



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

19.02.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ***

Направление подготовки (специальность)  
27.03.01 Стандартизация и метрология

Направленность (профиль/специализация) программы  
Стандартизация, менеджмент и контроль качества

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Технологии, сертификации и сервиса автомобилей
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 901)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей  
13.02.2024, протокол № 6

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
19.02.2024 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТСиСА, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ И.В.Понурко

Рецензент:

профессор кафедры ТОМ, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ М.А.Полякова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения учебной дисциплины «Основы взаимозаменяемости» являются получение знаний в области геометрических расчетов простых и сложных сопряжений; изучение принципов и сущности взаимозаменяемости; изучение методических основ стандартизации, а также получение практических навыков расчета допусков и посадок различных функциональных сопряжений

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Основы взаимозаменяемости входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Метрология

Математика

Информатика

Введение в отрасль

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы взаимозаменяемости» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен получать и использовать данные о состоянии качества на всех стадиях производственного процесса в профессиональной деятельности
ПК-2.1	Анализирует нормативную документацию в области качества продукции
ПК-2.2	Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные о фактическом уровне качества
ПК-2.3	Составляет и оформляет документацию по результатам контроля и испытаний

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 58,1 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 17,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 1. Основные понятия и определения.	5	3	1		4	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	1		4			
2.								
2.1 2. Взаимозаменяемость гладких цилиндрических деталей.	5	3	1		4	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	1		4			
3.								
3.1 3. Шероховатость поверхности.	5	3	1		4	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	1		4			
4.								
4.1 4. Точность формы и расположения	5	3	1		4	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	1		4			
5.								
5.1 5. Волнистость поверхности	5	3	2		4	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3

Итого по разделу		3	2		4			
6.								
6.1 6. Система допусков и посадок для подшипников качения	5	3	2		2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	2		2			
7.								
7.1 7. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость конических соединений.	5	3	2		2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	2		2			
8.								
8.1 8. Взаимозаменяемость резьбовых соединений.	5	3	2		2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		3	2		2			
9.								
9.1 9. Допуски зубчатых и червячных передач.	5	4	2		2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		4	2		2			
10.								
10.1 10. Взаимозаменяемость шлицевых соединений.	5	4	2		2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		4	2		2			
11.								
11.1 11. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи.	5	4	2		2,2	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу		4	2		2,2			
Итого за семестр		36	18		32,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36	18		32,2		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для изучения данной дисциплины в качестве методического подхода применяется технология конструирования учебной информации, т.е. при подготовке преподавателя к учебному процессу учитывается, что и в каком объеме из изучаемой информации должны усвоить студенты, уровень подготовленности студентов к восприятию учебной информации по вопросам связанным с анализом технологических процессов.

Перед началом занятий ознакомить студентов с планируемым объемом часов по учебному плану на изучение данной дисциплины.

Обратить внимание на то, какое количество часов отводится на самостоятельную работу. Эти часы выделяются для закрепления теоретического материала, на подготовку к практическим занятиям, подготовку к рубежным контролям.

Перед каждой лекцией проводить выборочный опрос по материалу предыдущих лекций. Результаты опросов должны фиксироваться и учитываться при выставлении окончательной оценки по дисциплине.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций с коллективным обсуждением какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений. При этом цели дискуссии тесно связаны с темой лекции.

Практические занятия способствуют более глубокому освоению теоретического материала. При проведении практических занятий учитывается степень самостоятельности их выполнения их студентами. Практические занятия проводятся в виде семинаров-дискуссий, на которых обсуждаются и решаются практические проблемы курса, используется работа в команде.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовке к экзамену и итоговой аттестации.

Формой итогового контроля знаний студентов является экзамен.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Бастраков, В. М. Взаимозаменяемость и нормирование точности : практикум / В. М. Бастраков, Н. А. Забродина. - Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2022. - 56 с. - ISBN 978-5-8158-2295-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1972679> (дата обращения: 11.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Леонов, О. А. Взаимозаменяемость : учебник / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-2811-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130491> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.] ; Под редакцией И. А. Иванова и С. В.

Урушева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 356 с. — ISBN 978-5-507-44065-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Веремеевич, А. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учебник / А. В. Веремеевич ; под редакцией С. М. Горбатюка. — Москва : МИСИС, 2015. — 328 с. — ISBN 978-5-87623-927-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116807> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Якушев А.Н. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. [Текст]: Учебник для вузов /А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. — 6-е изд., перераб. и дополн. — М.: Машиностроение, 1987. — 352 с.

5. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум : учебное пособие / В. Н. Кайнова, Т. Н. Гребнева, Е. В. Тесленко, Е. А. Куликова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1832-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211961> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Никифоров А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. [Текст]: Учебник./ А.Д. Никифоров М: «Высшая школа», 2000 г. – 510 с. - ISBN: 5-06-003848-3.

