



---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

---

Учебно-научный институт транспорта

Кафедра «Трубопроводные транспортные системы»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по учебной  
работе и цифровизации

\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин

«21» апреля 2022 г.

**Рабочая программа учебной дисциплины**

**ФИЗИКА ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ**

**по направлению подготовки: 15.03.03**

**«Прикладная механика»**

**профиль «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»**

**квалификация выпускника: бакалавр**

**форма обучения: очная**

**(для набора с 2020 г.)**

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика прочности и механика разрушения» для направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиля «Нефтегазовое оборудование и надежность машин».

Разработал:

доцент каф. «ТТС», к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_/ В.А. Татаринцев  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
от 30.03.2022 г., протокол № 3

Заведующий выпускающей кафедрой «ТТС»

доктор технических наук, доц.

(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_/ М.Г. Шалыгин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Согласовано:

© Татаринцев В.А.

© ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный технический  
университет»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	7
5.3. Лекции .....	8
5.4. Лабораторные работы .....	9
5.5. Практические занятия.....	9
5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....	11
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	13
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	13
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	14
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся .....	15
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	16
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины .....	18
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем .....	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	19

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	21
11.1. Методические материалы для педагогических работников .....	21
11.2. Методические материалы для обучающихся .....	22
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	23
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	23
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....	23
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....	24
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	25
12.5. Характеристика результатов обучения .....	25
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	26
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	26

## **Предисловие**

Программа разработана на основе требований государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ № 220 от 12.03.2015 г. в соответствии с основной профессиональной образовательной программой высшего образования по профилю «Надёжность и безопасность машин». Дисциплина «Физика прочности и механика разрушения» ориентирована на научно-исследовательский и расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской виды профессиональной деятельности как основные.

## **1. Цель освоения дисциплины**

Цель дисциплины – обучение студентов основам теории, расчётов и практическому применению современных методов физики прочности и механики разрушения для обеспечения надёжности элементов технических систем на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации, пониманию общих принципов оценки конструкционной прочности, системному подходу к анализу причин отказов технических систем и использованию методов обеспечения и повышения их надёжности и безопасности.

Дисциплина формирует способность и готовность выполнения конкретных инженерных расчётов на живучесть конструкций, теоретических и экспериментальных исследований трещиностойкости материалов и конструкций, применения современных информационных технологий для выполнения расчётов; способствует развитию творческого мышления, умения работать с технической и справочной литературой, дисциплинирует и организует. В рамках данной дисциплины студент получает информацию об основных стандартах, действующих в механике разрушения и области их применения. Рассматриваются вопросы измерения показателей трещиностойкости, а также возможность оценки и обеспечения безопасности элементов машин.

Программа дисциплины включает организационные и методические рекомендации по изучению дисциплины, ее содержание по темам и дидактическим единицам, тематику практических занятий, список рекомендованных источников

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата**

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1 программы академического бакалавриата, базируется на предшествующих дисциплинах: «Высшая математика», «Физика», «Информационные технологии», «Теория упругости», «Материаловедение», «Детали машин и основы конструирования», является научной основой для следующих дисциплин: «Методы повышения надёжности и безопасности машин», «Прогнозирование технического состояния машин», «Обеспечение безопасности машин при проектировании», «Экспертная оценка и техническая диагностика машин».

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина «Физика прочности и механика разрушения» направлена на формирование следующих компетенций.

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование Компетенции	Результаты освоения
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-9	Готовность использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> методы испытаний, характеристики и возможности наукоемкого экспериментального оборудования для проведения механических испытаний на прочность и изнашивание;</li> <li>- <b>уметь</b> применять методы испытаний и использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний на прочность и трещиностойкость;</li> <li>- <b>владеть</b> методами испытаний и навыками использования наукоемкого экспериментального оборудования для проведения механических испытаний на прочность и трещиностойкость.</li> </ul>
ПК-12	Готовность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> методы проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа поверхности;</li> <li>- <b>уметь</b> составлять алгоритмы реализации методов проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа;</li> <li>- <b>владеть</b> навыками применения методов проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа.</li> </ul>

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часа).

Вид учебной работы	Семестр
	6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>68</b>
В том числе:	-
Лекции (Л)	51
Практические занятия (ПЗ)	34
Лабораторные работы (ЛР)	17
<b>Самостоятельная работа (СРС) (без учёта подготовки к экзамену)</b>	<b>51</b>
В том числе:	-
Курсовая работа	32
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	-
Подготовка к занятиям	16
Самоподготовка	3
Вид промежуточной аттестации:	-
- экзамен	<b>27</b>
<b>Общая трудоемкость: 4 зачетные единицы</b>	<b>180</b>

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Физические основы прочности и разрушения твердых тел	<p><i>Современные принципы физики прочности и процесса разрушения.</i> Макро-, микро- и субмикроструктура материалов. Дефекты элементов структуры (вакансии, дислокации и их классификация, границы зерен, поверхностные дефекты). Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Модели нагрузок. Модели твердых тел. <i>Виды деформирования.</i> Механизмы упругого и пластического деформирования на разных масштабно-структурных уровнях. Экструзии и интрузии Типичные диаграммы деформирования поликристаллов чистых металлов. Соотношение Петча-Холла.</p> <p><i>Виды разрушения</i> Критерии разрушения. Механические свойства материалов и факторы, их определяющие (масштаб, температура, влага, напряженное состояние). Экспериментальное определение механических свойств. Кинетическая концепция прочности и самоорганизованная критичность.</p>
2	Прочность и разрушение при цикличе-	<i>Циклическое нагружение.</i> Усталость, сопротивление усталости, усталостное повреждение, усталостная трещина, усталостное разрушение, многоцикловая и малоцик-

	ском нагружении	<p>ловая усталость. <i>Регулярное нагружение</i> (симметричный и асимметричные циклы напряжений и деформаций, их параметры, подобные циклы). Нерегулярное нагружение (бигармоническое, многоступенчатое, случайное: узкополосное, широкополосное). Мягкое и жесткое нагружения. <i>Кривая усталости</i>. Характеристики сопротивления усталости. Кривая усталости и ее виды. Долговечность (до появления трещины, до разрушения), предел выносливости, предельная амплитуда цикла, база испытаний, перегрузочные циклы. Переменные напряжения и деформации в реальных условиях эксплуатации.</p> <p>Стадийность процесса усталостного разрушения (стадия зарождения макротрещины, стадия живучести). Статистический аспект в усталости.</p> <p><i>Механизм усталостного разрушения</i>. Стадийность разрушения, статистическая природа повреждений. Модели зарождения субмикро-, микро- и макротрещин, циклическое охрупчивание материала. Фрактография, макро- и микростроение усталостных изломов, анализ зарождения и развития разрушения методами фрактографии.</p> <p><i>Механика многоциклового усталостного разрушения</i>. Виды испытаний на усталость. Медианная и вероятностная кривые усталости. Лабораторные образцы и виды нагружения. Математические модели кривой усталости. Планирование и статистический анализ результатов испытаний на многоцикловую усталость. Ускоренные испытания на усталость (метод экстраполяции, Про; Ивановой, Докати, «лестницы»). Сопротивление многоциклового усталости при сложном напряженном состоянии. Закономерности рассеяния усталостной долговечности и предела выносливости. Гигацикловая усталость.</p> <p><i>Факторы, определяющие сопротивление многоциклового усталости</i>. Конструктивные факторы (концентрация напряжений, масштабный фактор). Технологические факторы (свойства и структура материала, качество поверхностного слоя, поверхностное упрочнение, сварка). Эксплуатационные факторы (асимметрия цикла, напряженное состояние, температура, влажность, фреттинг-коррозия, частота нагружения). Оценка влияния факторов на характеристики выносливости. Экспериментальная и расчетная оценка предела выносливости конструкции. Методы повышения сопротивления многоциклового усталости.</p> <p><i>Модели накопления усталостных повреждений</i> на стадии зарождения макротрещины. Меры усталостного повреждения материала. Модели накопления повреждений при регулярном и нерегулярном нагружениях (линейная, не-</p>
--	-----------------	--



