

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Механика разрушения и основы надежности  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для решения стандартных задач профессиональной деятельности в области расчета надежности композитных конструкций, прогнозирования ресурса на основании информации о материалах, нагрузках и воздействиях.

Задачи учебной дисциплины

- изучение основ теории надежности технических систем; основами механики трещин, механики усталостного разрушения;
- формирование умения проводить расчеты на прочность и долговечность элементов конструкций из однородных и композиционных материалов;
- формирование навыков проектирования элементов конструкций с учетом безопасных размеров трещин и дефектов в композитах.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- материалы и элементы конструкций с трещинами;
- модели разрушения;
- характеристики трещиностойкости;
- показатели надежности.

### 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
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	Знать: – основные показатели надежности систем и конструкций; – характеристики и параметры, описывающие состояние тел с трещинами и дефектами; – методы проектирования с учетом безопасных размеров трещин и дефектов в однородных и композиционных материалах; – методы оценки надежности объектов и элементов конструкций;	Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Уметь: – выполнять расчеты по оценке параметров надежности систем и конструкций; – прогнозировать ресурс элементов конструкций с усталостными трещинами; – выполнять прочностной расчет для тел с трещинами;	Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научно-технической информации; применять методы проведения экспериментов	Контрольная работа
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Владеть: – методами расчета на трещиностойкость плоских тел с трещинами нормального отрыва при квазистатическом нагружении; – методами расчета на трещиностойкость анизотропных плоских тел с трещинами нормального отрыва; – методами расчета усталостной долговечности и ресурса; – методами прогнозирования параметров трещиностойкости композитов.	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	70	70	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 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
7-й семестр				
Введение в механику разрушения	3	0	0	4
Тема 1 Постановка задачи прогнозирования ресурса Понятие ресурса, прогнозирование ресурса и теория надежности, прогнозирование ресурса и механика разрушения, проблема безопасности машин и конструкций из композитов. Тема 2. Основы механики разрушения, понятия, термины, определения Основные понятия механики разрушения, виды разрушения, типы трещин, теоретическая и реальная прочность твердых тел, концентрация напряжений, особенности разрушения композитов, концентрация напряжений в анизотропной среде				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Параметры, описывающие текущее и критическое состояние тел с трещинами	6	0	8	15
Тема 3. Коэффициент интенсивности напряжений Поля перемещений и напряжений в окрестности кончика трещины, понятие критического коэффициента интенсивности напряжений, частные случаи определения КИН, численные методы определения КИН, поля напряжений в вершине трещины для анизотропного случая. Тема 4. Критерии старгивания и роста трещин Модель Гриффитса-Орована-Ирвина, учет пластичности в вершине трещины, понятие критического состояния тела с трещиной, критерий раскрытия трещины, инвариантные J и Г интегралы, критерии разрушения композиционных материалов, прогнозирование трещиностойкости неоднородных сред. Тема 5. Экспериментальные методы механики разрушения Определение критического коэффициента интенсивности напряжений, определение критической интенсивности освобождения энергии, определение критического раскрытия трещины, особенности испытания композитов на трещиностойкость.				
Усталостное разрушение	7	0	12	18
Тема 6. Усталость. Оценка остаточного ресурса Эмпирические зависимости, описывающие рост усталостных трещин, накопление повреждений, закон суммирования повреждений, диаграмма долговечности, уравнения описывающие рост усталостных трещин, расчет элементов конструкций на долговечность по числу циклов Тема 7. Усталостное разрушение слоистых, волокнистых, зернистых композитов Особенности усталостного разрушения композитов, примеры и анализ экспериментальных данных.				
Механика разрушения композитов	8	0	4	18
Тема 8. Разрушение зернистых композитов Разрушение керамик, влияние пористости, прогнозирование трещиностойкости керамик Тема 9. Разрушение слоистых композитов Трещина нормальная к плоскости армирования, межслойное разрушение композитов, устойчивость дефектов типа расслоений. Тема 10. Разрушение волокнистых композитов Особенности разрушения волокнистых композитов, статические модели разрушения однонаправленного композита, микромеханические				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
факторы, влияющие на вязкость разрушения, прогнозирование эффективной трещиностойкости.				
Надежность изделий	8	0	12	19
Тема 11. Основные характеристики надежности элементов и систем Показатели надежности не восстанавливаемого элемента, показатели надежности восстанавливаемого элемента, показатели надежности системы, состоящей из независимых элементов. Тема 12. Расчет показателей надежности и номенклатуры запасных частей проектируемых систем Выбор и распределение нормируемых показателей надежности проектируемых систем, структурные модели надежности, оценка надежности узлов металлоконструкций и механических узлов, расчет надежности деталей механических узлов в процессе проектирования, выбор и расчет численного состава ЗИП.				
ИТОГО по 7-му семестру	32	0	36	74
ИТОГО по дисциплине	32	0	36	74