7. Мир стандартов [Текст]: ежемесячный научно-технический журн. – М.: ФГУ «Консультационно-внедренческая фирма в области международной стандартизации и сертификации – Фирма «ИНТЕРСТАНДАРТ» . –ISSN 1990-5564.

8. Век качества [Текст]: отраслевой журн. –М.: ООО НИ экономики и связи и информатики Интерэкомс. –ISSN 2219-8210.

9. Контроль. Диагностика [Текст]: ежемесячный журнал оперативной производственной, технической и нормативной информации./ соучредитель Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике. -М.: ООО Издательский дом «Спектр». –ISSN 0201-7032.

Веремеевич, А. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения

#### **в) Методические указания:**

Методические рекомендации к выполнению практических занятий приведены в Приложении 1.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>



Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; учебная аудитория для проведения практических занятий

Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации.

Специализированная мебель.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля промежуточной аттестации

Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно – образовательную среду университета. Специализированная мебель.

Помещение для самостоятельной работы

Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно – образовательную среду университета. Специализированная мебель.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Оборудование: станок сверлильный, станок токарно-винторезный, стол подъемный, штангенциркуль, тисы слесарные, ножовка по металлу, станок наждачный.

Методическое обеспечение учебного процесса.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Основы взаимозаменяемости» предусмотрена аудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде выполнения практических заданий на занятиях.

**Перечень практических работ**

- Контроль и измерение деталей используемых в автомобилестроении
- Поверка гладких калибров
- Измерение отклонений формы и расположения поверхностей
- Расчет зубчатых колес
- Контроль и измерение деталей резьбовых соединений.
- 

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

При современном развитии науки и техники, организации производства стандартизация, основанная на широком внедрении принципов взаимозаменяемости, является одним из наиболее эффективных средств, способствующих прогрессу во всех областях хозяйственной деятельности и повышению качества выпускаемой продукции.

Одной из основных задач инженера-механика является создание новых и модернизация существующих изделий, подготовка чертежной документации, способствующей обеспечению необходимой технологичности и высокого качества изделий. Решение этой задачи непосредственно связано с выбором необходимой точности изготовления изделий, расчетом размерных цепей, выбором допусков отклонений от геометрической формы и расположения поверхностей.

Цель работы - закрепить теоретические положения дисциплины "Основы взаимозаменяемости, привить навыки в пользовании справочным материалом, ознакомить студентов с основными типами расчетов допусков и посадок.

**2 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- 1) Изучить основные понятия взаимозаменяемости.
- 2) Изучить методику расчета допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.
- 3) Определить предельные размеры, допуски, зазоры (натяги), допуск посадки и исполнительные размеры предельных калибров гладкого цилиндрического соединения.
- 4) Изобразить графически расположение полей допусков.

**3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ**

Группа студентов изучает под руководством преподавателя вопросы, входящие в содержание работы.

Каждому студенту в соответствии с его вариантом выдается задание:

Для гладкого цилиндрического соединения номинального диаметра  $D$  определить:

1. Предельные размеры.
  2. Допуски.
  3. Наибольший, наименьший и средний зазоры.
  4. Допуск посадки.
  5. Исполнительные размеры предельных калибров.
- Расположение полей допусков изобразить графически.

Студент производит расчеты, рисует поля допусков, по результатам выполнения расчетно-практической работы оформляет отчет.

Основные термины и определения установлены ГОСТ 25346-82 (рис.1).

**Номинальный размер** ( $D, d$ ) - размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяют предельные размеры. Для деталей, составляющих соединение, номинальный размер является общим.

**Действительный размер** - размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью.

**Предельные размеры детали** - два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Большой из них называют **наибольшим предельным размером**, меньший - **наименьшим предельным размером**. На рис.1 они обозначены как  $D_{max}$  и  $D_{min}$  для отверстия,  $d_{max}$  и  $d_{min}$  - для вала.

Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера: **верхнее предельное отклонение**  $ES, es$  - алгебраическая разность между большим предельным и номинальным размерами; **нижнее предельное отклонение**  $EI, ei$  - алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Предельные размеры деталей определяются по формулам:

