

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 03 » февраля 20 \_\_\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Методы испытания физико-механических свойств материалов и изделий  
\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
\_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
\_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
\_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств  
\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Обеспечение эффективности технологических процессов жизненного цикла изделия  
\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

повышение уровня практического владения программами испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий в современном машиностроении, современным оборудованием, приборами и методами их испытания, привитие навыков разработки методик, рабочих планов и программ проведения прикладных научных исследований и перспективных технических разработок с последующей публикацией результатов испытаний.

Задачи учебной дисциплины

- повышение уровня практического владения программами испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий в современном машиностроении;
- привитие навыков испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий на современном оборудовании, приборах;
- привитие навыков разработки методик испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий с последующей публикацией результатов испытаний;
- привитие навыков разработки рабочих планов и программ проведения прикладных научных исследований для выполнения перспективных технических разработок;
- формирование навыков профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов для испытания физико-механических свойств материалов и изделий.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- материалы и изделия машиностроительных производств,
- программы испытаний физико-механических свойств современных материалов и готовых изделий машиностроения,
- методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок,
- современное оборудование и приборы машиностроительных производств для испытаний физико-механических свойств материалов и изделий.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки   |
|-------------|-------------------|--|---|-------------------|
| ПК-2.1      | ИД-1ПК-2.1        | Знание требований к качеству изделий, возможностей и области применения методов и средств измерений  | Знает номенклатуру и конструкцию изготавливаемых в организации изделий, требования к их качеству, физические принципы работы, возможности и области применения методов и средств измерений, организационно-штатную структуру организации, трудовое законодательство Российской Федерации, Федеральные законы и нормативные документы, регламентирующие вопросы единства измерений и метрологического обеспечения производства, нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы делопроизводства, методы планирования производственной деятельности | Отчет по практике |
| ПК-2.1      | ИД-2ПК-2.1        | Уметь использовать современные средства измерения для проведения контроля параметров изготавливаемых изделий, разрабатывать методики измерений, контроля и испытаний | Умеет использовать современные средства измерения для проведения контроля параметров изготавливаемых изделий, разрабатывать методики измерений, контроля и испытаний, определять соответствие характеристик изготавливаемых изделий нормативным, конструкторским и технологическим документам, анализировать параметры технологических процессов, режимы работы технологического оборудования и оснастки, принимать технологические решения, направленные на  | Отчет по практике |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки   |
|-------------|-------------------|---|---|-------------------|
|             |                   |   | повышение точности сборки изделий, анализировать потребности производства в новых методиках, методах и средствах контроля, возможности и области их применения, разрабатывать методики контроля и испытаний, проектировать специальную оснастку для контроля и испытаний, оценивать экономический эффект от внедрения новых методик, методов и средств контроля и испытаний, применять современные методы анализа производственной деятельности   |                   |
| ПК-2.1      | ИД-3ПК-2.1        | Владеет навыками разработки методик контроля параметров и программ испытаний изготавливаемых изделий, оформления документации по результатам контроля и испытаний, анализа состояния контроля качества и испытаний на производстве, разработки новых методик контроля и испытаний | Владеет навыками разработки методик контроля параметров и программ испытаний изготавливаемых изделий, оформления документации по результатам контроля и испытаний, разработки методик по обеспечению качества изготавливаемых изделий, анализа новых нормативных документов в области технического контроля качества и испытаний изготавливаемых изделий, анализа состояния контроля качества и испытаний на производстве, разработки новых методик контроля и испытаний, организации сбора информации и статистических данных о качестве изготавливаемых изделий, анализа структуры и оценки системы управления качеством продукции на предприятии | Отчет по практике |
|             |                   |   |   |                   |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)  | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки   |
|-------------|-------------------|--|--|-------------------|
| ПК-3.1      | ИД-1ПК-3.1        | Знать технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных образцов технологической оснастки и специального инструмента   | Знает принципы организации и планирования конструкторских работ, методы проектирования, технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных образцов технологической оснастки и специального инструмента, аналогичных проектируемым  | Отчет по практике |
| ПК-3.1      | ИД-2ПК-3.1        | Уметь производить функциональный анализ конструктивных элементов проектируемой по профилю подразделения технологической оснастки и специального инструмента  | Умеет производить анализ технико-экономических показателей, производить функциональный анализ конструктивных элементов проектируемой по профилю подразделения технологической оснастки и специального инструмента, применять методов проектирования технологической оснастки и специального инструмента, включая освоение программных пакетов  | Отчет по практике |
| ПК-3.1      | ИД-3ПК-3.1        | Владеет опытом разработки предложений по проведению исследований, реализации экспериментальных работ, направленных на повышение качественных характеристик технологической оснастки и специального инструмента | Владеет навыками анализа технико-экономических показателей, применения передового отечественного и зарубежного опыта проектирования технологической оснастки, опытом разработки предложений по проведению исследований, реализации опытно-конструкторских и экспериментальных работ, направленных на повышение качественных характеристик технологической оснастки и специального инструмента, совершенствование | Отчет по практике |