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет параметров трещины. Вычисление коэффициента интенсивности напряжений для различных видов нагружения и формы образцов. Определение критических величин нагрузок и длин трещин. Оценка несущей способности тел с трещинами.
2	Прогнозирование эффективного критического коэффициента интенсивности напряжений неоднородных сред. Определение эффективных параметров трещиностойкости по известным величинам трещиностойкости элементов структуры для различных типов композиционных материалов.
3	Расчет параметров усталостной трещины. Расчет начальной длины усталостной трещины, определение критической длины усталостной трещины. Вычисление числа циклов до разрушения элементов конструкций с усталостной трещиной.
4	Оценка ресурса и расчет долговечности деталей с усталостными трещинами. Определение долговечности при циклическом нагружении с заданной степенью долговечности. Вычисление числа циклов до разрушения
5	Расчет показателей надежности и ЗИП. Построение структурных схем. Определение средней наработки до отказа. Построение кривой интенсивности отказов. Построение функции восстановления. Определение коэффициента готовности системы. Определение коэффициента технического использования оперативной готовности. Решение задач на перераспределение норм надежности в соответствии с требуемыми. Определение надежности систем с различным соединением элементов. Расчет вероятности безотказной работы по различным критериям. Определение количества запасных частей изделия для одиночного группового и ремонтного ЗИПов.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление связей с ранее освоенным материалом.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 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 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 (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Абиев Р. Ш. Надежность механического оборудования и комплексов : учебник для вузов / Р. Ш. Абиев, В. Г. Струков. - Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2012.	27
2	Малафеев С. И. Надёжность технических систем. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / С. И. Малафеев, А. И. Копейкин. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2012.	12
3	Надёжность технических систем / Г. Б. Лялькина. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Надёжность технических систем и техногенный риск : учебное пособие для вузов; Ч. 1).	99
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		

1	Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей : учебник для вузов / А. И. Коломенцев [и др.]. - Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосм. ун-та, 2006.	1
2	Пестриков В. М. Механика разрушения : курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - Санкт-Петербург: Профессия, 2012.	3
3	Пестриков В. М. Механика разрушения твердых тел : курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб: Профессия, 2002.	50
4	Труханов В. М. Надежность технических систем / В. М. Труханов. - М.: Машиностроение-1, 2008.	2
5	Яхьяев Н. Я. Основы теории надежности и диагностика : учебник для вузов / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - Москва: Академия, 2009.	66
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал / Российская академия наук. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; Институт прикладной механики; Общественная академия знаний. - Москва: Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Надежность в технике : сборник государственных стандартов. - Москва: Изд-во стандартов, 2002.	1
<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)
Основная литература	Малафеев С. И. Надежность технических систем. Примеры и задачи / Малафеев С. И., Копейкин А. И. - Санкт-Петербург: Лань, 2016.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan87584">http://elib.pstu.ru/Record/lan87584</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Надёжность технических систем / Г. Б. Лялькина. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Надёжность технических систем и техногенный риск : учебное пособие для вузов; Ч. 1).	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3239">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3239</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)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных Wiley Journals	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
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>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Маркерная доска	1
Лекция	Парты	25
Практическое занятие	Компьютерный стол	12
Практическое занятие	Компьютеры	12

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Механика разрушения и основы надежности»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Конструирование и производство изделий  
из композиционных материалов

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Выпускающая кафедра:** Механика композиционных материалов и  
конструкций

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 4      **Семестр(-ы):** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕТ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт: 7 семестр

Пермь 2023 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и итогового контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, индивидуальных работ и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК	ПЗ	ИЗ	РГР	Зачет
В результате освоения дисциплины студент					
<b>Знает:</b>					
- показатели надежности систем и конструкций	+				+
- методы расчета показателей долговечности композитных систем с учетом дефектов	+				+
- особенности оценки характеристик трещиностойкости материалов	+				+
- влияние упругих свойств и параметров трещиностойкости элементов структуры на эффективные прочностные характеристики композитов	+				+
- влияние свойств структуры на усталостную долговечность композитов	+				+
<b>Умеет:</b>					
- строить структурные схемы расчета параметров надежности;		+	+	+	+
- рассчитывать показатели надежности и долговечности;		+	+	+	+
- оценивать состояние тел с трещинами		+	+	+	+
- рассчитывать эффективный критический коэффициент интенсивности напряжений;		+	+	+	+
- прогнозировать долговечность элементов конструкций с усталостными трещинами		+	+	+	+
<b>Владеет:</b>					
- инженерными методиками расчета показателей надежности			+	+	+
- навыками оценки критического состояния тел с трещинами			+	+	+
- навыками оценки влияния структурных параметров на эффективную трещиностойкость			+	+	+