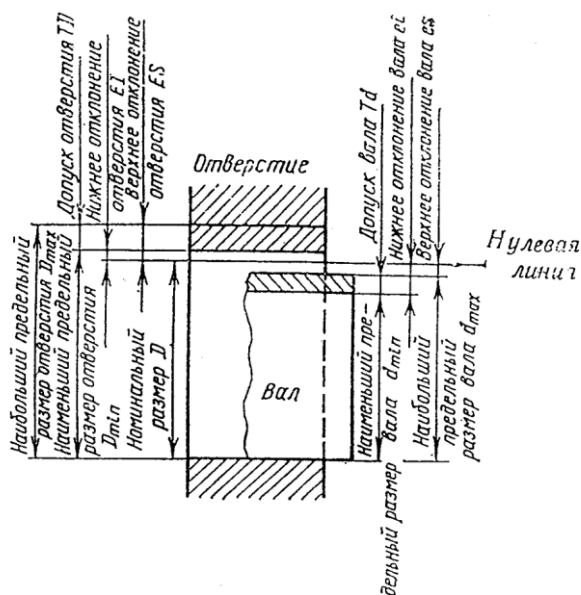
$$D_{max} = D + ES; \quad (1)$$

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

$$d_{max} = d + es; \quad (3)$$

$$d_{min} = d + ei. \quad (4)$$

На машиностроительных чертежах номинальные и предельные размеры и их отклонения проставляют в миллиметрах без указания единицы, например 40; 50; 60; 70.



**Рис.1. Основные термины и определения**

**Допуск**  $T$  размера - разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск всегда положителен. Он определяет допускаемое поле

рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления.

Допуск отверстия  $TD$  и допуск вала  $Td$  определяются по формулам:

$$TD = D_{max} - D_{min}; \quad (5)$$

$$Td = d_{max} - d_{min}. \quad (6)$$

Для упрощения допуски можно изображать графически в виде полей допусков (рис.2). При этом ось изделия всегда располагают под схемой. **Поле допуска** - поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поля допуска определяются значением допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии. **Нулевая линия** - соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, положительные отклонения откладывают вверх от нее, а отрицательные - вниз.

**Посадкой** называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

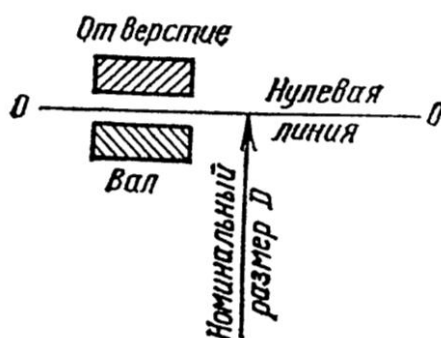


Рис.2. Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором

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

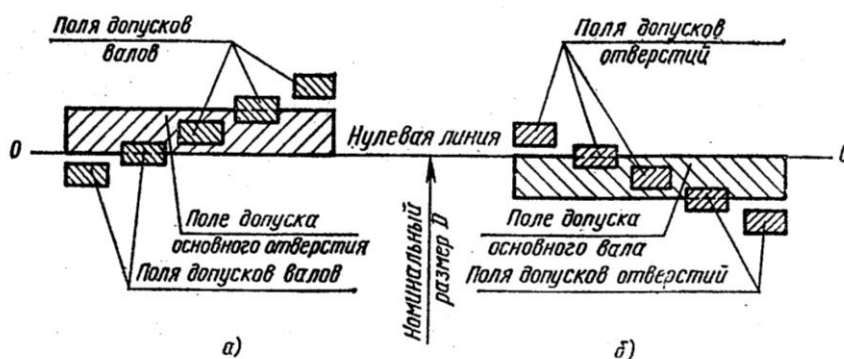


Рис.3. Поля допусков отверстия 1 и вала 2

**Зазор**  $S$  - разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения собранных деталей. **Наибольший, наименьший и средний зазоры** определяют по формулам:

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

$$S_{min} = D_{min} - d_{max}; \quad (8)$$

$$S_m = (S_{max} + S_{min}) / 2. \quad (9)$$

**Натяг  $N$**  - разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки. **Наибольший, наименьший и средний натяги** определяют по формулам:

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

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

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

**Посадка с зазором** - посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала, рис.3, а).

**Посадка с натягом** - посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала, рис.3, б).

**Переходная посадка** - посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью, рис.3, в).

**Допуск посадки** - разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами (допуск зазора  $TS$  в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами (допуск натяга  $TN$  в посадках с натягом):

$$TS = S_{max} - S_{min}; \quad (13)$$

$$TN = N_{max} - N_{min}. \quad (14)$$

В переходных посадках допуск посадки - сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению. Для всех типов посадок допуск посадки численно равен сумме допусков отверстия и вала, т.е.