		<p>линейные, Пальмгрена-Майнера, Кортена-Долана, Серенсена-Когаева, и др.). Статистическая трактовка моделей накопления усталостных повреждений.</p> <p><i>Статистическая теория</i> наиболее слабого звена при многоцикловом нагружении. Теория подобия многоциклового усталостного разрушения (критериальные уравнения и практические зависимости). Опытная и расчетная оценка параметров уравнения подобия усталостного разрушения. Определение коэффициента вариации предела выносливости (внутри- и межплавочное рассеяние, геометрическое рассеяние).</p> <p><i>Механика малоциклового разрушения.</i> Закономерности малоциклового нагружения и параметры диаграммы циклического упругопластического деформирования. Эффект Баушингера. Циклические свойства материалов. Обобщенная диаграмма циклического упругопластического деформирования. Закономерности малоциклового разрушения. Методы и средства экспериментальной механики при малоцикловом нагружении. Виды разрушения. Кривые малоциклового усталости. Модели накопления повреждений при малоцикловом нагружении. Влияние факторов на сопротивление малоциклового разрушению.</p>
3	Механика статической и циклической трещиностойкости	<p><i>Механика трещин.</i> Трещиноподобные дефекты Геометрия и типы трещин. Модель трещины. Энергетическая теория Гриффитса. Поля напряжений и перемещений в окрестности вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы определения коэффициентов интенсивности напряжений.</p> <p><i>Линейная механика разрушения.</i> Сингулярные задачи для тел с трещинами. Численные методы в механике разрушения. Силовой критерий хрупкого разрушения. Пластическая зона в окрестности вершины трещины. Модель Ирвина. Силовой критерий квазихрупкого разрушения. Энергетический критерий линейной механики разрушения (интенсивность освобождения упругой энергии, удельная работа разрушения). Эквивалентность энергетического и силового критериев разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений для разных моделей разрушения Область применения линейной механики разрушения.</p> <p><i>Нелинейная механика разрушения.</i> Энергетический критерий разрушения. Инвариантные интегралы в механике разрушения. Деформационный критерий разрушения на основе раскрытия трещины в вершине. Деформационный критерий разрушения на основе коэффициента интенсивности упругопластических деформаций. Связи между параметрами разрушения.</p> <p><i>Трещиностойкость при однократном нагружении.</i> Характеристики кратковременной трещиностойкости материалов, их экспериментальное определение (лаборатор-</p>

		<p>ные образцы, техника эксперимента, диаграммы деформирования).</p> <p><i>Прочность конструкции с трещиной.</i> Факторы, влияющие на статическую трещиностойкость (свойства и структура материала, низкая температура, скорость нагружения, вид напряженного состояния, размеры). Рассеяние характеристик статической трещиностойкости. Методы повышения статической трещиностойкости конструкций.</p> <p><i>Трещиностойкость при циклическом нагружении.</i> Общие закономерности усталостного разрушения и развития усталостных трещин (стадийность процесса усталостного разрушения, модельные представления о механизме распространения и траектория усталостных трещин, зона предразрушения, закрытие усталостных трещин).</p> <p><i>Механики развития усталостных трещин.</i> Кинетическая диаграмма усталостного разрушения и ее математические модели. Характеристики циклической трещиностойкости. Экспериментальные модели в механике разрушения. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости (лабораторные образцы, техника эксперимента, обработка результатов испытаний).</p> <p>Факторы, влияющие на циклическую трещиностойкость материалов (конструктивные, технологические, эксплуатационные). Эффект задержки роста усталостных трещин после перегрузочных циклов. Статистические закономерности развития усталостных трещин. Методы повышения живучести элементов машин и конструкций.</p> <p><i>Механика коррозионного разрушения.</i> Коррозионное растрескивание и деформационное старение материалов при статических нагрузках. Кинетическая диаграмма коррозионного растрескивания.</p> <p>Коррозионно-усталостное разрушение материалов. Кривая коррозионной усталости, кинетическая диаграмма коррозионно-усталостного разрушения. Механизм влияния коррозионных сред на трещиностойкость материалов (адсорбционное понижение прочности, водородное охрупчивание, коррозионное растворение). Методы повышения коррозионной стойкости.</p> <p><i>Динамическая механика разрушения.</i> Критерии динамической механики разрушения (старта, остановки, распространения, ветвления трещины).</p>
--	--	--

## 5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых(последующих) дисциплин	№ разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
		1	2	3
1	«Методы повышения надёжности и безопасности машин»	✓	✓	✓
2	«Обеспечение безопасности машин при проектировании»	✓	✓	✓
3	«Прогнозирование технического состояния машин»	✓	✓	✓
4	«Экспертная оценка и техническая диагностика машин»	✓	✓	✓

## 5.3. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	ЭКЗ	Всего часов
1	Физические основы прочности и разрушения твердых тел	14	12	6	14	5	
2	Прочность и разрушение при циклическом нагружении	21	10	7	21	14	
3	Механика статической и циклической трещиностойкости	16	12	4	16	8	
<b>Итого</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>180</b>

## 6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы, семинары

### 6.1. Лекции.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	<i>Современные принципы физики прочности и процесса разрушения.</i> Макро-, микро- и субмикроструктура материалов. Дефекты элементов структуры (вакансии, дислокации и их классификация, границы зерен, поверхностные дефекты). Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Модели нагрузок. Модели твердых тел	2
2	1	<i>Виды деформирования.</i> Механизмы упругого и пластического деформирования на разных мас-	4

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
		штабно-структурных уровнях. Экструзии и ин- трузии Типичные диаграммы деформирования поликристаллов чистых металлов. Соотношение Петча-Холла.	
3	1	<i>Виды разрушения</i> Критерии разрушения. Меха- нические свойства материалов и факторы, их определяющие (масштаб, температура, влага, напряженное состояние). Экспериментальное определение механических свойств. Кинетиче- ская концепция прочности и самоорганизо- ванная критичность.	2
4	2	<i>Циклическое нагружение.</i> Усталость, сопротив- ление усталости, усталостное повреждение, усталостная трещина, усталостное разрушение, многоцикловая и малоцикловая усталость. <i>Регу- лярное нагружение</i> (симметричный и ассимет- ричные циклы напряжений и деформаций, их параметры, подобные циклы). Нерегулярное нагружение (бигармоническое, многоступенча- тое, случайное: узкополосное, широкополосное). Мягкое и жесткое нагружения.	4
5	2	<i>Кривая усталости.</i> Характеристики сопротив- ления усталости. Кривая усталости и ее виды. Долговечность (до появления трещины, до раз- рушения), предел выносливости, предельная ам- плитуда цикла, база испытаний, перегрузочные циклы. Переменные напряжения и деформации в реальных условиях эксплуатации. Стадийность процесса усталостного разрушения (стадия зарождения макротрещины, стадия жи- вучести). Статистический аспект в усталости.	2
6	2	<i>Механизм усталостного разрушения.</i> Стадий- ность разрушения, статистическая природа по- вреждений. Модели зарождения субмикро-, микро- и макротрещин, циклическое охрупчива- ние материала. Фрактография, макро- и микро- строение усталостных изломов, анализ зарожде- ния и развития разрушения методами фракто- графии.	4
7	2	<i>Механика многоциклового усталостного разру- шения.</i> Виды испытаний на усталость. Медианная и ве- роятностная кривые усталости. Лабораторные образцы и виды нагружения. Математические модели кривой усталости.	2

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
		Планирование и статистический анализ результатов испытаний на многоцикловую усталость. Ускоренные испытания на усталость (метод экстраполяции, Про; Ивановой, Докати, «лестницы»). Сопротивление многоциклового усталости при сложном напряженном состоянии. Закономерности рассеяния усталостной долговечности и предела выносливости. Гигацикловая усталость.	
8	2	<p><i>Факторы, определяющие сопротивление многоциклового усталости.</i></p> <p>Конструктивные факторы (концентрация напряжений, масштабный фактор).</p> <p>Технологические факторы (свойства и структура материала, качество поверхностного слоя, поверхностное упрочнение, сварка).</p> <p>Эксплуатационные факторы (асимметрия цикла, напряженное состояние, температура, влажность, фреттинг-коррозия, частота нагружения).</p> <p>Оценка влияния факторов на характеристики выносливости. Экспериментальная и расчетная оценка предела выносливости конструкции. Методы повышения сопротивления многоциклового усталости.</p> <p><i>Модели накопления усталостных повреждений на стадии зарождения макротрещины. Меры усталостного повреждения материала. Модели накопления повреждений при регулярном и нерегулярном нагружениях (линейная, нелинейные, Пальмгрена-Майнера, Кортена-Долана, Серенсена-Когаева, и др.). Статистическая трактовка моделей накопления усталостных повреждений.</i></p>	4
9	2	<p><i>Статистическая теория</i> наиболее слабого звена при многоцикловом нагружении. Теория подобия многоциклового усталостного разрушения (критериальные уравнения и практические зависимости). Опытная и расчетная оценка параметров уравнения подобия усталостного разрушения. Определение коэффициента вариации предела выносливости (внутри- и межплавочное рассеяние, геометрическое рассеяние).</p>	4
10	2	<p><i>Механика малоциклового разрушения.</i> Закономерности малоциклового нагружения и параметры диаграммы циклического упругопласти-</p>	2

