

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук  
(ИМАШ РАН)

Одобрено на Учёном совете  
ИМАШ РАН  
Протокол № 4  
«12» августа 20 15 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Временно исполняющий обязанности  
директора ИМАШ РАН д.т.н., проф.  
В.А. Глазунов  
«19» августа 20 15 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ»

**Направление подготовки**  
01.06.01 – Математика и механика

**Направленность (профиль) программы**  
01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела»

**Квалификация**  
Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения**  
Очная  
Заочная

Москва  
20 15

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика разрушения» реализуется в рамках **Блока 1** Вариативной части обязательных дисциплин Основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) аспирантам очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.

Рабочая программа разработана с учётом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33837.

Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану составляет 5 зач.ед. (180 часов), из них лекций – 54 часа, практических (семинарских) занятий – 36 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 60 часов, подготовка к экзамену – 30 часов. Дисциплина реализуется на 3-м курсе, в 5-м (осеннем) и 6-м (весеннем) семестрах, продолжительность обучения – 2 семестра.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачётно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины «Механика разрушения»:**

**Цель:**

- сформировать у аспирантов теоретические знания и практические навыки, необходимые для решения конкретных прикладных прочностных задач на научном уровне, обеспечивающем адекватность получаемых решений. Программа дисциплины включает общую часть и прикладные разделы.

**Задачи общей части дисциплины:**

- изучение принципов и основных подходов к решению задач трещиностойкости, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности деталей машин и конструкций;
- овладение теоретическими основами методических подходов программных средств, используемых для решения инженерных задач, связанных с расчетом н деталей машин а трещиностойкость и живучесть;
- приобретение навыков разработки расчётных моделей разрушения деформируемого твердого тела с формулировкой основных физических допущений;
- понимание механизмов зарождения и роста магистральных трещин в плоских и объемных телах при статическом и циклическом нагружении;
- изучение теоретических основ и знание практических возможностей современных методов и аппаратуры для оценки дефектности, геометрических параметров трещин, регистрации процессов накопления повреждения и разрушения материала и конструкции.

**Задачи прикладной части дисциплины:**

- выработка практических навыков анализа научно-технических проблем механики разрушения посредством компьютерного моделирования и экспериментального исследования;
- овладение методами исследования проблем прочности деталей машин и конструкций посредством применения подходов механики разрушения, в том числе для оценки прочности деталей, работающих в агрессивных средах, при повышенной температуре, радиационном излучении и т.п.;
- практическое освоение современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа и вычислительного эксперимента в области механики разрушения.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Механика разрушения» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 01.06.01 – Математика и механика:

**а) универсальные (УК):**

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

#### **б) общепрофессиональных (ОПК):**

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

#### **в) профессиональных (ПК):**

- готовностью применять перспективные методы исследования и решения с учетом мировых тенденций развития профессиональных задач динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры (ПК-1);
- способностью создавать и исследовать математические модели динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры, связанные с функционированием объектов профессиональной деятельности (ПК-2);
- умением проводить разработку и исследование методик для анализа, синтеза и оптимизации задач динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры (ПК-3);
- способностью выбирать и преобразовывать математические модели динамики прочности машин, приборов и аппаратуры с целью их исследования и реализации средствами вычислительной техники (ПК-4);
- способностью разрабатывать методы, компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектно-конструкторской деятельности, управлении технологическими, экономическими, социальными системами и в гуманитарных областях деятельности человека (ПК-5).

В процессе изучения дисциплины обучающийся должен:

#### **Знать:**

- модели, описывающие напряжённо-деформированное состояние в зоне вершины трещины (асимптотику упругого и упругопластического решения), J-интеграл;
- теоретические основы аналитических, численных и экспериментальных методов определения параметров механики разрушения (коэффициентов интенсивности напряжений, J-интеграла);
- основные критериальные подходы к оценке хрупкого разрушения при однократном статическом нагружении (силовые, энергетические, деформационные), с учётом временных эффектов, динамическом и усталостном разрушениях;
- методы определения характеристик трещиностойкости конструкционных материалов, а также возможности современных методов и аппаратуры для оценки дефектности, геометрических параметров трещин, регистрации процессов накопления повреждения и разрушения материала и конструкции.