|             |                   |   |  |                 |
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|
| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|             |                   |   | методик и сокращение сроков проектирования   |                 |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 3                                  |  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 54          | 54                                 |  |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |  |
| - лекции (Л)   | 8           | 8                                  |  |
| - лабораторные работы (ЛР)   | 18          | 18                                 |  |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 26          | 26                                 |  |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2           | 2                                  |  |
| - контрольная работа   |             |                                    |  |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 54          | 54                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  |             |                                    |  |
| Дифференцированный зачет   |             |                                    |  |
| Зачет  | 9           | 9                                  |  |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |  |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |  |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 108         | 108                                |  |

### 4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| 3-й семестр  |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Испытания механических свойств материалов машиностроительных производств  | 2   | 4  | 7  | 13   |
| Тема 1 Механические свойства материалов. Механические свойства со-временных материалов машиностроительных производств. Особенности контроля механических свойств материалов. Механические свойства материалов, необходимых для составления компьютерной модели и оценки напряженно-деформированного состояния изделий машиностроительных производств.<br>Тема 2 Механические испытания материалов и изделий на твердость. Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Микротвердость. Другие методы определения твердости. Наноиндентирование. Динамическое наноиндентирование. Законы деформации металлических материалов. Механические критерии выбора материалов.   |   |    |    |  |
| Испытания физико-механических свойств материалов и изделий машиностроительных производств   | 2   | 4  | 7  | 13   |
| Тема 3 Физико-механические свойства материалов. Физико-механические свойства современных материалов машиностроительных производств. Особенности контроля физико-механических свойств материалов. Физико-механические свойства материалов, необходимые для составления компьютерной модели и оценки напряженно-деформированного состояния изделий машиностроительных производств.<br>Тема 4 Испытания физико-механических свойств материалов и изделий на прочность при растяжении, сжатию, изгибе, кручении и срезе. Испытания материалов и изделий на длительную прочность и ползучесть. Диаграмма напряжение-деформация. Свойства, определяемые при испытаниях на растяжение. Проведение испытаний и применяемые машины и приспособления. Определение условного предела текучести и предела прочности. Испытание на растяжение при повышенной и пониженной температурах различных материалов. Механика разрушения. Испытания на прочность материалов и изделий при сжатию, изгибе, кручении, срезе. Диаграммы сжатия, изгиба, кручения различных материалов. Оборудование и приборы для проведения испытаний материалов и изделий на прочность при растяжении, сжатию, изгибе, кручении, срезе. Физико-механические свойства материалов, необходимые для составления компьютерной модели и оценки напряженно-деформированного |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| состояния изделий машиностроительных производств. Испытания на длительную прочность. Испытания на ползучесть. Механика разрушения. Оборудование и приборы для проведения испытаний материалов и изделий на прочность, длительную прочность и ползучесть. Физико-механические критерии выбора материалов. Виды разрушений. Особенности картины пластической деформации, деформационного упрочнения и разрушения при статическом нагружении. Оценка качества соединений изделий по статическим деформациям. Прочностные свойства материалов, необходимые для составления компьютерной модели и оценки напряженно-деформированного состояния изделий машиностроительных производств.  |   |    |    |  |