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК	ПЗ	ИЗ	РГР	Зачет
- навыками анализа зависимости показателей долговечности и трещиностойкости от технологических параметров			+	+	+

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ИЗ – выполнение индивидуального задания (оценка умений и владений);

РГР – выполнение расчетно-графической работы (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### 2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме текущего опроса по каждому модулю. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении итоговой аттестации.

#### Типовые вопросы для текущего опроса по модулю 1.

1. Виды ресурса;
2. Виды срока службы;

3. Какой вид ресурса задается на стадии проектирования;
4. Какой вид ресурса задается на стадии эксплуатации;
5. Основные причины выхода техники из строя;
6. Преимущества структурного подхода в механике композитов;
7. Недостатки феноменологического подхода в механике композитов;
8. Что такое живучесть конструкции;
9. Определить коэффициент концентрации напряжений у круглого отверстия диаметром 3см, на сколько увеличится коэффициент концентрации напряжений при увеличении диаметра в два раза;
10. Определить концентрацию напряжений в анизотропной плоскости у эллиптического отверстия  $2b=1\text{см.}$ ,  $2a=4\text{см.}$ ,  $E_1=20E_2$ ., малая главная ось направлена под углом 45 градусов к вертикали;
11. Типы трещин
12. Трещина в бесконечной плоскости;  $\sigma = 2$ ;  $K=?$
13. Что определяют с помощью метода податливости;
14. Параметры, описывающие текущее состояние трещины;
15. Критерии срабатывания трещины (критерии разрушения тела с трещиной) ;
16. Что больше  $K_I$  или  $K_{II}$ ;
17. В каком случае: ПДС или ПНС зона пластичности в вершине трещины больше;
18. В чем разница в подходах Панасюка-Леонова и Дагдейла;
19. Что означает инвариантность  $J$  интеграла;
20. Что описывает уравнение Париса;
21. Что нужно сделать, если в эксперименте по определению  $K_{IC}$  нарушены условия ПДС;
22. Что такое пороговый коэффициент интенсивности напряжений;
23. Что больше – вязкость при доломе или ККИН;
24. Какое противоречие снимается при использовании критерия раскрытия трещины;
25. Чем  $\Gamma$  интеграл отличается от  $J$  интеграла;
26. Для какого типа композита применима модель Бомона;
27. Что такое квазихрупкое разрушение;
28. В каких композитах реализуется механизм торможения трещины по Куку-Гордону;
29. В каких случаях модель Бомона неприменима;
30. Какое напряжение более опасно для распространения трещины  $\sigma_{-1}$  или  $\sigma_0$ ;
31.  $\Delta K = \text{const}$ , к чему приведет увеличение коэффициента асимметрии;
32. Чем отличается малоцикловая усталость от многоцикловой усталости;
33. Какой тип композитов имеет наибольшую усталостную прочность;
34. Что такое эффективная трещиностойкость композита;
35. Что такое  $K_{II}$ ;
36. Что такое КИН;

### **Типовые вопросы для текущего опроса по модулю 2.**

1. Что означает 95% гамма ресурс;
2. Комплексные показатели надежности;
3. Найти вероятность безотказной работы для простой структурной модели;
4. В чем различие между средней наработкой на отказ и средней наработкой до отказа;
5. Что такое интенсивность отказов;
6. Что такое время восстановления;
7. Что такое среднее время восстановления;
8. Когда используется метод инженерного анализа выбора ЗИП;
9. Когда используется расчетный метод для выбора ЗИП;
10. Что такое восстанавливаемый элемент;
11. Что означает « назначенный срок хранения »;
12. Когда назначается гамма процентный срок сохраняемости.

## 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме рубежной контрольной работы по каждому модулю, отчетов по практическим заданиям, выполнения индивидуальных заданий и расчетно-графических работ.

