

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б.1.В.ДВ.5.1 Физическая природа разрушения материала»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и

биотехнологии

(код и наименование направления подготовки)

Машины и аппараты химических производств

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

*наименование кафедры*

протокол № 7 от "18" 02 20/16.

Заведующий кафедрой

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

*наименование кафедры*

*подпись*

В.Ю. Полищук

*расшифровка подписи*

Исполнители:

*должность*

*подпись*

В.Ю. Полищук

*расшифровка подписи*

*должность*

*подпись*

*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

*код наименование*

*личная подпись*

В.Ю. Полищук

*расшифровка подписи*

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

*личная подпись*

Н.Н. Грицай

*расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета

*личная подпись*

Т.М. Крахмалева

*расшифровка подписи*

№ регистрации 57327

© Полищук В.Ю., 2016

© ОГУ, 2016

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель (цели) освоения дисциплины:

изучение фундаментальных понятий, концепций и методов механики разрушения; приобретение способности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; способности планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты.

### Задачи:

#### Знать:

- основные явления процесса разрушения, принципы и подходы при математическом моделировании этого процесса;
- основные гипотезы линейной и нелинейной механики разрушения;
- основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- основные понятия теории планирования эксперимента.

#### Уметь:

- пользоваться основными методами и приемами решения задач механики разрушения;
- применять методы математического анализа и моделирования;
- осуществлять корректный выбор типа эксперимента при его планировании.

#### Владеть:

- основными методами экспериментального исследования процесса разрушения;
- способами теоретического и экспериментального исследования;
- навыками применения методов планирования эксперимента.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.16 Основы теории упругости и пластичности, Б.1.В.ОД.8 Ремонт и монтаж химического и нефтехимического оборудования, Б.1.В.ОД.16 Основы теории надежности, Б.1.В.ОД.19 Системный анализ процессов химической технологии*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p><b>Знать:</b> основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы математического анализа и моделирования</p> <p><b>Владеть:</b> способами теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p><b>Знать:</b> основные понятия теории планирования эксперимента.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять корректный выбор типа эксперимента при его планировании.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения методов планирования эксперимента.</p>	ПК-15 способностью планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Структура дисциплины

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

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	8 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>35,25</b>	<b>35,25</b>
Лекции (Л)	14	14
Практические занятия (ПЗ)	20	20
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>108,75</b>	<b>108,75</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные понятия механики разрушения.	20	1	1	-	18
2	Линейная механика разрушения. Способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты.	28	3	5	-	20
3	Механика упруго-пластического разрушения.	26	3	5	-	18
4	Механика разрушения в условиях ползучести.	24	3	3	-	18
5	Механика коррозионного разрушения.	23	2	3	-	18
6	Механика усталостного разрушения.	23	2	3	-	18
	Итого:	144	14	20		110
	Всего:	144	14	20		110

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ.

1.1. Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной (трещина Гриффитса). Катастрофические разрушения 40-50 годов.

### ТЕМА 2. ЛИНЕЙНАЯ МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ.

2.1. Напряженное состояние у вершины трещины. Принцип «микроскопа». Полубесконечная трещина. Метод комплексных потенциалов. Три типа трещин. Коэффициенты интенсивности напряжений.

2.2. Методы расчетов коэффициентов интенсивности напряжений в упругих телах при различных условиях нагружения. Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ-образце. Задача И.В. Обреимова.

2.3. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Локальное стационарное поле. Установившиеся колебания у вершины неподвижной трещины. Ударные нагрузки.

2.4. Силовой критерий локального разрушения. Вязкость разрушения (трещиностойкость) материала. Поток энергии в вершину трещины. Энергетический критерий локального разрушения. Эквивалентность силового и энергетического критериев. Устойчивость и неустойчивость роста трещин.

### ТЕМА 3. МЕХАНИКА УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ.

3.1. Структура конца полубесконечной упруго-идеальнопластической трещины. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Другие критерии локального разрушения.