#### **Уметь:**

проводить расчёты параметров механики разрушения в трещинах в элементах конструкций на основе МКЭ с использованием одного из базовых программных комплексов (ANSYS, NASTRAN, ABAQUS др.).

#### **Владеть:**

- основами и навыками проведения экспериментальных исследований по изучению характеристик статической и циклической трещиностойкости;
- подходами к проведению анализа, оценки и прогнозирования трещиностойкости и живучести деталей машин;

--- навыками ведения преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

##### Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость					
	общая		из них			
	зач.ед	час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам..
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>90</b>
<i>Аудиторные занятия</i>	<b>2,5</b>	<b>54</b>	54		36	
Лекции (Л)	1,5	54	54			
Практические занятия (ПЗ)	0	0		0		
Семинары (С)	1	36			36	
<i>Самостоятельная работа (СР) в т.ч. с учётом промежуточного и итогового контроля</i>	<b>2,5</b>	<b>90</b>				<b>90</b>
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины, подготовка к экзамену	2,5	90				<b>90</b>
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>					

#### 3.2. Содержание разделов дисциплины

##### Общее содержание дисциплины

№ Раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Поля напряжений и перемещений у вершины трещины. Коэффициенты интенсивности напряжений (КИН). Модели зон пластических деформаций.	Поля напряжений и перемещений у вершины трещины. Вывод асимптотических формул методом Вестергарда с использованием функции комплексного переменного для напряжений и перемещений для трещин нормального отрыва поперечного и продольного сдвига
2	Аналитические методы определения параметров механики разрушения (КИН, J-интеграла). Метод сечений.	Влияния конечности размеров на напряженное состояние около вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений (КИН). Метод сечений для приближенного определения КИН. Определение КИН методом конечных элементов.
3	Расчёты параметров механики разрушения	Пластическая зона у вершины трещины. Поправка Ирвина на пластичность при использовании различных

	в трещинах в элементах конструкций на основе МКЭ .	гипотез пластичности. Описание пластической зоны у вершины трещины с использованием модели трещины с тонкой пластической зоной (модель Дагдейла).
4	Специальные задачи механики трещин (усталостное, динамическое разрушения, ползучесть, влияние коррозионной среды)	Предельное равновесие тел с трещинами. Концепция Гриффитса-Орована-Ирвина. Изменение полной энергии системы при малом приращении длины трещины. Критерии разрушения Гриффитса и Ирвина. Эллипсоид трещиностойкости. Критические значения КИН и интенсивности выделения упругой энергии в вершину трещины.
5	Безопасность и живучесть технических систем	Трещины в упругопластических телах. Решение Хатчисона-Розенгрена-Райса. Введение понятия J-интеграла. Экспериментальное определение J-интеграла. Определение J-интеграла методом конечных элементов. Связь J-интеграла с потенциальной энергией системы. Концепция R-кривой. Гипотеза Крафта. Экспериментальное определение R-кривой. Раскрытие трещины в вершине $\delta$ . Критерий разрушения Уэллса.
6	Экспериментальная механика разрушения (методы испытания материалов, методы оценки дефектности, регистрации процессов накопления повреждения и разрушения)	Оценка живучести конструкций. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения, формулы Пэриса, Яремы и Формана для ее описания. Циклическая вязкость разрушения. Диаграмма живучести. Коэффициент запаса по живучести.