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
		ческого деформирования. Эффект Баушингера. Циклические свойства материалов. Обобщенная диаграмма циклического упругопластического деформирования. Закономерности малоциклового разрушения. Методы и средства экспериментальной механики при малоцикловом нагружении. Виды разрушения. Кривые малоциклового усталости. Модели накопления повреждений при малоцикловом нагружении. Влияние факторов на сопротивление малоцикловому разрушению.	
11	3	<i>Механика трещин.</i> Трещиноподобные дефекты. Геометрия и типы трещин. Модель трещины. Энергетическая теория Гриффитса. Поля напряжений и перемещений в окрестности вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Методы определения коэффициентов интенсивности напряжений. Расчет КИН методом сечений.	2
12	3	<i>Линейная механика разрушения.</i> Сингулярные задачи для тел с трещинами. Численные методы в механике разрушения. Силовой критерий хрупкого разрушения. Пластическая зона в окрестности вершины трещины. Модель Ирвина. Силовой критерий квазихрупкого разрушения. Энергетический критерий линейной механики разрушения (интенсивность освобождения упругой энергии, удельная работа разрушения). Эквивалентность энергетического и силового критериев разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений для разных моделей разрушения. Область применения линейной механики разрушения.	4
13	3	<i>Нелинейная механика разрушения.</i> Энергетический критерий разрушения. Инвариантные интегралы в механике разрушения. Деформационный критерий разрушения на основе раскрытия трещины в вершине. Деформационный критерий разрушения на основе коэффициента интенсивности упругопластических деформаций. Связи между параметрами разрушения.	2

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
14	3	<p><i>Трещиностойкость при однократном нагружении.</i></p> <p>Характеристики кратковременной трещиностойкости материалов, их экспериментальное определение (лабораторные образцы, техника эксперимента, диаграммы деформирования).</p> <p><i>Прочность конструкции с трещиной.</i> Факторы, влияющие на статическую трещиностойкость (свойства и структура материала, низкая температура, скорость нагружения, вид напряженного состояния, размеры). Рассеяние характеристик статической трещиностойкости.</p> <p>Методы повышения статической трещиностойкости конструкций.</p>	4
15	3	<p><i>Трещиностойкость при циклическом нагружении.</i></p> <p>Общие закономерности усталостного разрушения и развития усталостных трещин (стадийность процесса усталостного разрушения, модельные представления о механизме распространения и траектория усталостных трещин, зона предразрушения, закрытие усталостных трещин).</p>	2
16	3	<p><i>Механики развития усталостных трещин.</i> Кинетическая диаграмма усталостного разрушения и ее математические модели. Характеристики циклической трещиностойкости. Экспериментальные модели в механике разрушения. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости (лабораторные образцы, техника эксперимента, обработка результатов испытаний). Факторы, влияющие на циклическую трещиностойкость материалов (конструктивные, технологические, эксплуатационные). Эффект задержки роста усталостных трещин после перегрузочных циклов. Статистические закономерности развития усталостных трещин. Методы повышения живучести элементов машин и конструкций</p>	4
17	3	<p><i>Механика коррозионного разрушения.</i></p> <p>Коррозионное растрескивание и деформационное старение материалов при статических нагрузках. Кинетическая диаграмма коррозионного растрескивания. Коррозионно-усталостное разрушение материалов. Кривая коррозионной</p>	3

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
		усталости, кинетическая диаграмма коррозионно-усталостного разрушения. Механизм влияния коррозионных сред на трещиностойкость материалов (адсорбционное понижение прочности, водородное охрупчивание, коррозионное растворение). Методы повышения коррозионной стойкости. <i>Динамическая механика разрушения.</i> Критерии динамической механики разрушения (старта, остановки, распространения, ветвления трещины).	
<b>Итого</b>			<b>51</b>

### 6.2. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика практических занятий	Трудоем- кость (час.)
1	1	Расчеты на прочность поликристаллических тел.	4
2	1	Расчеты на прочность с использованием кинетической теории прочности	4
3	2	Расчетная оценка характеристик сопротивления усталости	4
4	2	Расчетная оценка характеристик сопротивления усталости в вероятностном аспекте	4
5	2	Расчетная оценка усталостной долговечности деталей	4
6	3	Расчет КИН методом сечений. Расчеты на трещиностойкость с использованием критериев линейной и нелинейной механики разрушения	4
7	3	Расчеты на трещиностойкость элементов конструкций в вероятностном аспекте	4
8	3	Расчеты живучести элементов конструкций	6
<b>Итого</b>			<b>34</b>

### 6.3. Лабораторные работы

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Названия лабораторных работ	Трудоем- кость (час.)
1	1	Анализ причин и характера разрушения деталей машин по их изломам	2
2	2	Методика и проведение испытаний на усталость при регулярном нагружении	4



№ п/п	№ раздела дисциплины	Названия лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
3	2	Методика и проведение испытаний на усталость при программном нагружении	4
4	2	Ускоренные испытания на усталость.	4
5	3	Испытания материалов на трещиностойкость при статическом и циклическом нагружении	3
<b>Итого</b>			<b>17</b>

#### 6.4. Семинары

Семинары не предусмотрены учебным планом.

#### 6.5. Образовательные технологии

Лекции	Лекция-изложение, лекция-объяснение. Мультимедийная лекция. Проблемная лекция
Практические занятия	Работа в группах, обсуждение сценариев решения задач, студент в роли обучающего, проблемные задачи и вопросы.
Лабораторные работы	Проблемные вопросы, мозговой штурм, работа в группах, решение ситуационных задач, групповые дискуссии.
Самостоятельная работа студентов	Компьютерные технологии, работа по аналогии. Индивидуальные исследования. Применения знаний к практическим задачам
Консультации	Индивидуальные, групповые консультации. Дискуссии. Компьютерные технологии. Управление процессом освоения учебной информации, применения знаний на практике, поиска новой учебной информации
Текущий контроль, экзамен, защита курсовой работы	Дискуссия. Обсуждение ситуаций.

### 7. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	Физические основы прочности и разрушения твердых тел	Подготовка к занятиям
		Выполнение курсовой работы
		Изучение дополнительной литературы
2	Прочность и разрушение при циклическом нагружении.	Подготовка к занятиям
		Выполнение курсовой работы
		Изучение дополнительной литературы
3	Механика статической и циклической трещиностойкости	Подготовка к занятиям
		Выполнение курсовой работы
		Изучение дополнительной литературы

**Тематика курсовой работы:** исследование прочности элементов типовых конструкций – валов, осей, заклепочных соединений, сварных конструкций, резьбовых соединений, соединений вал-ступица – с натягом, шпоночных, шлицевых, зубьев зубчатых и червячных колес, подшипников качения и скольжения. Курсовая работа включает в себя три раздела. Первый раздел: расчет действующих нагрузок и оценка нагруженности рассчитываемого элемента. Второй раздел: оценка характеристик сопротивления (статического, циклического) разрушения элемента конструкции по характеристикам материала. Третий раздел: расчет вероятности разрушения элемента конструкции или запаса прочности и долговечности.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:**

1. Шлюшников А.П. Механика разрушения и расчеты на прочность и долговечность деталей машин и элементов конструкций с трещинами: Учеб, пособие. - Брянск: БГТУ, 1996. - 232 с.- [ 9 экз.].
2. Шлюшников А.П. Механика многоциклового усталостного разрушения: Учеб, пособие. - Брянск: БИТМ, 1990. - 156 с. - [15 экз.].
3. Шлюшников А.П. Нагруженность и расчеты на прочность и долговечность деталей машин и элементов конструкций: Учеб.пособие. - Брянск: БИТМ, 1991.- 156 с. - [ 12 экз.].
4. Когаев В.П., Дроздов Ю.М. Прочность и износостойкость деталей машин: Учеб, пособие для машиностр. спец. вузов. - М.: Высш. шк., - 1991. - 319 с. - [5 экз.].
5. Шлюшников А.П. Механика разрушения и расчеты на прочность и долговечность при малоцикловом нагружении: Учеб, пособие. - Брянск: БГТУ, 2008. - 78 с. - [14 экз.].

### **8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

#### *а) основная литература:*

1. Гусев А.С. Вероятностные методы в механике машин и конструкций: Учеб, пособие. - М.: МГТУ, 2009. - 224 с. - [ 5экз.].
2. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел: Курс лекций. - СПб.: Профессия, 2002. - 320 с. - [ 5экз.].

#### *б) дополнительная литература:*

1. Пестриков В.М., Морозов Е. Механика разрушения на базе компьютерных технологий. Практикум.- М.: ХВ-Петербург, 2007.- 464 с. - [ 1экз.].
2. Когаев В.П., Дроздов Ю.М. Прочность и износостойкость деталей машин: Учеб, пособие для машиностр. спец. Вузов. - М.: Высш. шк., - 1991. - 319 с.. [7 экз.].
3. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1985.- 504 с. - [2 экз.].

4. Когаев.В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени /Под ред. А. П. Гусенкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. – 363 с. - [1 экз.], 1977 г., - 232 с.- [9 экз.].

5. Броек Д. Основы механики разрушения. – М.:Высшая школа, 1980. – 368 с. [5 экз.].

6. Ботвина Л.Р. Разрушение. Кинетика, механизмы, общие закономерности. М.: Наука, 2008. 334 с. - [1 экз.].

*в) справочная литература:*

1. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: В 2 т. / Ю. Ито и др.; Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - [1 экз.].

2. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.-П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справ. - М.: Машиностроение, 1985. - 244 с. - [11 экз.].

3. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справ. - М.: Машиностроение, 1985. - 232 с. - [2 экз.].

4. Механика разрушения и прочность материалов: Справ, пособие: В 4 т. /Под ред. В.В.Панасюка. - Киев: Наук, думка, 1988.- [2 экз.].