| Динамические испытания физико-механических свойств материалов машиностроительных производств.  | 2   | 6  | 6  | 14   |
| Тема 5 Механика разрушения. Виды разрушений. Особенности картины пластической деформации, деформационного упрочнения и разрушения при динамическом нагружении. Зависимость пластичности от скорости деформации. Зависимость характера изменения пластичности и вязкости (работы деформации) при увеличивающейся скорости деформации от типа разрушения. Тема 6 Динамические испытания физико-механических свойств материалов и изделий. Поведение материала при повышенных скоростях деформации. Стандартные испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах для определения KCU и KCV. Испытания на ударное растяжение и ударное сжатие для определения механических свойств (прочности и пластичности) материала при его растяжении – сжатии с высокой скоростью. Испытания на ударное кручение. Испытания на ударную вязкость надрезанных образцов. Методики проведения испытаний на ударный изгиб, ударное растяжение и ударное сжатие, ударное кручение и ударную вязкость надрезанных образцов. Методика обработки результатов динамических испытаний. Оборудование и приборы для проведения динамических испытаний материалов и изделий. Оценка качества соединений изделий по динамическим деформациям. Оценка хрупкого разрушения различных участков соединений. |   |    |    |  |
| Циклические испытания физико-механических  | 2   | 4  | 6  | 14   |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| свойств материалов машиностроительных производств.   |   |    |    |  |
| Тема 7 Циклические усталостные испытания материалов и изделий. Усталостные испытания в малоцикловой области в различных средах и повышенных температурах. Испытания на малоцикловую усталость в условиях управления перемещениями («жесткое» нагружение). Испытания на малоцикловую усталость в условиях управления усилиями («мягкое» нагружение). Испытания на многоцикловую усталость. Усталостные испытания сварных соединений и конструктивных элементов при одноосном нагружении. Методики проведения испытаний на малоцикловую и многоцикловую усталость. Методика обработки результатов усталостных испытаний. Оборудование и приборы для проведения усталостных испытаний материалов и изделий. |   |    |    |  |
| Тема 8 Испытания материалов и изделий на трещиностойкость. Зарождение трещин. Развитие трещин. Усталостный излом. Факторы, влияющие на долговечность. Испытания по определению характеристик трещиностойкости: критической величины коэффициента интенсивности напряжений $K_{Ic}$ , критической величины раскрытия в вершине трещины, критической величины $J$ -интеграла $J_{Ic}$ , кинетической диаграммы роста трещины $da/dN$ . Механика разрушения. Методики проведения испытаний на трещиностойкость. Методика обработки результатов испытаний на трещиностойкость. Оборудование и приборы для проведения циклических испытаний материалов и изделий.   |   |    |    |  |
| ИТОГО по 3-му семестру   | 8   | 18 | 26 | 54   |
| ИТОГО по дисциплине  | 8   | 18 | 26 | 54   |

### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия   |
|--------|--|
| 1      | Методика определения твердости материала по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу.  |
| 2      | Методика определения микротвердости и нанотвердости поверхности тестового образца.   |
| 3      | Методика испытаний физико-механических свойств материалов и изделий на прочность при растяжении, сжатии, изгибе, кручении и срезе. |
| 4      | Методика испытаний физико-механических свойств поверхности изделий   |
| 5      | Оценка качества соединений изделий по статическим деформациям.   |