3.2. Силы сцепления. Модель трещины Христиановича-Баренблата. Модель Леонова-Панасюка-Дагдейла. Модификация в модели Дагдейла.

3.3. Влияние упрочнения (сингулярное решение Черепанова и Хатчинсона-Райса-Розенгрена). Распределение напряжений у вершины трещины в упругопластическом материале со степенным упрочнением. Инвариантный J-интеграл Эшелби-Черепанова-Райса.

3.4. Экспериментальные методы определения вязкости разрушения (трещиностойкости) материала. Двухпараметрические критерии разрушения. Предел трещиностойкости материала. Критерий «течь перед разрушением» (leak before break).

### ТЕМА 4. МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЛЗУЧЕСТИ.

4.1. Особенности процесса ползучести, накопления поврежденности и развития трещин в условиях ползучести. Параметр поврежденности (сплошности). Модель Качанова-Работнова. Определяющие соотношения связанной и несвязанной постановок краевых задач в теории ползучести с поврежденностью.

4.2. Асимптотика напряжений у вершины стационарной трещины в нелинейно вязком и упруго-нелинейно вязком теле. Инвариантный  $C^*$ -интеграл теории установившейся ползучести и  $C(t)$ -интеграл теории неустановившейся ползучести.

4.3. Асимптотическое исследование полей напряжений у вершины растущей трещины в условиях установившейся и неустановившейся ползучести. Модель роста трещины в несвязанной постановке теории ползучести с поврежденностью.

4.4. Влияние поврежденности материала на напряженно-деформированное состояние в окрестности вершины трещины при связанной постановке теории ползучести с поврежденностью. Автомодельная постановка задачи о трещине в среде с поврежденностью. Модель роста трещины в связанной постановке теории ползучести с поврежденностью.

### ТЕМА 5. МЕХАНИКА КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ.

5.1. Особенности коррозионного растрескивания и коррозионного роста трещин в металлах. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная модель, феноменологическая модель).

5.2. Математическая модель коррозионного роста трещин. Экспериментальные исследования коррозионного роста трещин. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений.

### ТЕМА 6. МЕХАНИКА УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ.

6.1. Особенности усталостного деформирования и разрушения. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Рост трещин при циклическом нагружении. Эмпирическая формула Париса. Теоретические зависимости роста усталостных трещин. Усталостная долговечность.

6.2. Пластические зоны у вершины трещины при перегрузке и частичной разгрузке. Ускорение и торможение роста усталостных трещин. Влияние ползучести на рост усталостных трещин.

### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Работа А. Гриффитса «Явление разрушения и течения твердого тела»	1
2	2	Распределение напряжений и перемещений у вершины полубесконечной трещины для трещин нормального отрыва, продольного и поперечного сдвига	1
3	2	Коэффициенты интенсивности напряжений для изолированной прямолинейной трещины в бесконечной упругой плоскости.	1
4	2	Трещина обобщенного нормального отрыва. Траектория развития трещины.	1
5	2	Трещины вблизи концентраторов напряжений (плоская задача). Трещины в круговой пластине или цилиндре.	1
6	2	Критерий осреднения напряжений у вершины трещины (критерий Новожилова) в статических и динамических задачах механики разрушения.	1
7	3	Метод годографа в задачах антиплоского сдвига. Структура конца полубесконечной трещины для упруго-идеальнопластического материала.	1
8	3	Разгрузка и повторное нагружение трещины в модели Дагдейла.	1
9	3	Напряженное состояние у вершины наклонной трещины в случае упругопластического материала со степенным упрочнением.	1
10	3	Взаимосвязь J-интеграла и величины раскрытия в вершине трещины.	1
11	3	Докритический рост трещины. R-кривая.	1
12	4	Длительная прочность элементов конструкций, работающих в условиях ползучести.	1
13	4	Метод годографа в задачах антиплоского сдвига. Структура конца полубесконечной трещины в случае установившейся ползучести с дробно-линейным законом ползучести.	1
14	4	Автомодельная задача о трещине антиплоского сдвига в среде с поврежденностью (связанная постановка задачи ползучести с поврежденностью).	1
15	5	Диффузионная модель роста трещины при водородном охрупчивании.	1
16	5	Электрохимический механизм роста трещин при коррозионном разрушении.	1
17	5	Поверхностное взаимодействие твердого тела со средой. Адсорбционный эффект.	1
18	6	Решения ряда задач усталостной долговечности для тел с трещинами.	1
19	6	Расчет допустимых размеров усталостной трещины (на примере корпуса ВВЭР).	1
20	6	Влияние усталости на рост трещин ползучести.	1
		Итого:	20