5. Школьник, Л.М. методика усталостных испытаний: справочник. – М.: Металлургия, 1978. – 302 с. - [3 экз.].

**8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:**

[http://www.ph4s.ru/book\\_razrushenie.html](http://www.ph4s.ru/book_razrushenie.html).

**8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных систем (при необходимости).**

Операционная система MS Windows и MS Office Professional для ноутбука.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектованы специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска).

2. Специализированные учебные аудитории (ауд. 254, 114) для проведения лабораторных работ, лекционных и практических занятий, консультаций и промежуточной аттестации укомплектованы специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска), наглядными пособиями и лабораторным оборудованием.

3. Специализированная аудитория (ауд. 258) для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, промежуточной аттестации. Аудитория оборудована ноутбуком, мультимедиа-проектором, интерактивной доской.

4. Перечень лабораторного оборудования.

Специализированная аудитория 114:

1. Комплект фрагментов деталей с изломами, полученными при эксплуатационном разрушении – 12 шт.

2. Винтовой пресс с динамометрами для деформации сжатием – 2 шт.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **10.1. Методические рекомендации для преподавателей**

*Дисциплина в целом.* Темы лекций, практических и лабораторных занятий необходимо согласовывать друг с другом, с расписанием аудиторных занятий и с графиком выполнения курсовой работы. Студентам заранее сообщаются вопросы к экзамену и к защите курсовой работы, темы практических и лабораторных занятий, график выполнения курсовой работы, система оценки учебной работы. При изучении учебного материала необходимо постоянно показывать связи физики прочности и механики разрушения со смежными дисциплинами.

*Лекции.* Большую часть лекционного материала, учитывая ограниченность во времени, целесообразно излагать, используя технологию объяснительно-иллюстрационной (традиционной) модели обучения: от знаний к проблеме. Лекция-изложение, лекция-объяснение, лекция-установка. Часть учебного материала следует излагать, используя технологию проблемного обучения (от проблемы к знаниям): факторы, влияющие на сопротивление многоцикловой усталости; анализ причин и характера разрушения методами фрактографии, факторы, влияющие на статическую и циклическую трещиностойкость материалов и т.д., с использованием интерактивных методов: «групповые дискуссии», анализ причин и характера разрушения.

*Практические занятия.* Рекомендуется применять разные методы обучения при решении задач по каждой теме. Часть времени практического занятия проводится интерактивными методами («работа в группах», «студент в роли обучающего», «обсуждение сценариев решения задач»). Другая часть занятия проводится с использованием пассивной и активной моделей обучения. Применяются проблемные вопросы и задачи.

*Лабораторные работы.* Все лабораторные работы включают элементы проблемного обучения: проблемные вопросы. Структура лабораторных работ ориентирована на модель интерактивного обучения. В начале лабораторной работы проводится сеанс «мозгового штурма» для поиска решений проблемных задач: сущности рассматриваемого метода, принципа действия лабораторной установки. При выполнении и защите лабораторных работ используется «работа в группах», «решение ситуационных задач», «групповые дискуссии».

*Курсовая работа.* Целью выполнения курсовой работы по дисциплине «Физика прочности и механика разрушения» является закрепление, углубление и расширение знаний-умений, полученных студентами при её изучении, а также приобретение навыков проведения расчётов и исследования механизмов, разработки проектной документации, работы на компьютерной технике с прикладными программными средствами («информационные компьютерные технологии», «работа по аналогии», «технология проектирования и прогнозирования»). Курсовая работа имеет типовую структуру, выполняется по типовой методике в установленный срок. Тем не менее, в курсовую работу с учётом подготовленности студента включаются элементы исследования с использованием средств компьютерной графики (Компас), электронной таблицы (*Microsoft Excel*), пакета компьютерной математики (*Mathcad*). Консультации (индивидуальные и групповые) к курсовой работе следует организовывать таким образом, чтобы студенты, общаясь, получали помощь не только от преподавателя, но и друг от друга («работа в группах», «работа по аналогии»).

Защита курсовой работы является завершающим этапом изучения дисциплины. Она проходит в форме дискуссии студента и преподавателя в присут-

ствии других студентов и требует от студента специальной подготовки. Во время защиты студент, отвечая на поставленные вопросы, демонстрирует свои знания-умения по затронутым в работе темам. При оценке курсовой работы учитываются качество выполнения и оформления текстовых документов, обоснованность выбранных расчетных моделей, интерпретация полученных результатов, уровень знаний, продемонстрированный в ответах на вопросы, самостоятельность и соблюдение сроков представления работы.

## **10.2. Методические рекомендации для обучающихся**

*Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины.* Учебная работа, как и любая другая, включает в себя подготовительные, основные и проверочные действия. Проверочные действия студент осуществляет в виде самоконтроля по каждому виду учебной работы.

Подготовка к лекции: повторить предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебной литературе накануне текущей лекции. В случае непонимания материала – сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю или коллегам за разъяснением. Пониманию проблемы способствуют:

- умение задавать себе вопросы;
- аналогия;
- разные языки описания проблемы (словесный, графический, математический, символичный, табличный).

Подготовка к практическому занятию: изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе с обязательным рассмотрением примеров накануне занятия.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучение рассматриваемой проблемы по методическим указаниям, учебникам, ресурсам Internet, конспекту лекций. При подготовке к защите лабораторной работы следует обратить особое внимание на цель и методику проведения работы, принцип действия лабораторной установки, её конструкцию, нагружающее и измерительное устройство. При выполнении лабораторной работы следует в течение занятия оформить отчёт и проверить себя, отвечая на предложенные в методических указаниях вопросы.

*Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.* Для экономии времени и повышения качества обучения рекомендуется изучить рабочую программу дисциплины и учебно-методический комплекс.

Самостоятельная работа занимает более половины отводимого на изучение дисциплины времени, поэтому ей следует уделять повышенное внимание.

Курсовую работу необходимо выполнять равномерно в течение всего семестра в соответствии с предложенным преподавателем графиком.

Итоговая оценка по курсу учитывает результаты самостоятельной и аудиторной работы студента, поэтому учиться надо, прежде всего, в семестре.

*Рекомендации по изучению отдельных тем курса.* Отдельные темы, указанные преподавателем на лекции, рекомендуется изучать сразу после получения задания (до следующей лекции) от преподавателя. При этом следует использовать основную, дополнительную, справочную литературу и Internet.

*Рекомендации по работе с литературой:*

1. Просмотрите предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебнику. Найдите связь, изучаемой темы с остальными разделами курса.

2. Анализ заголовка. Прочитав заголовок, следует спросить себя: «О чём здесь пойдёт речь? Почему заголовок имеет такое название?». Попробуйте ответить на эти и аналогичные вопросы.

3. По ходу чтения ведите диалог с текстом. Задавайте себе вопросы, например, «Откуда это следует? Как быть в этом случае?». По ходу чтения старайтесь осознать, что вам не понятно. Делайте выписки, составляйте схемы, таблицы, подчёркивайте ключевые слова, важные мысли. Разбирайте примеры.

4. После прочтения текста попробуйте выразить его главные мысли. Представьте себе логическую схему текста. Составьте план конспекта.

5. Бегло просмотрев учебный материал и повторяя сложные места, составьте конспект текста, который будет использован в дальнейшем.

*Курсовую работу* студенты выполняют самостоятельно, по графику встречаясь с преподавателем в течение семестра на занятиях и консультациях, к которым также необходимо готовиться. На консультациях студент представляет выполненную часть работы для контроля и проверки преподавателем, получает помощь в решении возникших проблем со стороны преподавателя и от других студентов. Курсовую работу удобно рассматривать как набор, связанных между собой, задач. Основной метод выполнения курсовой работы – аналогия. Аналогичные задачи решаются на лекциях, практических занятиях, в учебной литературе, коллегами – студентами. *Подготовка к защите курсовой работы* обязательна и включает в себя изучение теоретических вопросов, затронутых в работе, повторение учебного материала, приведённого в текстовых и графических документах, ответы на типовые вопросы.

*При подготовке к экзамену* необходимо, прежде всего, проработать конспект лекций и учебную литературу в рамках сформулированных преподавателем вопросов к экзамену. Возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях. Просмотреть и повторить лабораторные работы, их сущность, выводы, ответить на контрольные вопросы. Проработать решения типовых задач, разобранных на практических занятиях и при выполнении домашних контрольных работ. Повторить учебный материал курсовой работы.