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия   |
|--------|--|
| 6      | Методика испытаний на ударный изгиб, ударное растяжение, ударное сжатие и ударную вязкость образцов.           |
| 7      | Оценка структуры металла и качества соединений после испытаний по результатам металлографических исследований. |
| 8      | Методики проведения циклических усталостных испытаний материалов и изделий.                                    |
| 9      | Методики проведения испытаний материалов и изделий на трещиностойкость.  |

### Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы  |
|--------|--|
| 1      | Определение физико-механических свойств материалов и изделий на прочность при растяжении/сжатии.     |
| 2      | Определение ударной вязкости стали.  |
| 3      | Металлографические исследования структуры металла и качества соединений после усталостных испытаний. |
| 4      | Определение трещиностойкости материалов и изделий.   |

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

|  |
|--|
| <p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p> |
|--|

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п                                 | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)  | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>1. Основная литература</b>         |  |   |
| 1                                     | Быков С. Ю. Испытания материалов : учебное пособие для вузов / С. Ю. Быков, А. Г. Схиртладзе. - Москва: КУРС, 2019.  | 2   |
| 2                                     | Лякишев Н. П. Получение и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов / Н. П. Лякишев, М. И. Алымов. - М.: ЭЛИЗ, 2007.  | 3   |
| 3                                     | Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях : коллективная монография / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Москва: Физматлит, 2012.                       | 2   |
| <b>2. Дополнительная литература</b>   |  |   |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b> |  |   |
| 1                                     | Агамиров Л. В. Методы статистического анализа механических испытаний : справочник / Л. В. Агамиров. - М.: Интермет Инжиниринг, 2004.   | 5   |
| 2                                     | Баранов В.М. Испытания и контроль качества материалов и конструкций : Учеб. пособие для вузов / В.М.Баранов,А.М.Карасевич,Г.А.Сарычев. - М.: Высш. шк., 2004.                                      | 1   |
| 3                                     | Ващенко А.П. Механические свойства конструкционных материалов при различных видах высокоскоростного нагружения : Препринт / А.П.Ващенко. - Киев: Изд-во Киев. ин-та проблем прочности, 1992.       | 2   |
| 4                                     | Костин П. П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов : учебное пособие для профессионально-технических училищ / П. П. Костин. - Москва: Машиностроение, 1990. | 10  |
| 5                                     | Симонов Ю. Н. Основы физики и механики разрушения : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Симонов, М. Н. Георгиев, М. Ю. Симонов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.   | 5   |
| 6                                     | Симтонов Ю. Н. Физика прочности и механические испытания металлов / Ю. Н. Симонов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2017.  | 2   |
| <b>2.2. Периодические издания</b>     |  |   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1   | Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов / Издательство Тест-ЗЛ. - Москва: Тест-ЗЛ, 1932 - . | 1 |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |   |
|   | Не используется   |   |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |   |
|   | Не используется   |   |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |   |
|   | Не используется   |   |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы   | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|--|---|---|
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Изучение функциональных свойств многослойных пленок на основе двух- и трехкомпонентных нитридов тугоплавких металлов и их соединений с легкоплавкими металлами и неметаллами | <a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3972">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3972</a> | локальная сеть; свободный доступ  |

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО               | Наименование ПО                                 |
|----------------------|---|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование  | Ссылка на информационный ресурс                                     |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | <a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>               |
| Электронно-библиотечная система Лань  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>         |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks  | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a> |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс   | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>   |

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения  | Количество единиц |
|----------------------|--|-------------------|
| Лабораторная работа  | Система универсальная элек-громеханическая Instron 5882 (100 кН), оснащенная видеоэкстензометром Instron AVE и температурной камерой для испытаний при температуре от -100 °С до +350 °С | 1                 |
| Лекция               | ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц (с модификациями)   | 1                 |
| Практическое занятие | ПК Intel Pentium Dual CPU 2000 МГц (с модификациями)   | 1                 |

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе