбор посадок подшипников качения.
- 33.Классификация зубчатых передач по эксплуатационному назначению. Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным зацеплением.
- 34.Выбор степени точности зубчатого колеса. Обозначение точности зубчатых колес и передач.
- 35.Классификация резьб. Основные параметры метрической резьбы. Посадки с зазором. Обозначение резьбовых соединений на чертежах (метрическая резьба).
- 36.Резьба метрическая. Посадки с натягом и переходные. Обозначение резьбовых соединений на чертежах (метрическая резьба).
- 37.Допуски и посадки шлицевых соединений.
- 38.Допуски и посадки шпоночных соединений.



# Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Основная литература

### Печатные издания:

1. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Димов Юрий Владимирович. - 3-е изд. - Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 464 с.

### Издания из ЭБС:

1. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 1. Метрология: учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2017. – 235 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/E97789F2-0F06-4765-9BC7-FD3732EF6639>

2. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 2. Стандартизация: учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 481 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/ED02B132-AE1A-401D-A5B7-F9C485D7B116>

3. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация. В 3 ч. Часть 3. Сертификация: учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 132 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/D54B69D4-F4D2-4CDC-8E14-1DEFA29E4069>

4. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И.М. Лифиц - 12-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 314 с. – (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/090ED56E-3BF3-47BE-862C-C732B387CE3C>.

## Дополнительная литература

### Печатные издания:

1. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: учебник / Раннев Георгий Георгиевич, Тарасенко Анатолий Пантелеевич. - 6-е изд., стер. - Москва: Академия, 2010. – 336 с.

### **Издания из ЭБС:**

1. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для академического бакалавриата / Я.М.Радкевич, А.Г.Схиртладзе. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 829 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-4754-0. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/B3B899AA-6107-493C-89F0-97A2811024B5>

2. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Г.Сергеев., В.В.Терегеря – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2015. – 820 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс).– Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/1CEC0D2A-56B2-4F2E-9DBE-13571FFC5F0E> .

Ведущий преподаватель

И.В.Садовников

Заведующий кафедрой

Л.А.Лапшакова