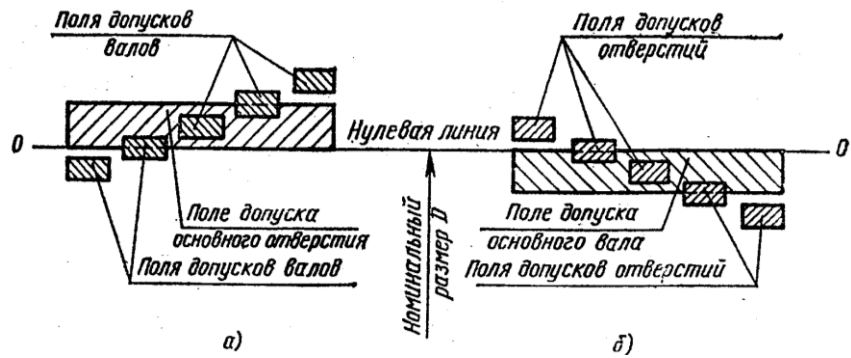
$$TS (TN) = TD + Td. \quad (15)$$

Пример обозначения посадки:  $40 H7/g6$ .

### 3.1 Система допусков и посадок

**Системой допусков и посадок** называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин, дает возможность стандартизовать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также обуславливает достижение их качества.

Система допусков и посадок ИСО для типовых деталей машин построена по единым принципам. Предусмотрены посадки в системе отверстия ( $CA$ ) и в системе вала ( $CB$ ) (рис.4). **Посадки в системе отверстия** - посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис.4, а), которое обозначают  $H$ . **Посадки в системе вала** - посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис.4, б), который обозначают  $h$ .



**Рис.4. Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б)**

Для всех посадок в системе отверстия нижнее отклонение отверстия  $EI=0$ , т.е. нижняя граница поля допуска основного отверстия, всегда совпадает с нулевой линией. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение основного вала  $es=0$ , т.е. верхняя граница поля допуска вала всегда совпадает с нулевой линией. Поле допуска основного отверстия откладывают вверх, поле допуска основного вала - вниз от нулевой линии, т.е. в материал детали.

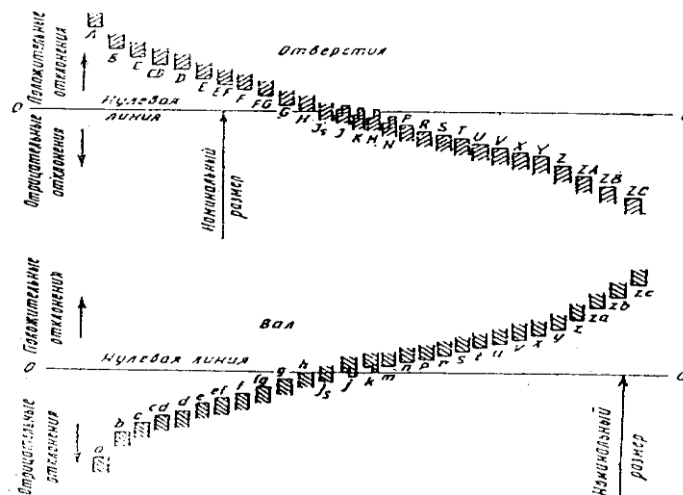
Такую систему допусков называют односторонней предельной.

В системе отверстия различных по предельным размерам отверстий меньше, чем в системе вала, а следовательно, меньше номенклатура режущего инструмента, необходимого для обработки отверстий. В связи с этим **преимущество распространение получила система отверстия.**

Для образования посадок с различными зазорами и натягами в системе ИСО для размеров до 500 мм предусмотрено 27 вариантов основных отклонений валов и отверстий. **Основное отклонение** - это одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии (**рис.5**).

Каждая буква обозначает ряд основных отклонений, значение которых зависит от номинального размера.

Основные отклонения отверстий построены так, чтобы обеспечить посадки в системе вала, аналогичные посадкам в системе отверстия. Они равны по абсолютному значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначаемых той же буквой.



**Рис.5. Основные отклонения, принятые в системе ИСО**

В каждом изделии детали разного значения изготавливают с различной точностью. Для нормирования требуемых уровней точности установлены качества изготовления деталей и изделий. Под **качеством** понимают совокупность допусков, характеризующих

постоянной относительной точностью для всех номинальных размеров данного диапазона (например, от 1 до 500 мм). Точность в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера.

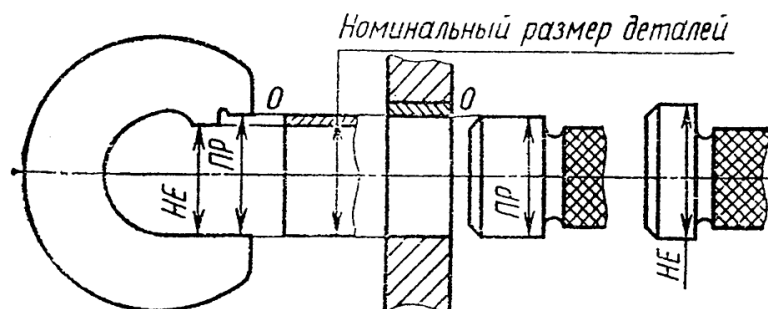
В системе ИСО установлено 19 квалитетов: 01,0,1,2,...,17. Для квалитетов 5-17 при переходе от одного квалитета к следующему, более грубому, допуски возрастают на 60%. Через каждые пять квалитетов допуски увеличиваются в 10 раз.