### 3.3 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Поля напряжений и перемещений у вершины трещины. Коэффициенты интенсивности напряжений (КИН). Модели зон пластических деформаций.	9	6			10
2	Аналитические методы определения параметров механики разрушения (КИН, J-интеграла). Метод сечений.	9	6			10
3	Расчёты параметров механики разрушения в трещинах в элементах конструкций на основе МКЭ .	9	6			10
4	Специальные задачи механики трещин (усталостное, динамическое разрушения, ползучесть, влияние коррозионной среды)	9	6			10
5	Безопасность и живучесть	9	6			10

	технических систем				
6	Экспериментальная механика разрушения (методы испытания материалов, методы оценки дефектности, регистрации процессов накопления повреждений и разрушения)	9	9		10
Итого часов		54	36		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час. 5 зач. ед.			

#### **4. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.  
На лекционных занятиях демонстрируются презентации с помощью мультимедийных технологий.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### *Основная литература*

1. Черепанов Г.П. Механика разрушения. Ижевск. Институт компьютерных исследований. 2012. 872 с.
2. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения: Основы механики разрушения : учебное пособие. М. : Изд-во ЛКИ. 2008. 352 с.
3. Матвиенко Ю.Г. Модели и критерии механики разрушения. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2006. 328 с.

##### *Дополнительная литература и Интернет-ресурсы*

1. Механика разрушения и прочность материалов: в 4-х томах/Ред. В.В.Панасюк. Киев: Наукова думка. 1988-1990.
2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 402 с.
3. Махутов Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность. М.: Машиностроение. 1981. 272 с.
4. Пестриков В.Н., Морозов Е.Н. Механика разрушения твердых тел. Курс лекций. СПб.: Профессия, 2001. 297 с.
5. Разумовский И.А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого твёрдого тела. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2008. 236 с.
6. <http://gost.ru>; <http://gosnadzor.ru>; <http://consultant.ru>; <http://mchs.gov.ru>. ??

#### **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от аспирантов требуется самостоятельная работа в объёме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное решение задач. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук  
(ИМАШ РАН)

Одобрено на Учёном совете  
ИМАШ РАН  
Протокол № 4  
«12» августа 20 15 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Временно исполняющий обязанности  
директора ИМАШ РАН д.т.н., проф.  
В.А. Глазунов  
«19» августа 20 15 г.



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ  
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ  
«МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ»

**Направление подготовки**  
01.06.01 – Математика и механика

**Направленность (профиль) программы**  
01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела»

**Квалификация**  
Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения**  
Очная  
Заочная

Москва  
20 15



## **ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих универсальных (УК), (общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

**УК-1:** способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

**УК-2:** способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

**УК-3:** готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

**УК-4:** готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке;

**УК-5:** способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;

**ОПК-1:** способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

**ОПК-2:** готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

**ПК-1:** готовностью применять перспективные методы исследования и решения с учетом мировых тенденций развития профессиональных задач динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры;

**ПК-2:** способностью создавать и исследовать математические модели динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры, связанные с функционированием объектов профессиональной деятельности;

**ПК-3:** умением проводить разработку и исследование методик для анализа, синтеза и оптимизации задач динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры;

**ПК-4:** способностью выбирать и преобразовывать математические модели динамики прочности машин, приборов и аппаратуры с целью их исследования и реализации средствами вычислительной техники;

**ПК-5:** способностью разрабатывать методы, компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектно-конструкторской деятельности, управлении технологическими, экономическими, социальными системами и в гуманитарных областях деятельности человека.

Этапы формирования компетенций в процессе изучения дисциплины.

Конечными результатами освоения программы освоения дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины «Механика разрушения» обучающийся должен:

### **Знать:**

--- модели, описывающие напряжённо-деформированное состояние в зоне вершины трещины (асимптотику упругого и упругопластического решения), J-интеграл;

--- теоретические основы аналитических, численных и экспериментальных методов определения параметров механики разрушения (коэффициентов интенсивности напряжений, J-интеграла);

--- основные критериальные подходы к оценке хрупкого разрушения при однократном статическом нагружении (силовые, энергетические, деформационные), с учётом временных эффектов, динамическом и усталостном разрушениях;

--- методы определения характеристик трещиностойкости конструкционных материалов, а также возможности современных методов и аппаратуры для оценки дефектности, геометрических параметров трещин, регистрации процессов накопления повреждения и разрушения материала и конструкции.