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Физическая природа разрушения: учебное пособие [Электронный ресурс] / Кушнарченко В., Чирков Ю., Полищук В., Репях В. - ОГУ, 2014.  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=259121](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=259121)
2. Пестриков В.М. Механика разрушения твердых тел [Текст]: курс лекций / В.М.Пестриков, Е.М. Морозов. – СПб: Профессия, 2002. – 320 с.: ил. – ISBN 5-93913-022-4.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения М., Наука, 1985
2. Механика разрушения и прочность материалов [Текст] : справ. пособие: в 4 т. / под общ. ред. В. В. Панасюка. - Киев : Наукова думка, 1988-1990
- Т. 1 : Основы механики разрушения материалов. - 1988. - 487 с.
- Т. 2 : Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами. - 1988. - 620 с.
- Т. 3 : Характеристики кратковременной трещиностойкости материалов и методы их определения. - 1988. - 435 с.: ил.
- Т. 4 : Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов. - 1990. - 679 с.
3. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений/ под ред. Ю. Мураками. – М., Мир 1990, Том 1-448 с, Том 2 – 1016 с.

### 5.3 Периодические издания

- Металловедение и термическая обработка металлов : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
- Известия РАН. Механика твердого тела : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.
- Заводская лаборатория. Диагностика материалов : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

### 5.4 Интернет-ресурсы

- <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm>
- <http://avia.academic.ru/4130>
- <http://ndt-d.com/>

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

- Операционные системы для рабочих станций Microsoft Windows.
- Офисные приложения для рабочих станций Microsoft Office Professional Plus (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access).
- MathCAD 14.0.
- Консультант Плюс [электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. Дан. – Москва. [1992-2016]. Режим доступа: в локальной сети ОГУ <\\fileserver1\CONSULT\cons.exe>
- Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. Электрон. дан. – Москва, [1990-2016]. – Режим доступа: <\\fileserver1\GarantClient\garant.exe> в локальной сети ОГУ.
- Springer [Электронный ресурс] : база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH. – Режим доступа : <https://link.springer.com> в локальной сети ОГУ.

## **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – аудитория 3114.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ – аудитории 3113 и 3122.



Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Б.1.В.ДВ.5.1 Физическая природа разрушения материала»

Направление подготовки: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
код и наименование

Направленность: Машины и аппараты химических производств

Год набора 2016

Дополнения и изменения к рабочей программе на 2019/2020 учебный год рассмотрены и утверждены на заседании кафедры машин и аппаратов химических и пищевых производств  
наименование кафедры

протокол № Р от "28" 02 2019г.

Заведующий кафедрой

машин и аппаратов химических и пищевых производств

наименование кафедры



подпись

расшифровка подписи

А.В. Колотвин

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования Научной библиотеки ОГУ



личная подпись

Н.Н. Грицай

расшифровка подписи

дата

Уполномоченный по качеству факультета (института)



личная подпись

Т.М. Крахмалева

расшифровка подписи

дата

В рабочую программу вносятся следующие дополнения и изменения:

**5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

**5.3 Периодические издания**

Металловедение и термическая обработка металлов : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2019.

Известия РАН. Механика твердого тела : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2019.

Заводская лаборатория. Диагностика материалов : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2019.