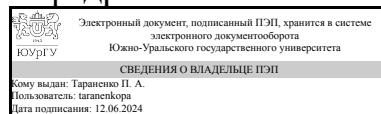


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



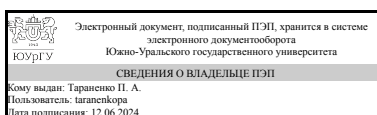
П. А. Тараненко

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.11 Численное моделирование разрушения  
для направления 15.04.03 Прикладная механика  
уровень Магистратура  
магистерская программа Компьютерное моделирование высокотехнологичных  
конструкций  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Техническая механика**

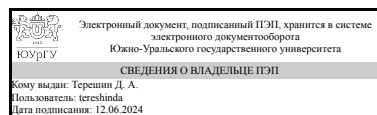
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



Д. А. Терешин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель — изучение современных методов моделирования процессов разрушения конструкций для использования полученных знаний в практической инженерной деятельности как при проектировании машин и оборудования для обеспечения надежности и долговечности, для минимизации последствий отказов, так и для оценок долговечности с учётом трещин и трещиноподобных дефектов, выполняемых в процессе эксплуатации. Задачи: - изучение основных концепций в моделировании разрушения; - изучение численных методов моделирования разрушения; - освоение практического применения численных методов для обеспечения прочности, надежности и долговечности элементов конструкций с учётом трещин и дефектов.

## Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование навыков выполнения расчётного анализа несущей способности и живучести конструкций с учётом возможности развития имеющихся в материале трещиноподобных дефектов. Анализ, выполненный на этапе проектирования, позволяет минимизировать риски разрушения, повысить надёжность работы конструкций на протяжении периода эксплуатации (возможно, с установлением межосмотрового интервала). Анализ работы уже эксплуатируемого оборудования может обосновать продление периода безопасной эксплуатации. Основу методов составляют подходы вычислительной механики разрушения, эффективно выполняемые на основе МКЭ расчётов в современных САЕ пакетах. В дисциплине изучаются: применение критериев упругой и упругопластической механики разрушения в численных расчётах разрушения конструкций, а также критериев усталостного роста трещин, и критериев предельных состояний трещин в пластических телах. Изучаются вопросы кинетики развивающихся разрушений на основании анализа траекторий и скорости распространения трещин.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен для решения профессиональных задач осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, а также новые системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы)	Знает: основные методы и подходы в компьютерном моделировании разрушения Умеет: осваивать новые методы численного моделирования разрушения Имеет практический опыт: работы с современными системами компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для моделирования разрушения
ПК-5 Способен консультировать инженеров-расчетчиков, конструкторов, технологов и других работников промышленных и научно-производственных фирм по современным достижениям прикладной механики, по вопросам внедрения наукоемких компьютерных	Знает: основные современные подходы к прогнозированию долговечности и оценке надёжности конструкций с дефектами Умеет: изучать и применять математический аппарат в вычислительной механике разрушения Имеет практический опыт: работы с

технологий (CAD/CAE-систем)	современными общими инженерными САЕ и специализированными программными средствами, реализующими численные методы механики разрушения
-----------------------------	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Конструкционная прочность и механика разрушения,  Оптимальное проектирование,  Цифровое производство,  Надежность технических систем,  Деформационные свойства материалов при неупругом циклическом деформировании,  Предельные неупругие состояния конструкций,  Компьютерное моделирование в механике,  Реологические свойства материалов при циклическом деформировании,  Теория надежности</p>	<p>Не предусмотрены</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
<p>Деформационные свойства материалов при неупругом циклическом деформировании</p>	<p>Знает: современные подходы, в том числе, математические модели, к анализу напряженно-деформированного состояния конструкционных материалов за пределами упругости с учетом вязкой составляющей в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, основные эффекты, методы и испытательное оборудование для их экспериментального изучения, а также существующие математические модели теории пластичности и ползучести, применимые в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре</p> <p>Умеет: применять в профессиональной деятельности современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей деформирования металлических конструкционных материалов, элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения, проводить экспериментальные исследования и применять математические модели деформирования неупругого материала для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и</p>