## 11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 11.1. Этапы формирования компетенций

Разделы дисциплины	Код показателя освоения					
	ПК-9.P1	ПК-9.P2	ПК-9.P3	ПК-11.P1	ПК-11.P2	ПК-11.P3
Раздел 1. Физические основы прочности и разрушения твердых тел	+	+	+	+	+	+
Раздел 2. Прочность и разрушение при циклическом нагружении.	+	+	+	+	+	+
Раздел 3. Механика статической и циклической трещиностойкости	+	+	+	+	+	+

### 11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	
			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
ПК-9	Готовность использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний	ПК-9.Р1 – <b>знает</b> методы испытаний, характеристики и возможности наукоемкого экспериментального оборудования для проведения механических испытаний на прочность и изнашивание;	Защита лабораторных работ.	Экзамнационные вопросы и задачи  Вопросы к защите курсовой работы
		ПК-9.Р2 – <b>умеет</b> применять методы испытаний и использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний на прочность и трещиностойкость;	Контрольные работы.	
		ПК-9.Р3 – <b>владеет</b> методами испытаний и навыками использования наукоемкого экспериментального оборудования для проведения механических испытаний на прочность и трещиностойкость.	Контроль выполнения курсовой работы.	
ПК-12	Готовность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и	ПК-12.Р1 – <b>знает</b> методы проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа поверхности;	Контрольные работы.	Экзамнационные вопросы и задачи.  Вопросы к защите курсовой работы
		ПК-12.Р2 – <b>умеет</b> составлять алгоритмы реализации методов проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа;	Защита лабораторных работ.  Контроль выполнения курсовой работы	

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	
			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
	деталей машин	<b>ПК-12.РЗ</b> – владеет навыками применения методов проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности, надежности и безопасности с учетом стадии развития в них трещин и износа.		

### 11.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

*Текущий контроль* успеваемости включает следующие процедуры:

- контрольные работы;
- защиту выполненных лабораторных работ;
- контроль посещаемости;
- контроль выполнения курсовой работы, включающий график выполнения курсовой работы и устный опрос по вопросам к защите курсовой работы на консультациях.

Шкала и критерии оценивания уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении заданий аудиторных занятий:

– оценка «*отлично*» (максимальный уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он выполнил и успешно защитил все лабораторные работы, правильно решил все задачи контрольных работ, показал хорошую посещаемость учебных занятий, отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;

– оценка «*хорошо*» (средний уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он выполнил и защитил с небольшими замечаниями лабораторные работы, решил с замечаниями задачи контрольных работ, показал хорошую посещаемость учебных занятий, хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;

– оценка «*удовлетворительно*» (минимальный уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он со значительными замечаниями выполнил и защитил лабораторные работы, решил правильно большую часть задач контрольных работ, показал удовлетворительную посещаемость учебных занятий, удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;



– оценка *«неудовлетворительно»* (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) выставляется студенту, если он не выполнил или не защитил часть лабораторных работ, не решил задачи контрольной работы, не посещал более половины учебных занятий, показал неудовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений.

Студент, получивший оценку *«неудовлетворительно»* при текущем контроле успеваемости, к промежуточной аттестации не допускается.

### **Шкала и критерии оценивания качества курсовой работы (уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении курсовой работы)**

<b>Оценка</b>	<b>Характеристика</b>
<b>«Отлично»</b> (максимальный уровень освоения компетенций)	Работа выполнена самостоятельно, в полном объёме, без ошибок, с использованием современных информационных технологий. Продемонстрировано умение выполнять расчеты в области физики прочности и механики разрушения элементов машин и способность составлять описания этих работ, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Качество оформления хорошее. Курсовая работа представлена на защиту к назначенному сроку, разделы работы выполнялись в соответствии с графиком
<b>«Хорошо»</b> (средний уровень освоения компетенций)	Работа выполнена самостоятельно, в полном объёме, с использованием современных информационных технологий, с небольшими недочётами. В некоторых задачах критерии выбора недостаточно чётко сформулированы, пояснения недостаточно полные, допущены неточности. Качество оформления хорошее. Разделы работы выполнялись в соответствии с графиком, работа представлена на защиту к назначенному сроку.
<b>«Удовлетворительно»</b> (минимальный уровень освоения компетенций)	Работа выполнена в полном объёме, с использованием современных информационных технологий, с серьёзными недочётами. Самостоятельность выполнения отдельных задач вызывает сомнение. Продемонстрировано умение выполнять расчеты в области физики прочности и механики разрушения элементов машин и способность составлять описания этих работ, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Во многих задачах принятия решений критерии выбора недостаточно чётко сформулированы, выбор не обоснован, пояснений недостаточно. Качество оформления удовлетворительное.
<b>«Неудовлетворительно»</b> (минимальный уровень освоения компетенций)	Работа выполнена не самостоятельно, в неполном объёме, без использования современных информационных технологий, в решениях многих задач присутствуют ошибки, большинство пояснений в задачах принятия решений отсутствуют, качество оформления неудовлетворительное. Курсовая работа не

Оценка	Характеристика
ций не достигнут)	представлена на защиту к назначенному сроку, разделы работы не выполнялись в течение семестра в соответствии с графиком.

**Контрольно-измерительные материалы текущего контроля успеваемости:** задания для контрольных работ; задания на курсовую работу; график выполнения курсовой работы; контрольные вопросы из списка к защите курсовой работы.

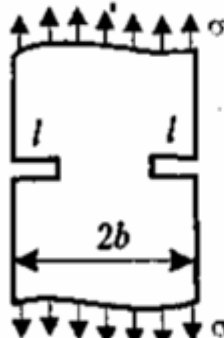


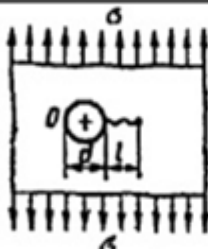
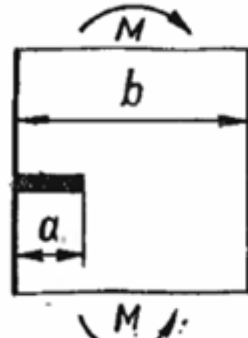

### *Задания для контрольных работ и подготовки к экзамену*

*Задача № 1.* В элементе конструкции (табл. 1) расположена трещина. Известны геометрические размеры элемента конструкции и трещины, параметры трещиностойкости материала конструкции. Найти допускаемую нагрузку (напряжение). Исходные данные взять из таблиц 2.1, 2.2.

*Задача № 2.* В элементе конструкции (табл. 1) расположена трещина. Элемент конструкции подвергается циклическому нагружению (цикл отнулевой). Известны геометрические размеры элемента конструкции и трещины, параметры трещиностойкости материала конструкции, максимальное значение нагрузки (напряжения) в цикле нагружения. Найти критическую длину усталостной трещины. Примечание: при решении нелинейного уравнения применять метод хорд (максимальное число приближений равно трём). Исходные данные взять из таблиц 2.1, 2.2.

*Задача № 3.* В элементе конструкции (табл. 1) расположена трещина. Элемент конструкции подвергается циклическому нагружению (цикл отнулевой). Известны геометрические размеры элемента конструкции и трещины, параметры трещиностойкости материала конструкции, максимальное значение нагрузки (напряжения) в цикле нагружения. Найти: 1) критическую длину усталостной трещины. Примечание: применять метод хорд (число приближений равно трём); 2) найти циклическую долговечность элемента конструкции. Примечание: при интегрировании формулы Пэриса использовать метод средних прямоугольников (число узлов равно четырем). Исходные данные взять из таблиц 2.1, 2.2.

Таблица 1

№ расчет- ной схемы	Расчетная схема и формулы для вычисления коэффициента интен- сивности напряжений
1	 $K_I = \sigma \sqrt{\pi l} \cdot Y$ $Y = \left[ \frac{2b}{\pi l} \left( \operatorname{tg} \frac{\pi l}{2b} + 0,1 \sin \frac{\pi l}{b} \right) \right]^{1/2}$
2	 $K_I = \sigma \sqrt{\pi l} \cdot \frac{1,11 + 5(l/h)^4}{1 - l/h}$
3	 $K_I = \sigma \sqrt{\pi l \sec[\pi l / (2h)]}$
4	 $K_I = 0,59 \sigma_0 \sqrt{d}$ $\sigma_0 / \sigma = 3 + 2,115 \sqrt{(d+l)/d}$
5	 $K_I = \sigma \sqrt{\pi l} \cdot Y,$ $Y = [1,12 - 1,40 \times \left( \frac{a}{b} \right) + 7,33 \times$ $\times \left( \frac{a}{b} \right)^2 - 13,08 \left( \frac{a}{b} \right)^3 + 14 \left( \frac{a}{b} \right)^4],$ $\sigma = \frac{6M}{tb^2}$
6	 $K_I = \sigma \sqrt{t} \times [-0,364 - 6,171(l/t) -$ $+ 33,17(l/t)^2 - 125,4(l/t)^3 +$ $+ 162,8(l/t)^4]$

продолжение Табл. 1.

