



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

30.01.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ***

Направление подготовки (специальность)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Направленность (профиль/специализация) программы

23.05.01 Автомобильная техника в транспортных технологиях

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Технологии, сертификации и сервиса автомобилей
Курс	2

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 г. № 935)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей  
23.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
30.01.2023 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ТСиСА, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ И.В.Понурко

Рецензент:  
профессор \_\_\_\_\_ кафедры ЛиУТС, д-р техн. наук  
С.Н.Корнилов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 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 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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 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 обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Метрология, стандартизация, оценка соответствия

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

Эксплуатационные свойства автомобилей

Конструкция и эксплуатационные свойства автомобильной техники

Межотраслевая стандартизация

Проектная деятельность

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **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
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей;
ОПК-1.1	Использует законы и методы математики, естественных наук при решении профессиональных задач
ОПК-1.2	Применяет и использует современные материалы и элементную базу узлов, деталей и приводов машин
ОПК-1.3	Применяет методы проектирования и расчета деталей и узлов машин
ОПК-1.4	Понимает конструкцию технического объекта по чертежу, демонстрирует первичные навыки выполнения конструкторской документации на основе стандартов ЕСКД

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 6 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 129 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 9 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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.	2	0,5		0,5	10	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу		0,5		0,5	10			
2.								
2.1 2. Взаимозаменяемость гладких цилиндрических деталей.	2	0,5		0,5	10	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу		0,5		0,5	10			
3.								
3.1 3. Шероховатость поверхности.	2	0,5		0,5	10	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу		0,5		0,5	10			
4.								
4.1 4. Точность формы и расположения	2	0,5		0,5	10	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу		0,5		0,5	10			
5.								
5.1 5. Волнистость поверхности	2			0,5	10	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4

Итого по разделу				0,5	10			
6.								
6.1 6. Система допусков и посадок для подшипников качения	2			0,5	12	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу				0,5	12			
7.								
7.1 7. Допуски на угловые размеры. Взаимозаменяемость конических соединений.	2			0,5	12	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу				0,5	12			
8.								
8.1 8. Взаимозаменяемость резьбовых соединений.	2			0,5	12	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу				0,5	12			
9.								
9.1 9. Допуски зубчатых и червячных передач.	2				12	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу					12			
10.								
10.1 10. Взаимозаменяемость шлицевых соединений.	2				13	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу					13			
11.								
11.1 11. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи.	2				18	- самостоятельное изучение учебной литературы	Лабораторное занятие, устный опрос (собеседование)	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4
Итого по разделу					18			
Итого за семестр		2		4	129		экзамен	
Итого по дисциплине		2		4	129		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: 05.05.2023). – 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: 05.05.2023). — 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: 05.05.2023). — 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: 05.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Якушев А.Н. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. [Текст]: Учебник для втузов /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: 05.05.2023). — 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	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

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

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</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>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</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 допустимой погрешностью.

**Предельные размеры детали** - два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Больший 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.