#### **Уметь:**

проводить расчёты параметров механики разрушения в трещинах в элементах конструкций на основе МКЭ с использованием одного из базовых программных комплексов (ANSYS, NASTRAN, ABAQUS др.).

#### **Владеть:**

--- основами и навыками проведения экспериментальных исследований по изучению характеристик статической и циклической трещиностойкости;

--- подходами к проведению анализа, оценки и прогнозирования трещиностойкости и живучести деталей машин;

--- навыками ведения преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования.

## **2. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **Текущая аттестация аспирантов.**

Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИМАШ РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИМАШ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

### **Промежуточная аттестация аспирантов.**

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме *зачёта* в соответствии с локальным актом ИМАШ РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИМАШ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме *зачёта* в период зачётно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности

(пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – *зачтено / не зачтено*.

### **3. ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» осуществляется в форме экзамена (зачёта). Экзамен (зачёт) проводится в письменной (устной) форме.

#### **Контрольные вопросы для проведения текущего контроля:**

##### *Раздел 1.*

Указать особенность полей напряжений и перемещений у вершины трещины. Изложить принципы использования метода Вестергарда для вывода асимптотических формул для напряжений и перемещений у вершин трещины нормального отрыва поперечного и продольного сдвига.

Указать особенности распределения напряжений в трещинах в кусочно-однородных телах.

##### *Раздел 2.*

Объяснить, что такое КИН. Привести поправку Ирвина на пластичность при использовании различных гипотез пластичности. Описать модель Дагдейла трещины с тонкой пластической зоной. Изложить особенности определения КИН методом конечных элементов.

##### *Раздел 3.*

Объяснить в чем заключается концепция Гриффитса-Орована-Ирвина. Указать, как изменяется полная энергии системы при малом приращении длины трещины. Записать критерии разрушения Гриффитса и Ирвина. Изобразить эллипсоид трещиностойкости. Указать характеристики статической трещиностойкости.

##### *Раздел 4.*

Записать решение Хатчисона-Розенгрена-Райса. Пояснить понятие J-интеграла. Рассмотреть экспериментальное и численное определение J-интеграла. Записать формулу, связывающую J-интеграл с потенциальной энергией системы. Изложить концепция R-кривой. Объяснить понятие термина раскрытие трещины в вершине  $\delta$ . Привести критерий разрушения Уэллса.

##### *Раздел 5.*

Объяснить, как проводится расчет на живучесть с использованием кинетической диаграммы усталостного разрушения. Записать формулы Пэриса, Яремы и Формана. Указать, что такое циклическая вязкость разрушения. Изобразить диаграмму живучести. Пояснить, как определяется коэффициент запаса по живучести.

##### *Раздел 6.*

Указать особенности проведения испытаний на определение  $K_{IC}$  и  $J_C$  при статическом и циклическом нагружениях. Описать современные методы оценки размеров поверхностных и внутренних дефектов (оптико-цифровые и акустические). Рассказать о возможностях экспериментального определения КИН и J-интеграла в трещинах в конструкциях на основе обработки экспериментально полученных полей деформации или перемещений в зоне трещины.

#### 4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Оценка **«отлично (10)»** выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка **«отлично (9)»** выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка **«отлично (8)»** выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений;

Оценка **«хорошо (7)»** выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка **«хорошо (6)»** выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка **«хорошо (5)»** выставляется студенту, если он знает материал, грамотно излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка **«удовлетворительно (4)»** выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка **«удовлетворительно (3)»** выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

Оценка **«неудовлетворительно (2)»** выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

Оценка **«неудовлетворительно (1)»** выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

#### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также учебной и справочной литературой, персональным компьютером и Internet.