Для каждого квалитета построены **ряды допусков**, в каждом из которых различные размеры имеют одинаковую относительную точность.

Для построения рядов допуска каждый из диапазонов размеров, в свою очередь, разделен на несколько **интервалов**. Для номинальных размеров от 1 до 500 мм установлено 13 интервалов: до 3, свыше 3 до 6, свыше 6 до 10 мм, ..., свыше 400 до 500 мм. Для всех размеров, объединенных в один интервал, например для размеров свыше 6 до 10 мм, значения допусков приняты одинаковыми.

### 3.2 Калибры

Годность деталей с допуском от IT6 до IT17, особенно при массовом и крупносерийном производствах, наиболее часто проверяют предельными калибрами. Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из проходного калибра *ПР* (им контролируется предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта, **рис.6**) и непроходного калибра *НЕ* (им контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта). С помощью предельных калибров определяют не числовое значение контролируемых параметров, а годность детали, т.е. выясняют, выходит ли контролируемый параметр за нижний или верхний предел, или находится между двумя доступными пределами.



**Рис.6. Схема для выбора номинальных размеров предельных гладких калибров**

Деталь считают годной, если проходной калибр (проходная сторона калибра) под действием собственного веса или усилия, примерно равного ему, проходит, а непроходной калибр (непроходная сторона) не проходит по контролируемой поверхности детали. В этом случае действительный размер детали находится между заданными предельными размерами. Если проходной калибр не проходит, деталь является исправимым браком; если непроходной калибр проходит, деталь является неисправимым браком, так как размер такого вала меньше наименьшего допускаемого предельного размера детали, а размер такого отверстия - больше наибольшего допускаемого предельного размера.

Для контроля калибров-скоб применяют **контрольные калибры К-И**, которые являются непроходными и служат для изъятия из эксплуатации вследствие износа проходных рабочих скоб.

Для контроля валов используют главным образом скобы. Наиболее распространены односторонние двухпредельные скобы (**рис.7**).

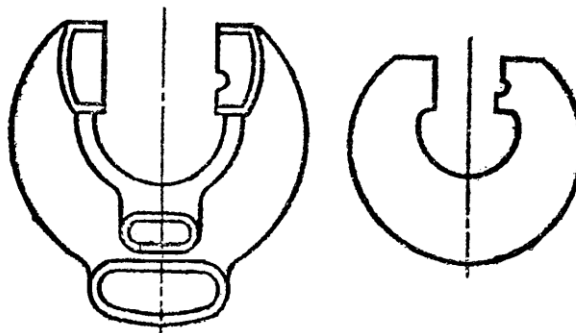


Рис.7. Односторонние двухпредельные скобы

### 3.3 Допуски калибров

ГОСТ 24853-81 на гладкие калибры устанавливает следующие допуски на изготовление:  $H$  - рабочих калибров (пробок) для отверстий ( $H_s$  - тех же калибров, но со сферическими измерительными поверхностями);  $H_1$  - калибров (скоб) для валов;  $H_p$  - контрольных калибров для скоб (рис.8).

Для проходных калибров, которые в процессе контроля изнашиваются, кроме допуска на изготовление, предусматривается допуск на износ. Для размеров до 500 мм износ калибров ПР с допуском до IT8 включительно может выходить за границу поля допуска детали на величину  $Y$  для пробок и  $Y_1$  для скоб; для калибров ПР с допусками от IT9 до IT17 износ ограничивается проходным пределом, т.е.  $Y = 0$  и  $Y_1 = 0$ .

Для всех проходных калибров поля допусков  $H$  ( $H_s$ ) и  $H_1$  сдвинуты внутрь поля допуска изделия на величину  $Z$  для калибров-пробок и  $Z_1$  для калибров-скоб.

Необходимые для выполнения расчетно-практической работы значения  $Z$ ,  $Y$ ,  $Z_1$ ,  $Y_1$ ,  $H$ ,  $H_s$ ,  $H_1$ ,  $H_p$  приведены в приложении 2.