### 2.2.1. Рубежная контрольная работа

Рубежный контроль для оценивания усвоенных компетенций (табл. 1.1) в форме рубежной контрольной работы проводится по каждому модулю. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного модуля
5	Максимальный уровень	<i>студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные умения в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень умений, а также не способен пояснить полученный результат.</i>

### Типовые задания (вопросы) для рубежной контрольной работы по модулю 1.

1. Рассчитать коэффициент интенсивности напряжений для заданной конфигурации тела с трещиной.
2. Рассчитать для заданной конфигурации тела с трещиной  $K$  эффективное и сравнить его с  $K_I$ .
3. Определить  $K_I$  в анизотропной пластине с трещиной нормального отрыва.
4. Особенности экспериментального определения  $K_{IS}$  для композитов.
5. Особенности усталостного разрушения композитов.
6. Рассчитать остаточный ресурс для тела с усталостной трещиной.
7. Особенности разрушения композитов.
8. Определить критическую нагрузку для тела с трещиной нормального отрыва по заданному значению трещиностойкости материала.
9. Определить допустимый критический размер дефекта для заданного элемента конструкции.
10. Изобразить графическое решение с использованием модели Пальмгрена-Майнера для оценки долговечности при нескольких уровнях нагружения.
11. Порядок расчета на долговечность по числу циклов.

12. Порядок проведения эксперимента по определению K1C.
13. Методы определения КИН.
14. Частные случаю определения КИН.
15. Что такое удельная усталостная прочность композитов. Какие композиты имеют наибольшую удельную усталостную прочность.

### Типовые задания (вопросы) для рубежной контрольной работы по модулю 2.

1. Построить кривую интенсивности отказов.
2. Рассчитать параметр надежности для смешанной структурной схемы.
3. Основные показатели надежности.
4. Показатели безотказности.
5. Показатели долговечности.
6. Показатели сохраняемости.
7. Показатели ремонтпригодности.
8. Расчет надежности узлов конструкции по заданным параметрам ее элементов.

*Полный комплект типовых заданий для рубежной контрольной работы хранится на выпускающей кафедре*

#### 2.2.2. Практические задания

Рубежный контроль для оценивания освоенных умений (табл. 1.1) в форме практических заданий по каждому модулю. Перечень практических заданий приведены в РПД. По результатам выполнения практических заданий оформляется отчет. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Шкала и критерии оценки выполнения практических заданий

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Практическое задание выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	Средний уровень	<i>Практическое задание выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к лабораторной работе не полностью соответствует требованиям</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в лабораторной работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил все практические задания и не может объяснить полученные результаты.</i>

Результаты выполнения практических заданий по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### 2.2.3. Индивидуальное задание

Рубежный контроль для оценивания освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) в форме индивидуальных заданий. Индивидуальное задание выполняется по методическому пособию «Ресурс и надежность изделий из композиционных материалов» / Сост.: Р.Я. Газизов. Перм. гос. техн. ун-т, Пермь, 2004 – 45с. По результатам выполнения индивидуальных заданий оформляется отчет. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Критерии и шкала оценивания результатов выполнения индивидуальных заданий

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил индивидуальное задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил индивидуальное задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил индивидуальное задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении индивидуального задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</i>

Результаты выполнения индивидуальных заданий по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений и владений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### 2.2.4. Расчетно-графические работы

Рубежный контроль для оценивания освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) в форме расчетно-графической работы. Тема расчетно-графической работы «Расчет на надежность композитной балки». Расчетно-графическая работа выполняется студентом самостоятельно по Методическому пособию «Ресурс и надежность изделий из композиционных материалов» / Сост.: Р.Я. Газизов. Перм. гос. техн. ун-т, Пермь, 2011 – 21с. Оформляется в соответствии с требованиями документации. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4. Критерии и шкала оценивания результатов выполнения расчетно-графической работы

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил расчетно-графическую работу. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями</i>

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил расчетно-графическую работу. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил расчетно-графическую работу с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил расчетно-графическую работу с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении индивидуального задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей. Качество оформления отчета к работе не соответствует требованиям</i>

Результаты выполнения расчетно-графических работ по 4-балльной шкале оценивания умений и владений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к итоговой (промежуточной) аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех контрольных работ текущего и рубежного контроля, выполнение всех практических и индивидуальных заданий.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине и студенту выставляется по 4-х бальной шкале оценивания интегральная оценка, которая формируется по результатам текущего и рубежного контроля

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных компетенций по достигнутым результатам обучения по дисциплине: приобретенным знаниям, умениям и навыкам.

#### **3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Зачет по дисциплине основывается на результатах текущего и рубежного контроля выполнения индивидуальных заданий и расчетно-графической работы студента по данной дисциплине.

**Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета:**

– интегральная оценка за знание по 4-х балльной шкале выставляется студенту по результатам текущего и рубежного контроля в форме опроса и контрольной работы, запланированных в рабочей

программе дисциплины;

- интегральная оценка за умение по 4-х балльной шкале выставляется студенту по результатам рубежного контроля в форме выполнения практических заданий, индивидуальных и расчетно-графической работ, запланированных в рабочей программе дисциплины;

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист, форма которого приведена в виде табл. 3.1.

Таблица 3.1. Форма и пример оценочного листа уровня сформированности компетенций

Оценка уровня сформированности компетенций			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка
Знания	умения	владения		
5	4	5	4.67	Зачтено
3	3	3	3.0	Незачтено
3	4	3	3.33	Зачтено
2	3	3	2.67	Незачтено
4	4	2	3.33	Незачтено

По первым 3-м оценкам вычисляется средняя оценка промежуточной аттестации по дисциплине, на основании которой по сформулированным ниже критериям выставляется итоговая оценка уровня сформированности заявленных компетенций.

**Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета:**

«Зачтено» – средняя оценка  $> 3,3$  и нет ни одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Незачтено» – средняя оценка  $< 3,3$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

**3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам (приложение А). Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

**3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

**Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Особенности экспериментального определения К1С для композитов.
2. Особенности усталостного разрушения композитов.
3. Особенности разрушения композитов.
4. Порядок расчета на долговечность по числу циклов.
5. Порядок проведения эксперимента по определению К1С.
6. Методы определения КИН.
7. Частные случаи определения КИН.
8. Что такое удельная усталостная прочность композитов. Какие композиты имеют наибольшую удельную усталостную прочность.
9. Основные показатели надежности.
10. Показатели безотказности.
11. Показатели долговечности.
12. Показатели сохраняемости.
13. Показатели ремонтпригодности.

### Типовые практические задания для контроля освоенных умений и владений:

1. Рассчитать коэффициент интенсивности напряжений для заданной конфигурации тела с трещиной.
2. Рассчитать для заданной конфигурации тела с трещиной  $K$  эффективное и сравнить его с  $K_I$ .
3. Определить  $K_I$  в анизотропной пластине с трещиной нормального отрыва.
4. Рассчитать остаточный ресурс для тела с усталостной трещиной.
5. Определить критическую нагрузку для тела с трещиной нормального отрыва по заданному значению трещиностойкости материала.
6. Определить допустимый критический размер дефекта для заданного элемента конструкции.
7. Изобразить графическое решение с использованием модели Пальмгрена-Майнера для оценки долговечности при нескольких уровнях нагружения.
8. Построить кривую интенсивности отказов.
9. Рассчитать параметр надежности для смешанной структурной схемы.
10. Расчет надежности узлов конструкции по заданным параметрам ее элементов.

### 3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 3.2, 3.3.

Таблица 3.2

Шкала оценивания уровня знаний

Балл	Уровень усвоения	Критерии оценивания уровня усвоенных знаний
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

Таблица 3.3

Шкала оценивания уровня умений и владений

Балл		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и владений
умения	владения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения и владения в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>

Балл		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений и владений
умения	владения		
4	4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и владения в рамках освоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и владения в рамках освоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений и владений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

### 3.2.3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист, форма которого приведена в виде табл. 3.4.

Таблица 3.4

Форма и пример оценочного листа уровня сформированности компетенций

Оценка уровня сформированности компетенций			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка
знания	умения	владения		
5	4	5	4.67	Зачтено
3	3	3	3.0	Незачтено
3	4	3	3.33	Зачтено
2	3	3	2.67	Незачтено
4	4	2	3.33	Незачтено

По первым 3-м оценкам вычисляется средняя оценка промежуточной аттестации по дисциплине, на основании которой по сформулированным ниже критериям выставляется итоговая оценка уровня сформированности заявленных компетенций.

**Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета:**

- «Зачтено» – средняя оценка  $> 3,3$  и нет ни одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.
- «Незачтено» – средняя оценка  $< 3,3$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

## Форма билета для зачета

Министерство науки и высшего  
образования РФ  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)

Кафедра  
«Механики композиционных материалов и  
конструкций»

Дисциплина  
«Ресурс и надежность композитных систем»

## БИЛЕТ № 1

1. Особенности экспериментального определения К1С для композитов.
2. Определить допустимый критический размер дефекта для заданного элемента конструкции.
3. Изобразить графическое решение с использованием модели Пальмгрена-Майнера для оценки долговечности при нескольких уровнях нагружения

Составитель

\_\_\_\_\_ (подпись)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.