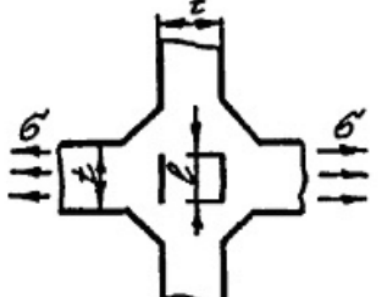
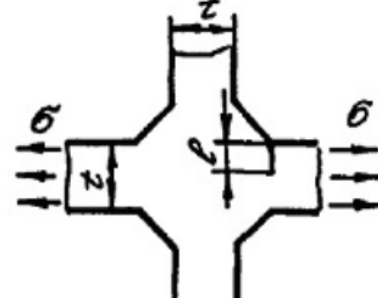
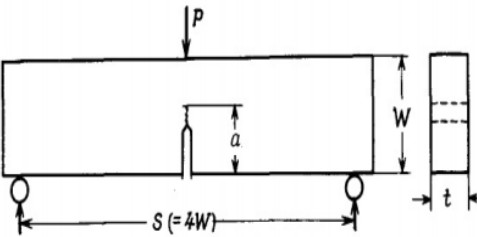
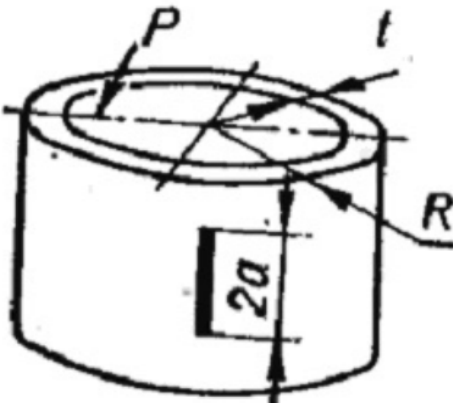
№ расчет- ной схемы	Расчетная схема и формулы для вычисления коэффициента интен- сивности напряжений	
7		$K_I = \sigma \sqrt{t} \times [0,784 + 0,966(l/t) - 1,225(l/t)^2 + 1,067(l/t)^3 + 3,289(l/t)^4]$
8		$K_I = \sigma \sqrt{t} \times [0,549 + 3,725(l/t) - 15,73(l/t)^2 + 56,35(l/t)^3 - 56,46(l/t)^4]$
9		$\alpha = a/W,$ $K_I = \frac{3SP}{2tW^2} \sqrt{\pi a} \cdot Y(\alpha),$ $Y(\alpha) = \frac{1,99 - \alpha(1 - \alpha)}{(1 + 2\alpha)} \times \frac{(2,15 - 3,93\alpha + 2,7\alpha^2)}{(1 - \alpha)^{3/2}},$
0		$K_I = \sigma \sqrt{\pi l} \cdot Y,$ $Y = \sqrt{1 + 1,61 \frac{a^3}{Rt}},$ $\sigma = \sigma_0 = \frac{pR}{t}.$

Таблица 2.1. Исходные данные

№ Расчетной схемы	B, мм	l/B	h, мм	l/h	t, мм	l/t	W/t	b, мм	l/b	a/b	r, мм
1	100	0,45	550	0,025	10	0,45	1	550	0,025	0,025	7,5
2	150	0,4	500	0,05	15	0,4	2	500	0,05	0,05	10
3	200	0,35	450	0,1	20	0,35	3	450	0,1	0,1	12,5
4	250	0,3	400	0,15	25	0,3	4	400	0,15	0,15	15
5	300	0,25	350	0,2	25	0,25	5	350	0,2	0,2	17,5
6	350	0,2	300	0,25	20	0,2	5	300	0,25	0,25	20
7	400	0,15	250	0,3	15	0,15	4	250	0,3	0,3	22,5
8	450	0,1	200	0,35	10	0,1	3	200	0,35	0,35	25
9	500	0,05	150	0,4	10	0,05	2	150	0,4	0,4	27,5
0	550	0,025	100	0,45	15	0,025	1	100	0,45	0,45	30
е	д	г	в	б	а	е	д	г	в	б	а

Таблица 2.2. Исходные данные

№ Расчетной схемы	d, мм	R, мм	R/t	a/R	P <sub>max</sub> , МПа	σ <sub>max</sub> , МПа	P <sub>max</sub> , кН	M <sub>max</sub> , кНм	C, м/цикл	K <sub>c</sub>	n
1	60	120	0,05	0,09	300	15	15	60	1,6	100	3,4
2	55	110	0,06	0,09	333	20	20	55	1,1	110	3,6
3	50	100	0,07	0,08	357	25	25	50	1,2	120	3,5
4	45	90	0,08	0,08	375	30	30	45	1,4	130	3,4
5	40	80	0,09	0,07	389	35	35	40	1,8	140	3,6
6	35	70	0,09	0,07	444	40	40	35	0,89	150	3,4
7	30	60	0,08	0,06	563	45	45	30	0,60	160	3,3
8	25	50	0,07	0,06	714	50	50	25	1,1	170	3,3
9	20	40	0,06	0,05	917	55	55	20	1,1	180	3,5
0	15	30	0,05	0,05	1200	60	60	15	1,5	190	3,4
е	е	д	г	в	б	а	е	д	г	в	б

### *Примеры заданий на курсовую работу*

*Целью* выполнения курсовой работы является практическое освоение методов, методов расчета характеристик сопротивления усталости деталей машин, проектного расчета срока службы деталей. Объектом разработки в курсовой работе является деталь и элемент конструкции, спроектированные по критериям статической прочности.

Исходными данными являются:

- а) чертеж детали или элемента конструкции;
- б) параметры спектра внешних нагрузок;

В пояснительной записке к курсовой работе разрабатываются следующие вопросы:

1. Анализ условий работы объекта и характеристика возможных отказов.
2. Выбор и обоснование расчетной модели объекта.
3. Расчет характеристик кривой усталости для исследуемого объекта.
4. Систематизация характеристик нагруженности детали.
5. Расчет коэффициента запаса по сопротивлению усталости.
6. Расчет ограниченной долговечности и срока службы детали до появления макротрещины.
7. Оценка критической длины трещины.
9. Расчет живучести детали на стадии развития трещины.
10. Получение зависимости остаточного ресурса от величины диагностируемой начальной трещины.
11. Разработка и оценка мероприятий по повышению ресурса объекта.

Индивидуальные задания на курсовую работу выдаются в первую неделю семестра.

*Исходными данными для выполнения курсовой работы* являются данные и результаты расчётов и чертежи, полученные в ходе курсового проектирования по дисциплине «Детали машин и основы конструирования». Дополнительно к исходным данным задания на курсовой проект по «ДМ и ОК» руководитель вносит изменения и уточнения в режим (блок) нагружения рассеяние прочностных свойств др., необходимые для вероятностных расчётов прочности.

### *График выполнения курсовой работы*

<b>Номер учебной недели</b>	<b>Этап выполнения курсовой работы</b>
3	Определение геометрических параметров проектируемого элемента конструкции.
4	Определение геометрических параметров детали (концентраторов напряжений, масштабного фактора и др.).
5	Расчет характеристик сопротивления усталости детали по справочным данным о свойствах материала.
6	Оценка характеристик внешнего нагружения по заданному блоку (графику изменения) нагружения.
7	Расчет усталостной долговечности объекта до появления макротрещины.
8	Расчётная оценка статистического распределения долговечности до появления трещины с учетом рассеяния характеристик сопротивления усталости и нагруженности.
9	Оценка параметров трещиностойкости материала по справочным данным.
10	Расчёт критической длины трещины. Оценка запаса трещиностойкости.
11	Выбор параметров циклической трещиностойкости материала.
12	Расчет долговечности объекта на стадии развития трещины.
13	Оценка общего ресурса объекта с учетом двух стадий процесса разрушения
14	Разработка и расчетная проверка мероприятий по повышению надёжности объекта.
15	Формулирование выводов по результатам работы. Оформление пояснительной записки и иллюстративных материалов для защиты курсовой работы.
16	Защита курсовой работы.
17	Дополнительная защита курсовой работы.

#### **11.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Процедуры (методики) промежуточной аттестации:

- защита курсовой работы проводится в форме собеседования;
- экзамен проводится в письменно-устной форме по билетам.

Согласно Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов успеваемость обучающихся определяется на экзамене и защите курсовой работы оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### Шкала оценивания курсовой работы

Оценка	Характеристика
<b>«Отлично»</b> (максимальный уровень освоения компетенций)	Студент самостоятельно, без наводящих вопросов, ответил правильно на 90-100% заданных вопросов; продемонстрировал владение терминологией, классификации видов разрушения и определяющих их факторов, свойств материалов и характеризующих их параметров, методов анализа элемента машины в курсовой работе; умение выполнять качественный и количественный анализ нагруженности объекта, навыки расчётной работы по оценке и модернизации элементов машин. В ходе текущего контроля получил оценку «отлично» или «хорошо» за качество курсовой работы.
<b>«Хорошо»</b> (средний уровень освоения компетенций)	Ответ в основном по оценке «отлично», но дан правильный ответ на 75-89% заданных вопросов, допущены ошибки, использованы дополнительные и наводящие вопросы. В ходе текущего контроля получил оценку «отлично» или «хорошо» за качество курсовой работы
<b>«Удовлетворительно»</b> (минимальный уровень освоения компетенций)	Дан правильный ответ на 50-74% заданных вопросов, использованы дополнительные и наводящие вопросы. В ходе текущего контроля получил оценку «удовлетворительно» или «хорошо» за качество курсовой работы.
<b>«Неудовлетворительно»</b> (компетенции не сформированы)	Студент ответил правильно менее чем на 50% вопросов, даже с использованием наводящих вопросов. В ходе текущего контроля получил оценку «удовлетворительно» за качество курсовой работы.

Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при устном ответе во время экзамена определяется с использованием следующей шкалы по следующим критериям.

Оценка *«отлично»* (максимальный уровень освоения компетенций) ставится, если продемонстрировано:

– системное и глубокое знание учебного материала; способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; умение излагать этот материал исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, приводить необходимые примеры, строить доказательства, делать выводы, проводить анализ предложенных вариантов; владение терминологией; нет необходимости в дополнительных вопросах; допущены одна-две неточности; задачи решены без ошибок с необходимыми пояснениями.

Оценка *«хорошо»* (средний уровень освоения компетенций) ставится, если ответ в основном по оценке «отлично», но с некоторыми недочётами: неточности в математической и графической подаче учебного материала, необходимость в дополнительных наводящих вопросах; а при решении задач допущены незначительные вычислительные ошибки.

Оценка *«удовлетворительно»* (минимальный уровень освоения компетенций) ставится, если продемонстрировано:



– общее знание изучаемого материала по рассматриваемому вопросу, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; неполная математическая и графическая иллюстрация материала; при решении задач допущены непринципиальные ошибки, ход решения верен.

Оценка «*неудовлетворительно*» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) ставится, если продемонстрировано:

– незнание значительной части программного материала и понятийного аппарата, неумение делать выводы и строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; задачи не решены, допущены принципиальные ошибки.

### **Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации.**

#### ***Вопросы для подготовки к защите курсовой работы***

1. Проанализировать назначение и условия применения исследуемого объекта.
2. Оценить внешние силовые факторы, действующие на объект.
3. Рассмотрите напряжено-деформированное состояние, которое испытывает объект в опасных сечениях.
4. Охарактеризовать виды возможных повреждения объекта в условиях его технического применения.
5. Обоснование выбора расчетной модели объекта.
6. Проанализировать факторы, влияющие на сопротивление объекта разрушению.
7. Расчет характеристик кривой усталости для исследуемой детали.
8. Систематизация характеристик нагруженности детали. Изучение причин их рассеяния.
9. Какая необходимость схематизации нагруженности. Альтернативные методы представления нагруженности?
10. Расчет коэффициента усталостной прочности при регулярном циклическом нагружении.
11. Расчет ограниченной долговечности и срока службы детали до момента появления макротрещины.
12. Оценка критической длины трещины.
13. Какие данные необходимы для расчёта живучести детали на стадии развития трещины?
14. Какие факторы определяют скорость развития трещины?
15. Как получить зависимость остаточного ресурса от величины диагностируемой начальной трещины?
16. Сформулируйте и оцените допущения, положенные в основу расчёта усталостной долговечности на стадии зарождения трещины.
17. Сформулируйте и оцените допущения, положенные в основу расчёта усталостной долговечности на стадии развития трещины.
18. Предложите систему мероприятий по повышению сопротивления разрушению исследуемого объекта.

### *Экзаменационные вопросы*

1. Макро-, микро- и субмикроструктура материалов. Дефекты элементов структуры (вакансии, дислокации и их классификация, границы зерен, поверхностные дефекты).
2. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Модели нагрузок. Модели твёрдых тел.
3. Виды деформирования. Механизмы упругого и пластического деформирования на разных масштабно-структурных уровнях. Экструзии и интрузии. Влияние деформации на форму и структуру тела.
4. Типичные диаграммы деформирования поликристаллов чистых металлов. Соотношение Петча-Холла.
4. Виды разрушения Критерии разрушения. Механические свойства материалов и факторы, их определяющие (масштаб, температура, влага, напряженное состояние). Экспериментальное определение механических свойств.
5. Кинетическая концепция прочности и самоорганизованная критичность
6. Механизм усталостного разрушения и строение изломов.
7. Регулярное и нерегулярное нагружения. Параметры нагружения. Мягкое и жесткое нагружения.
8. Характеристики сопротивления многоцикловой усталости. Стадийностью усталостного разрушения.
9. Конструктивные факторы, влияющие на сопротивление многоцикловой усталости, и их оценка.
10. Технологические факторы, влияющие на сопротивление многоцикловой усталости, и их оценка.
11. Эксплуатационные факторы, влияющие на сопротивление многоцикловой усталости, и их оценка.
12. Математические модели кривых многоцикловой усталости и обработка результатов.
13. Планирование испытаний при построении медианной кривой усталости и определении медианного значения предела выносливости.
14. Диаграммы предельных напряжений. Учет влияния на сопротивление многоцикловой усталости асимметрии цикла напряжений.
15. Модели рассеяния усталостной долговечности и предела выносливости.
16. Испытания на многоцикловую усталость. Построение полной вероятностной диаграммы усталости. Метод пробитов.
17. Испытания на многоцикловую усталость. Метод экстраполяции. Метод Ивановой .
18. Испытания на многоцикловую усталость. Метод Про. Метод Докати
19. Испытания на многоцикловую усталость. Метод «лестницы». Модифицированный метод Про.
20. Оценка сопротивления многоцикловой усталости при сложном напря-

женном состоянии.

21. Статистический аспект усталостного разрушения. Причины рассеяния усталостной долговечности и предела выносливости.

22. Статистическая теория усталостного разрушения. Основные соотношения.

23. Теория подобия усталостного разрушения. Критериальные зависимости.

24. Теория подобия усталостного разрушения. Практические зависимости.

25. Параметры случайного процесса напряжений и их оценка. Свойства стационарности и эргодичности процесса. Узкополосные и широкополосные процессы. Гауссовый стационарный случайный процесс.

26. Схематизация случайных процессов напряжений. Одно- и двухпараметрическая схематизация. Приведение асимметричных циклов к симметричным. Блок нагружения.

27. Методы схематизации. Метод максимумов. Метод размахов. Метод полных циклов. Метод «дождя».

28. Рассеяние параметров блока нагружения. Понятие о подобном преобразовании блока нагружения.

29. Применение теории случайных функций для построения блока нагружения. Оценка среднего числа циклов нагружения.

29. Частные режимы эксплуатации. Построение смешанного блока нагружения.

30. Меры усталостного повреждения. Предельное повреждение. Линейные и нелинейные модели накопления повреждений.

31. Корректированная линейная модель накопления повреждений.

32. Модель накопления повреждений, основанная на учете снижения предела выносливости из-за действия перегрузок.

33. Детерминированный расчет на многоцикловую усталость при регулярном нагружении.

34. Детерминированный расчет на многоцикловую усталость при нерегулярном нагружении по коэффициенту запаса сопротивления усталости.

35. Детерминированный расчет усталостной долговечности на основе корректированной линейной модели накопления повреждений.

36. Вероятностный расчет на многоцикловую усталость при регулярном нагружении. Связь коэффициента запаса сопротивления усталости с вероятностью разрушения.

37. Вероятностный расчет на многоцикловую усталость на основе нормального закона распределения логарифма усталостной долговечности.

38. Вероятностный расчет на многоцикловую усталость с использованием предельного коэффициента нагруженности.

39. Вероятностный расчет на многоцикловую усталость в форме вычислительного эксперимента.

40. Построение вторичных кривых усталости при нерегулярном нагружении.
41. Вероятностные расчеты на многоцикловую усталость при сложном напряженном состоянии.
42. Испытания на усталость при эксплуатационных режимах нагружения.
43. Закономерности циклического упругопластического деформирования. Мягкое и жесткое нагружения. Эффект Баушингера. Принцип Мазинга. Циклические свойства материалов. Диаграмма циклического упругопластического деформирования и ее описание.
44. Виды разрушений при малоцикловом нагружении. Кривые малоцикло-вой усталости. Модель накопления малоцикловых повреждений. Детерминиро-ванные расчеты на малоцикловую усталость.
45. Виды объемных разрушений. Геометрия и типы трещин. Модель тре-щины. Теория хрупкого разрушения Гриффитса.
46. Напряженное состояние у вершины трещины. Коэффициент интенсив-ности напряжений, методы его определения.
47. Линейная механика разрушения. Силовой критерий хрупкого разруше-ния. Испытания на кратковременную трещиностойкость.
48. Пластическая зона в окрестности вершины трещины. Силовой крите-рий квазихрупкого разрушения.
49. Энергетический критерий линейной механики разрушения и область ее применения.
50. Параметры нелинейной механики разрушения.
51. Факторы, влияющие на кратковременную трещиностойкость.
52. Расчеты на прочность деталей машин с трещинами при однократном нагружении.
53. Хладноломкость материалов. Критические температуры хрупкости и их оценка. Определение запаса по критической температуре.
54. Решение вероятностных задач механики разрушения и конструкцион-ной прочности с использованием метода линеаризации.
55. Решение вероятностных задач механики разрушения и конструкцион-ной прочности с использованием метода Монте-Карло.
56. Основные положения механики роста усталостных трещин. Кинемати-ческие диаграммы усталостного разрушения.
57. Математические модели кинетических диаграмм усталостного разру-шения. Характеристики циклической трещиностойкости.
58. Факторы, влияющие на скорость роста усталостных трещин.
59. Расчет живучести. Методы повышения живучести.
60. Коррозионное растрескивание.
61. Кинетика усталостного разрушения при воздействии коррозионных сред.