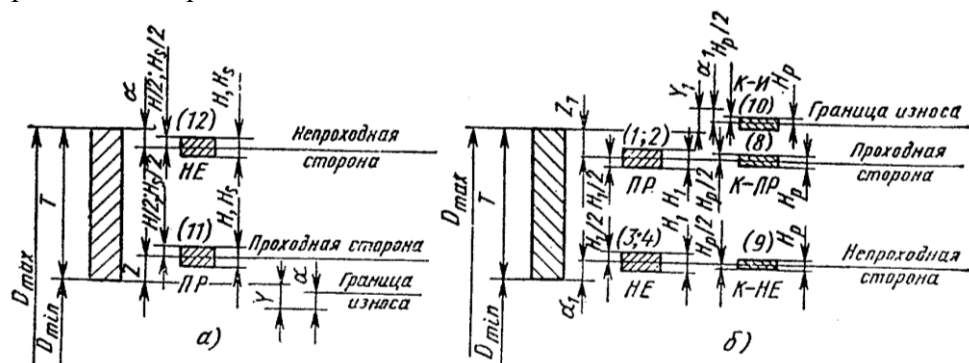


Рис.8. Схемы расположения полей допусков калибров:

а - для отверстия;

б - для вала

Исполнительными называют предельные размеры калибра, по которым изготавливают новый калибр. Для определения этих размеров на чертеже скобы проставляют наименьший предельный размер с положительным отклонением; для пробки и контрольного калибра - их наибольший предельный размер с отрицательным отклонением.

Наибольший размер проходного нового калибра:

пробки

$$ПР_{max} = D_{min} + Z + H/2 \quad (16)$$

скобы

$$ПР_{max} = d_{max} - Z_1 + H_1/2 \quad (17)$$



Наименьший размер проходного нового калибра:

$$PR_{min} = D_{min} + Z - \overset{\text{пробки}}{H/2} \quad (18)$$

$$PR_{min} = d_{max} - Z_1 - \overset{\text{скобы}}{H_1/2} \quad (19)$$

Наименьший размер изношенного проходного калибра-пробки:

$$PR_{изн} = D_{min} - Y \quad (20)$$

Наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы:

$$PR_{изн} = d_{max} + Y_1 \quad (21)$$

Наибольший размер непроходного нового калибра:

$$HE_{max} = D_{max} + \overset{\text{пробки}}{H/2} \quad (22)$$

$$HE_{max} = d_{min} + \overset{\text{скобы}}{H_1/2} \quad (23)$$

Наименьший размер непроходного нового калибра:

$$HE_{min} = D_{max} - \overset{\text{пробки}}{H/2} \quad (24)$$

$$HE_{min} = d_{min} - \overset{\text{скобы}}{H_1/2} \quad (25)$$

Размеры контрольных калибров:

$$K-PR_{max} = d_{max} - Z_1 + H_p/2 \quad (26)$$

$$K-PR_{min} = d_{max} - Z_1 - H_p/2 \quad (27)$$

$$K-HE_{max} = d_{min} + H_p/2 \quad (28)$$

$$K-HE_{min} = d_{min} - H_p/2 \quad (29)$$

$$K-И_{max} = d_{max} + Y_1 + H_p/2 \quad (30)$$

$$K-И_{min} = d_{max} + Y_1 - H_p/2 \quad (31)$$

Контрольный калибр *К-И* проверяет допустимую величину износа рабочей проходной скобы.

#### 4 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для гладкого цилиндрического соединения Н6/д6 номинального диаметра  $D = 140$  мм определить:

1. *Предельные размеры.*
  2. *Допуски.*
  3. *Наибольший, наименьший и средний зазоры.*
  4. *Допуск посадки.*
  5. *Исполнительные размеры предельных калибров.*
- Расположение полей допусков изобразить графически.

#### **4.1. Определение предельных размеров.**

Посадка *140 H6/d6* является посадкой с зазором в системе отверстия. Поле допуска основного отверстия *H6* для диаметра *140 мм* определяется по **табл.1.27** [1]:

$$ES = +0,025 \text{ мм};$$

$$EI = 0.$$

Поле допуска вала (6-й квалитет) для диаметра *140 мм* определяется по **табл.1.28** [1]:

$$es = -0,145 \text{ мм};$$

$$ei = -0,170 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия определяются по формулам (1,2):

$$D_{max} = D + ES = 140,000 + 0,025 = 140,025 \text{ (мм)};$$

$$D_{min} = D + EI = 140 + 0 = 140 \text{ (мм)}.$$

Предельные размеры вала определяются по формулам (3,4):

$$d_{max} = d + es = 140,000 + (-0,145) = 139,855 \text{ (мм)};$$

$$d_{min} = d + ei = 140,000 + (-0,170) = 139,830 \text{ (мм)}.$$

#### **4.2. Определение допусков.**

Допуск диаметра отверстия определяется по формулам (5,6):

$$TD = D_{max} - D_{min} = 140,025 - 140,000 = 0,025 \text{ (мм)};$$

$$Td = d_{max} - d_{min} = 139,855 - 139,830 = 0,025 \text{ (мм)}.$$

#### **4.3. Определение наибольшего, наименьшего и среднего зазоров.**

Наибольший зазор (7):

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 140,025 - 139,830 = 0,195 \text{ (мм)}.$$

Наименьший зазор (8):

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 140,000 - 139,855 = 0,145 \text{ (мм)}.$$

Средний зазор (9):

$$S_m = (S_{max} + S_{min}) / 2 = (0,145 + 0,195) / 2 = 0,170 \text{ (мм)}.$$

Для посадок с натягом рассчитываются наибольший, наименьший и средний натяги. Для переходных посадок – наибольший зазор и наибольший натяг.