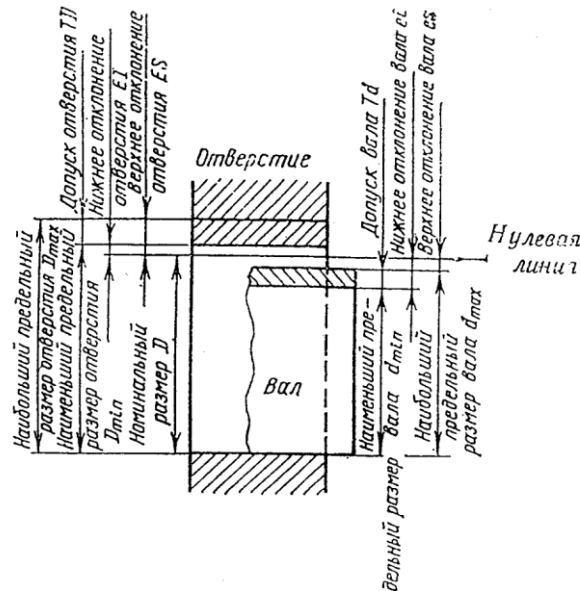


Рис.1. Основные термины и определения

**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:

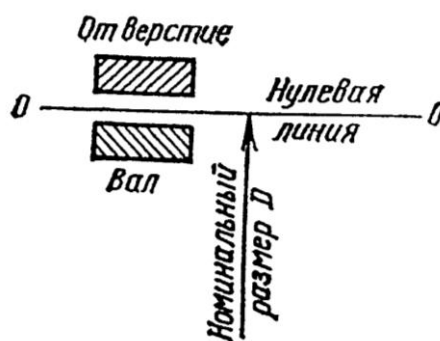
$$TD = D_{max} - D_{min}; \quad (5)$$

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

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

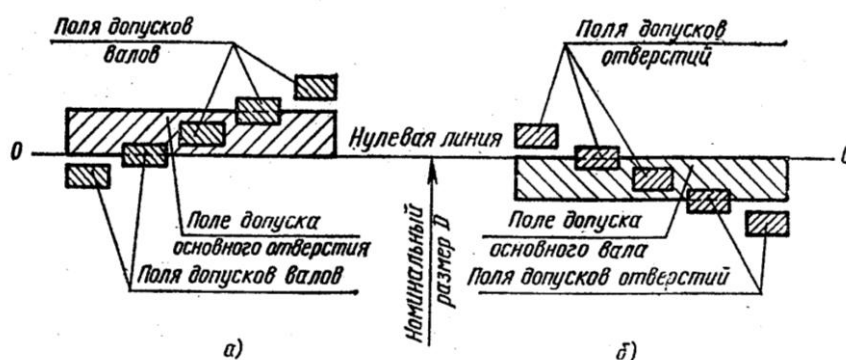
изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии. **Нулевая линия** - соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Если нулевая линия расположена 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.

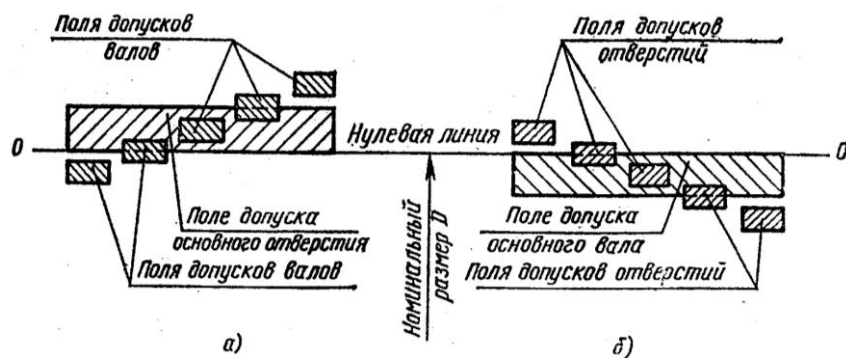
$$TS (TN) = TD + Td. \quad (15)$$

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.

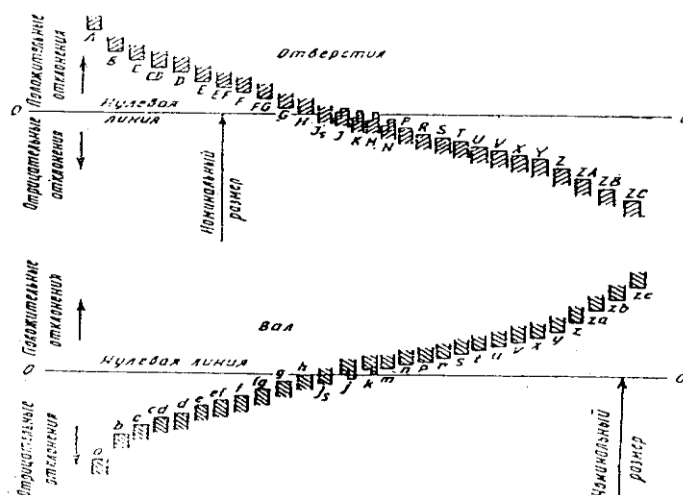
Такую систему допусков называют **односторонней предельной**.