	<p>повышенной температуре Имеет практический опыт: расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности и жесткости элементов конструкций, проведения экспериментальных исследований и расчетов, а также навыки использования пакетов прикладных программ для оценки напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с учетом ползучести при монотонном и циклическом нагружении</p>
<p>Конструкционная прочность и механика разрушения</p>	<p>Знает: потребности отделов прочности, конструкторских и технологических отделов промышленных и научно-производственных фирм в части оценки прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций; современные достижения прикладной механики и наукоемкие компьютерные технологии, способы и средства современных коммуникаций, результаты деятельности ведущих научно-производственных отечественных и зарубежных центров по профилю профессиональной деятельности, знакомиться с изданиями научно-производственного характера, материалами соответствующих научных журналов и регулярно проводимых конференций, современные подходы, в том числе, математические модели, к определению предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении Умеет: адаптировать современные достижения прикладной механики и наукоемкие компьютерные технологии к конкретным потребностям промышленных и научно-производственных предприятий, пользоваться отечественными и зарубежными базами данных научных публикаций (Scopus, WoS, РИНЦ и др.), вести целенаправленный библиографический поиск в различных электронных библиотеках, используя современные коммуникативные технологии, предоставляемые всемирной паутиной, применять в профессиональной деятельности современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно-переменного и длительного нагружения Имеет практический опыт: обучения и консультирования персонала, а также внедрения современных достижений прикладной механики и наукоемких компьютерных технологий в конкретных организациях , работы с отечественными и зарубежными базами</p>

	<p>данных и электронными библиотеками различного уровня, владения приемами и средствами целенаправленного библиографического поиска; составления и редактирования академических текстов технической направленности, расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, включая академические пакеты МКЭ,, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности элементов конструкций. Обладать навыками анализа, интерпретации, представления и применения полученных результатов</p>
Надежность технических систем	<p>Знает: классификацию и основные виды испытаний на надежность; методы ускоренных испытаний, основные понятия и определения теории надежности; методы моделирования состояния сложных технических систем на основе марковских процессов Умеет: определять характеристики надежности по результатам испытаний партии изделий, составлять графы, описывающие состояние технической системы Имеет практический опыт: получения усталостных характеристик материалов по результатам ускоренных испытаний, расчетов вероятностей нахождения системы в различных состояниях и получения оценок характеристик надежности системы</p>
Теория надежности	<p>Знает: основы теории надежности, методы испытаний в области оценки надежности конструкции Умеет: применять теорию надежности при решении профессиональных задач, определять опытным путем характеристики надежности конструкции Имеет практический опыт: расчетов вероятности разрушения конструкции, получения из эксперимента характеристик надежности</p>
Цифровое производство	<p>Знает: методики разработки проектов перспективных изделий; принципы использования современного программного обеспечения, основную терминологию курса (инжиниринг, проектирование, прототипирование, промышленный дизайн, 3D печать, аддитивное производство, цифровое производство т.п.); программное обеспечение для 3D моделирования; технические средства современного цифрового производства, этапы проектно-конструкторской подготовки производства деталей машин; методологию создания 3D-моделей в программных системах компьютерного проектирования Умеет: определять целевые этапы, основные направления работ; выбирать оптимальный набор потребительских, технических, технологических и экономических показателей</p>

	<p>новых изделий; составлять техническую документацию на проекты, их элементы и сборочные единицы, планировать реализацию проекта с использованием современных средств цифрового моделирования и производства, этапы проектно-конструкторской подготовки производства деталей машин; методологию создания 3D-моделей в программных системах компьютерного проектирования Имеет практический опыт: выбора технологии проектирования, конструирования и создания составных частей изделий , в том числе на основе цифрового моделирования; разработки проектов перспективных изделий, техническими средствами современного цифрового производства (3D принтер, 3D сканер, лазерный резак), работы с программным обеспечением для 3D моделирования и 3D печати</p>
<p>Оптимальное проектирование</p>	<p>Знает: критерии оптимизации в задачах механики конструкций и машин; методы оптимизации: векторную параметрическую оптимизацию, топологическую оптимизацию (оптимизацию формы конструкций); эффективные аналитические и численные методы решения задачи оптимизации, включая конечно-элементный подход, методы оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах Умеет: задавать и формулировать целевую функцию, показатели качества; параметры проектирования; основные типы ограничений; осваивать современное ПО для анализа и оптимизации инженерных конструкций, использовать в инженерной практике технологии оптимизации, реализованные в современных CAD/CAE системах Имеет практический опыт: работы с методами решения задачи оптимизации с использованием эффективных вычислительных алгоритмов, с технологиями и алгоритмами, используемыми на этапе оптимизации проектируемого изделия</p>
<p>Компьютерное моделирование в механике</p>	<p>Знает: роль компьютерного моделирования в общей системе расчетно-экспериментального изучения прочности конструкций; способы построения профессиональной траектории с учетом накопленного опыта и динамично изменяющихся требований рынка труда, основной набор расчетно-теоретических и экспериментальных методов исследования задач прочности конструкций, возможности современных систем компьютерного инжиниринга (CAE) Умеет: искать информацию о развивающихся возможностях систем математического (численного) моделирования поведения конструкций, осваивать и применять их на практике, выбирать методы и средства</p>