#### **4.4. Определение допуска посадки.**

Допуск в посадке с зазором определяется по формуле (13):

$$TS = S_{max} - S_{min} = 0,195 - 0,145 = 0,050 \text{ (мм)}.$$

Полученный результат проверить (*приложение 3*).

Допуск натяга рассчитывается по формуле (14). В переходных посадках допуск посадки - сумма наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению.

Полученное значение  $TS$  проверить по таблице ответов (*Приложение 3*).

#### 4.5. Определение исполнительных размеров предельных калибров.

##### 4.5.1. Определение размеров калибров-пробок.

Для отверстия диаметра 140 мм с полем допуска  $H6$  (6-й квалитет) определяем по ГОСТ 24853 -81 (*приложение 2*):

$$H = 5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм};$$

$$Z = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм};$$

$$Y = 3 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм}.$$

Наибольший размер проходного нового калибра-пробки (16):

$$PP \max = D \min + Z + H/2 = 140,000 + 0,004 + 0,005 / 2 = 140,0065 \text{ (мм)}.$$

Наименьший размер проходного нового калибра-пробки (18):

$$PP \min = D \min + Z - H/2 = 140,000 + 0,004 - 0,005 / 2 = 140,0015 \text{ (мм)}.$$

Наименьший размер изношенного проходного калибра-пробки (20):

$$PP \text{ изн} = D \min - Y = 140,000 - 0,003 = 139,997 \text{ (мм)}.$$

Наибольший размер непроходного нового калибра-пробки (22):

$$HE \max = D \max + H/2 = 140,025 + 0,005 / 2 = 140,0275 \text{ (мм)}.$$

Наименьший размер непроходного нового калибра-пробки (24):

$$HE \min = D \max - H/2 = 140,025 - 0,005 / 2 = 140,0225 \text{ (мм)}.$$

##### 4.5.2. Определение размеров калибров-скоб.

Для вала диаметром  $d = 140$  мм с полем допуска  $d6$  (6-й квалитет) определяем по ГОСТ 24853 -81 (*приложение 2*):

$$H_1 = 8 \text{ мкм} = 0,008 \text{ мм};$$

$$Z_1 = 6 \text{ мкм} = 0,006 \text{ мм};$$

$$Y_1 = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм}.$$

$$H_p = 3,5 \text{ мкм} = 0,0035 \text{ мм}.$$

Наибольший размер проходного нового калибра- скобы (17):

$$PP \max = d \max - Z_1 + H_1/2 = 139,855 - 0,006 + 0,008 / 2 = 139,853 \text{ (мм)}.$$

Наименьший размер проходного нового калибра-скобы (19):

$$PP \min = d \max - Z_1 - H_1/2 = 139,855 - 0,006 - 0,008 / 2 = 139,845 \text{ (мм)}.$$

Наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы (21):

$$PP \text{ изн} = d \max + Y_1 = 139,855 + 0,004 = 139,859 \text{ (мм)}.$$

Наибольший размер непроходного нового калибра-скобы (23):

$$HE \max = d \min + H_1/2 = 139,830 + 0,008 / 2 = 139,834 \text{ (мм)}.$$

Наименьший размер непроходного нового калибра-скобы (25):

$$HE \min = d \min - H_1/2 = 139,830 - 0,008 / 2 = 139,826 \text{ (мм)}.$$

Размеры контрольных калибров (26-31):

$$K\text{-ПР max} = d_{max} - Z_1 + Hp/2 = 139,855 - 0,006 + 0,0035/2 = 139,85075(\text{мм}).$$

$$K\text{-ПР min} = d_{max} - Z_1 - Hp/2 = 139,855 - 0,006 - 0,0035/2 = 139,84725(\text{мм}).$$

$$K\text{-НЕ max} = d_{min} + Hp/2 = 139,830 + 0,0035/2 = 139,83175(\text{мм}).$$

$$K\text{-НЕ min} = d_{min} - Hp/2 = 139,830 - 0,0035/2 = 139,82825(\text{мм}).$$

$$K\text{-И max} = d_{max} + Y_1 + Hp/2 = 139,855 + 0,004 + 0,0035/2 = 139,86075(\text{мм}).$$

$$K\text{-И min} = d_{max} + Y_1 - Hp/2 = 139,855 + 0,004 - 0,0035/2 = 139,85725(\text{мм}).$$

4.6. Расположение полей допусков представлено на рис. 9.