### *Типовые экзаменационные задачи*

1. Напряжение, действующее на стержень при постоянной повышенной температуре меняется по закону ... . Выразить время до разрушения через параметр и параметры кривой длительной прочности. Выразить время до разрушения через максимальное напряжение, достигаемое в данном процессе. Уравнение кривой длительной прочности имеет вид .... Значения параметров кривой длительной прочности .

2. Стержень имеет постоянную повышенную температуру и подвержен циклической нагрузке, в результате которой напряжение меняется по закону , . Уравнение кривой длительной прочности материала имеет вид Значения параметров кривой длительной прочности Выразить число циклов до разрушения через параметры и .

3. Напряжение, действующее в стержне, меняется по закону при постоянной повышенной температуре. Уравнение кривой длительной прочности материала имеет вид Значения параметров кривой длительной прочности .

4. Выразить время до разрушения через параметр . Выразить время до разрушения через максимальное напряжение , достигаемое в этом процессе. При решении задачи считать, что . Получить условие выполнения этого неравенства.

5. Стержень при фиксированной температуре сначала выдерживается 1 час при напряжении . После этого напряжение было снижено до . Сколько времени до разрушения выдержит стержень при этом новом напряжении. Уравнение кривой длительной прочности данного материала имеет вид . Значения параметров кривой длительной прочности .

6. Стержень сначала был подвержен 5 циклам с амплитудой полной деформации , после чего амплитуда уменьшилась до . Сколько циклов до разрушения с этой новой амплитудой выдержит стержень? Параметры уравнения малоциклового усталости данного материала

7. Широкая пластина толщиной 4 мм имеет начальную краевую трещину длиной 20 мм. Пластина подвержена циклическому нагружению с отнулевым циклом, . Найти число циклов до разрушения. Параметры материала принять соответствующими стали 40Х.

8. Напряжение, действующее в стержне меняется в соответствии с отнулевым циклом. В каждом цикле оно линейно возрастает от 0 до 300 МПа , после чего линейно с той же скоростью убывает до нуля. Закон возрастания напряжения . Сколько таких циклов до разрушения выдержит стержень при постоянной повышенной температуре? Уравнение кривой длительной прочности материала имеет вид . Значения параметров кривой длительной прочности .

9. Предельная деформация при растяжении материала равна 0,05, а предельная деформация при сжатии равна 0,5. Считая, что диаграмма деформируемости имеет уравнение  $\sigma = K \epsilon^n$ , определить предельную интенсивность деформаций при кручении.

10. Пластина толщиной  $t$  и шириной 160 мм содержит центральную трещину  $a$ . Найти предельную нагрузку, перпендикулярную линии трещины. Параметры материала принять соответствующими стали 45.

11. Брус размером 50×50 мм содержит начальную краевую трещину  $a$  и подвержен циклическому нагружению с  $\sigma_{\min}$  и  $\sigma_{\max}$ . Трещина расположена перпендикулярно направлению нагружения. Найти число циклов до разрушения. Параметры материала принять соответствующими стали 45.

12. Стержень при повышенной температуре нагружен по программе:  $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$ . Уравнение кривой длительной прочности данного материала имеет вид  $\sigma = \sigma_0 \exp(-\lambda t)$ . Значения параметров кривой длительной прочности  $\sigma_0$  и  $\lambda$ . Описать алгоритм определения времени до разрушения.

13. Стержень находится под действием постоянного напряжения  $\sigma$ . В течение  $t_0$  часов температура стержня равна  $T_0$ . После этого она становится равной  $T_1$  и в этих условиях стержень доводится до разрушения. Описать алгоритм определения времени до разрушения в двухэтапном процессе, если кривая длительной прочности имеет уравнение  $\sigma = \sigma_0 \exp(-\lambda t)$ , где  $\sigma_0$  и  $\lambda$  – заданные постоянные материала.

14. Широкая пластина толщиной 10 мм содержит центральную трещину  $a$  и подвержена пульсирующему нагружению, перпендикулярному линии трещины с  $\sigma_{\min}$  и  $\sigma_{\max}$ . Найти число циклов до разрушения. Считать, что параметры материала соответствуют стали 20.

15. Стержень, находящийся при постоянной повышенной температуре нагружен по программе  $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$  ( $t$  – время). Уравнение кривой длительной прочности данного материала имеет вид  $\sigma = \sigma_0 \exp(-\lambda t)$ . Значения параметров кривой длительной прочности  $\sigma_0$  и  $\lambda$ . Описать алгоритм определения времени до разрушения.

16. В широкой пластине толщиной 2 мм имеется начальная центральная трещина длиной  $a$ . Пластина нагружена растягивающим напряжением, меняющимся по пульсирующему циклу  $\sigma = \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \sin \omega t$ . Определить число циклов до разрушения. Считать, что параметры материала соответствуют стали 20Х.

17. В широкой пластине толщиной 5 мм обнаружена трещина длиной  $a$ . Пластина нагружена пульсирующим циклическим напряжением  $\sigma = \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \sin \omega t$ . Определить число циклов до окончательного разрушения. Считать, что параметры материала соответствуют сплаву Д16.

18. Предельная деформация материала при растяжении равна 0,05, а при сжатии 0,5. Образец продеформирован сначала путем сжатия до деформации

0,3, после чего стал растягиваться. Какова его предельная остаточная деформация на этапе растяжения?

19. Брус размером сечения  $10 \times 10$  мм нагружен растягивающей силой . Неразрушающий контроль может обнаружить трещину длиной 2 мм. Найти предельную нагрузку. Считать, что параметры материала соответствуют стали 30.

20. Брус размером сечения  $15 \times 15$  мм находится под действием растягивающей силы 10 кН. В нем обнаружена краевая трещина глубиной 3 мм. Найти предельную нагрузку. Считать, что параметры материала соответствуют стали 40.

21. Предельная деформация растяжения для стержня при равна , а при предельная деформация равна . Стержень при температуре растягивается до деформации , после чего его температура снижается до , при которой растяжение продолжается. Какова деформация до разрушения стержня на этом втором этапе процесса растяжения?

22. Брус сечением  $20 \times 20$  мм нагружен циклически меняющейся осевой силой, дающей максимальное напряжение 100 МПа. Брус имеет начальную краевую трещину глубиной 4 мм. Найти число циклов до разрушения. Считать, что параметры материала соответствуют стали Ст5.

23. Предельная деформация материала при растяжении равна 0,05, а при сжатии -0,5. Найти предельную интенсивность деформаций при кручении, если уравнение диаграммы деформируемости имеет вид , .

24. Пластина толщиной и шириной имеет центральную трещину длиной . Найти разрушающую нагрузку. Принять, что параметры материала соответствуют сплаву Д16.

25. Стержень длиной 100 мм испытывает циклическое деформирование, в процессе которого длина стержня сначала возрастает до 101 мм, далее падает до 99 мм, после чего он восстанавливает свою длину 100 мм. Сколько раз может повториться этот цикл, прежде чем стержень разрушится? Параметры кривой малоциклового усталости материала .

**Аннотация**  
рабочей программы дисциплины  
**«Физика прочности и механика разрушения»**

**Код и название направления** – 15.03.03 «Прикладная механика»

**Профиль** – «Надёжность и безопасность машин»

**Квалификация выпускника** – бакалавр

**Форма обучения** – очная

**1. Цель дисциплины** – обучение студентов основам теории, расчётов и практическому применению современных методов физики прочности и механики разрушения для обеспечения надёжности элементов технических систем на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации, пониманию общих принципов оценки конструкционной прочности, системному подходу к анализу причин отказов технических систем и использованию методов обеспечения и повышения их надёжности и безопасности.

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП.** Дисциплина «Физика прочности и механика разрушения» относится к вариативной части блока Б1 обязательных дисциплин программы бакалавриата.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины.** Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие следующих компетенций: *готовность использовать наукоемкое экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний (ПК-9); готовность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надёжности и износостойкости узлов и деталей машин (ПК-12).*

**4. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

**5. Основные разделы дисциплины:** 1. Физические основы прочности и разрушения твердых тел. 2. Прочность и разрушение при циклическом нагружении. 3. Механика статической и циклической трещиностойкости.

**6. Автор:** Татаринцев Вячеслав Александрович, доцент, доцент, к.т.н.

ФИО, должность, ученое звание

**7. Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры «Детали машин» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» «30» 08 2018 г., протокол №8 и утверждена первым проректором по учебной работе 31.08.2018 г.



**Лист регистрации изменений**

Порядко- вый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннули- ровать, добавить)	Дата внесе- ния измене- ния	Ф.И.О., подпись лица, внёсшего из- менение	Номер и дата прото- кола научно- метод. совета университета