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

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

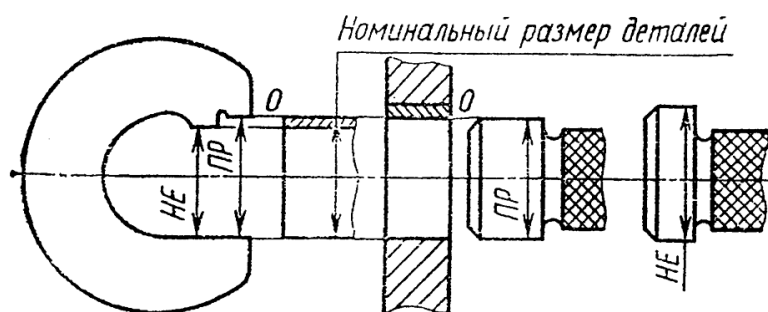
Для каждого качества построены **ряды допусков**, в каждом из которых различные размеры имеют одинаковую относительную точность.



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**).

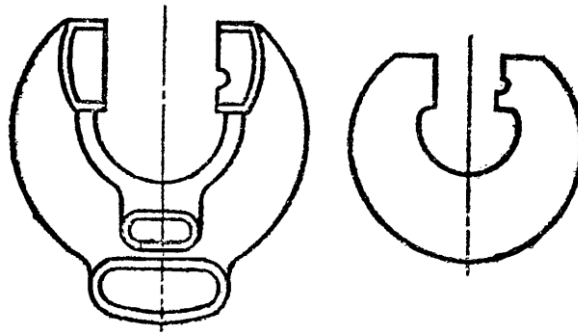


Рис. 7. Односторонние двухпредельные скобы

### 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.

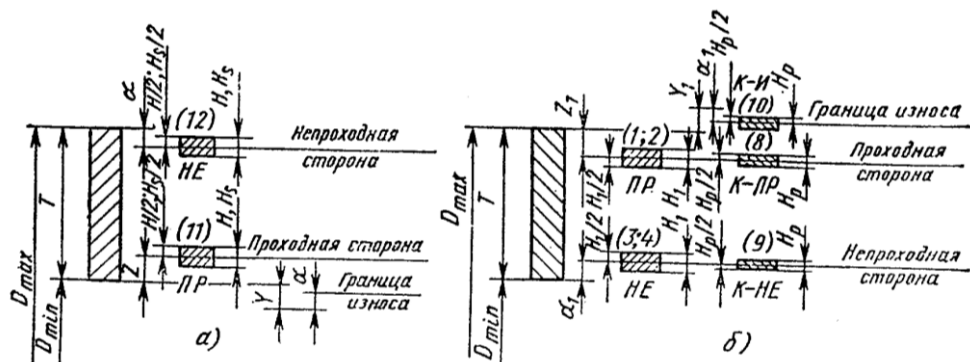


Рис. 8. Схемы расположения полей допусков калибров:

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*

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

*скобы*

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

Наименьший размер проходного нового калибра:

*пробки*

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

*скобы*

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

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:

*пробки*

$$HE \max = D \max + H/2 \quad (22)$$

*скобы*

$$HE \max = d \min + H_1/2 \quad (23)$$

Наименьший размер непроходного нового калибра:

*пробки*

$$HE \min = D \max - H/2 \quad (24)$$

*скобы*

$$HE \min = d \min - H_1/2 \quad (25)$$

Размеры контрольных калибров:

$$K-PP \max = d \max - Z_1 + Hp/2 \quad (26)$$

$$K-PP \min = d \max - Z_1 - Hp/2 \quad (27)$$

$$K-HE \max = d \min + Hp/2 \quad (28)$$

$$K-HE \min = d \min - Hp/2 \quad (29)$$

$$K-И \max = d \max + Y_1 + Hp/2 \quad (30)$$

$$K-I \min = d \max + Y_1 - H_p/2 \quad (31)$$

Контрольный калибр  $K-I$  проверяет допустимую величину износа рабочей проходной скобы.

#### 4 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для гладкого цилиндрического соединения H6/d6 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):

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

Наименьший размер проходного нового калибра-пробки (18):

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

Наименьший размер изношенного проходного калибра-пробки (20):

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

Наибольший размер непроходного нового калибра-пробки (22):

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

Наименьший размер непроходного нового калибра-пробки (24):

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

##### 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**):

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

Наименьший размер проходного нового калибра-скобы (**19**):

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

Наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы (**21**):

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

Наибольший размер непроходного нового калибра-скобы (**23**):

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

Наименьший размер непроходного нового калибра-скобы (**25**):

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

Размеры контрольных калибров (**26-31**):

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

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



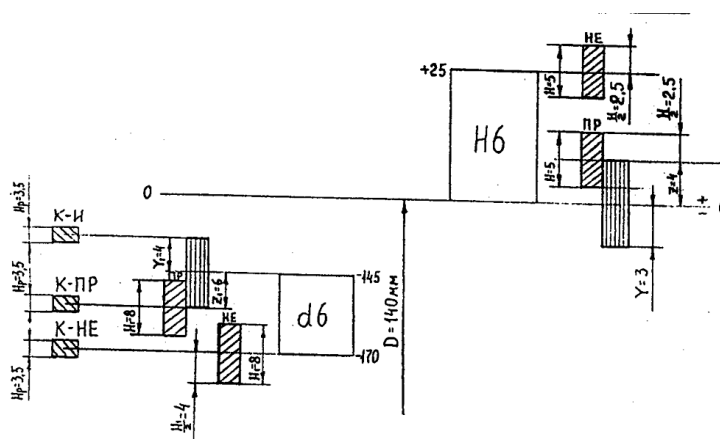
$$K-HE \max = d \min + Hp/2 = 139,830 + 0,0035/2 = 139,83175(\text{мм}).$$

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

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

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

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.,

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
<b>ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей;</b>		
ОПК-1.1	Использует законы и методы математики, естественных наук при решении профессиональных задач	<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>
ОПК-1.2	Применяет и использует современные материалы и элементную базу узлов, деталей и приводов машин	<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>
ОПК-1.3	Применяет методы проектирования и расчета деталей и узлов машин	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти взаимосвязь геометрических параметров деталей, соотношения между</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>допуском на размер, допуском на отклонение формы, волнистостью и шероховатостью.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Привести предельные и средние отклонения вала и отверстия. Графическое изображение посадок по предельным отклонениям. Поле допуска по предельным отклонениям.</li> <li>3. Методы оптимального выбора параметров шероховатости.</li> <li>4. Методы оптимального выбора параметров волнистости поверхности: образование; оценка; параметры; обозначения.</li> <li>5. Методы определения отклонения формы.</li> <li>6. Отклонение расположения.</li> <li>7. Номенклатура суммарных допусков формы и расположения.</li> <li>8. Взаимообусловленность выбора допусков на линейный размер, форму и шероховатость поверхности.</li> <li>9. Произвести выбор линейного средства измерения с целью обеспечения достоверности результатов контроля</li> </ol>
ОПК-1.4	Понимает конструкцию технического объекта по чертежу, демонстрирует первичные навыки выполнения конструкторской документации на основе стандартов ЕСКД	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составить план мероприятия, которые обеспечивают взаимозаменяемость.</li> <li>2. Привести классификация отклонений геометрических параметров деталей.</li> </ol>

#### **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 экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.