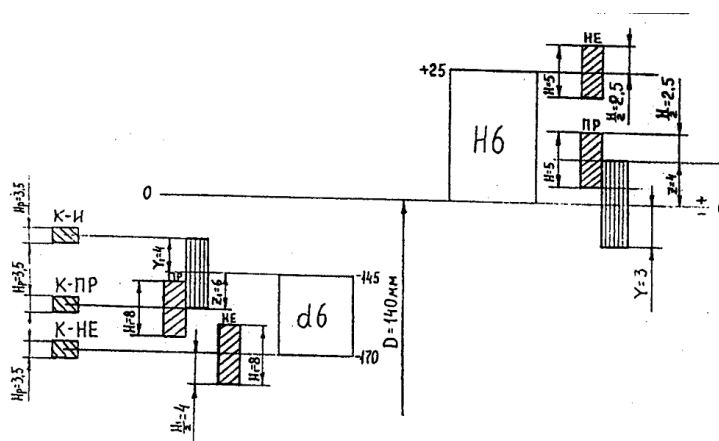


Рис. 9. Расположение полей допусков

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Бейзельман Р.Д. и др. Подшипники качения. Справочник, изд. 6-е, перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 572 с.
- 2.Допуски и посадки. Справочник в 2-х ч. Под редакцией Мягкова В.Д. 5-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленинград, отделение, 1979. - 1032 с.
- 3.Зенкин А.С. Петко И.В. Допуски и посадки в машиностроении. Справочник. –К.: Техника, 1990. – 320 с.
4. Крылова Г. Д. Основы стандартизации сертификации метрологии. М.,

## Приложение 2

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-2: Способен получать и использовать данные о состоянии качества на всех		

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
<b>стадиях производственного процесса в профессиональной деятельности</b>		
2.1 ПК-	Анализирует нормативную документацию в области качества продукции	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения.</li> <li>2. Взаимозаменяемость – основа жизнедеятельности любой системы.</li> <li>3. Принципы взаимозаменяемости. Система, элемент, структура, функция, точность.</li> <li>4. Объекты взаимозаменяемости. Некоторые виды классификации РЭС.</li> <li>5. Определения взаимозаменяемость в зависимости от жизненного цикла изделия и объекта.</li> <li>6. Типы взаимозаменяемость: полная, неполная, внешняя, внутренняя, функциональная.</li> <li>7. Номинальные и действительные (реальные) поверхности и размеры.</li> <li>8. Предельные размеры. Допуск. Погрешность (ошибка),точность.</li> <li>9. Нормальные размеры. Ряды нормальных линейных размеров. Классификация размеров по назначению.</li> <li>10. Система вала, система отверстия.</li> <li>11. Вероятностные характеристики посадок.</li> <li>12. Базирование и базы в зависимости от жизненного цикла изделия.</li> <li>13. Базы: конструкторские; технологические; измерительные. Правила выбора баз.</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет температурных погрешностей размера, посадки.</li> <li>2. Расчет посадок с зазором, натягом, переходных.</li> <li>3. Метод кривых распределения – при исследовании точности обработки:</li> <li>4. Посадка. Образование зазора, натяга в соединении. Графическое изображение посадок по предельным размерам. Поле допуска по предельным размерам.</li> </ol>
2.2 ПК-	Систематизирует, обрабатывает и подготавливает данные о фактическом уровне качества	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти взаимосвязь геометрических параметров деталей, соотношения между допуском на размер, допуском на отклонение формы, волнистостью и шероховатостью.</li> <li>2. Привести предельные и средние отклонения вала и отверстия. Графическое изображение посадок по предельным отклонениям. Поле допуска по предельным отклонениям.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		3. Методы оптимального выбора параметров шероховатости. 4. Методы оптимального выбора параметров волнистости поверхности: образование; оценка; параметры; обозначения. 5. Методы определения отклонения формы. 6. Отклонение расположения. 7. Номенклатура суммарных допусков формы и расположения. 8. Взаимообусловленность выбора допусков на линейный размер, форму и шероховатость поверхности. 9. Произвести выбор линейного средства измерения с целью обеспечения достоверности результатов контроля
ПК-2.3	Составляет и оформляет документацию по результатам контроля и испытаний	1. Составить план мероприятия, которые обеспечивают взаимозаменяемость. 2. Привести классификация отклонений геометрических параметров деталей.

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний и степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

***Показатели и критерии оценивания зачета:***

на оценку «зачтено» студент должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

на оценку «не зачтено» студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, умение критически оценивать свои личностные качества, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.