	<p>компьютерного моделирования с учетом основных особенностей рассматриваемой задачи, применять САЕ-системы для решения профессиональных задач Имеет практический опыт: сравнения различных возможных подходов к решению задач прочности конкретных конструкций, применения вычислительных технологий в задачах описания повторно-переменного неизотермического неупругого деформирования и разрушения конструкций, расчетов напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций с помощью современных пакетов программ</p>
<p>Предельные неупругие состояния конструкций</p>	<p>Знает: типовые и индивидуальные предельные состояния элементов конструкций в различных отраслях промышленности, особенности поведения высоконагруженных конструкций при циклическом неупругом нагружении; экспериментальные данные о поведении материалов в соответствующих условиях; способы описания этих экспериментальных данных Умеет: строить расчетные модели, учитывающие особенности поведения конструкций при циклическом нагружении за пределами упругости, оценивать возможные типы деформирования конструкций и выбирать соответствующие экспериментальные данные о поведении материалов Имеет практический опыт: применения аналитических и/или численных (компьютерных) методов решения рассматриваемых задач, определения запасов прочности конструкций при повторно-переменном неупругом деформировании (по различным предельным состояниям)</p>
<p>Реологические свойства материалов при циклическом деформировании</p>	<p>Знает: основные эффекты, методы и испытательное оборудование для их экспериментального изучения, а также существующие математические модели реологии, применимые в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, особенности циклического деформирования неупругих материалов Умеет: проводить экспериментальные исследования и применять математические модели деформирования склерономного и реономного материала для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций в условиях монотонного и циклического нагружения при нормальной и повышенной температуре, применять в профессиональной деятельности методы исследования закономерностей циклического деформирования неупругих материалов Имеет практический опыт: проведения экспериментальных исследований и расчетов, а также навыки использования пакетов</p>

	прикладных программ для оценки напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с учетом реологических свойств материала при монотонном и циклическом нагружении, оценки прочности и жесткости конструкций при малоцикловом деформировании
--	---

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 40,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	12	12	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	31,75	31,75	
Подготовка к зачёту.	11,75	11,75	
Самостоятельное овладение особенностями расчета параметров механики разрушения в типичных элементах конструкций, выполненных из различных материалов, при различных видах нагружения.	20	20	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	История эволюции подходов к оценке прочности и долговечности конструкций и анализа накопленных повреждений	2	2	0	0
2	Вычисление параметров механики разрушения с использованием конечно-элементных вычислений в рамках линейно-упругой механики разрушения	8	6	2	0
3	Вычисление параметров механики разрушения с использованием конечно-элементных вычислений в рамках упругопластической механики разрушения	10	6	4	0
4	Расчёты по критериям предельных состояний для трещин в пластических телах с использованием МКЭ	8	6	2	0
5	Расчётный анализ кинетики развития трещин и определение вида разрушения конструкции	8	4	4	0



## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	История эволюции подходов к оценке прочности и долговечности конструкций и анализа накопленных повреждений	2
2-4	2	Поля напряжений, деформаций и перемещений у фронта трещины. Границы применимости линейно-упругой механики разрушения при маломасштабных пластических деформациях. Принципы конечно-элементной аппроксимации в задачах разрушения. Вычисление коэффициентов интенсивности по корреляции с напряжениями, деформациями и перемещениями, высвобождаемой энергии по определению, методом освобождения узлов, через модифицированный интеграл закрытия трещины, методом виртуального приращения трещины и вычисление интеграла взаимодействия.	6
5-7	3	Поля напряжений, деформаций и перемещений у фронта трещины в упруго-пластическом теле и принципы конечно-элементной аппроксимации для упруго-пластических тел с трещинами. Вычисление J-интеграла с использованием конечно-элементных расчётов в рамках упругопластической механики разрушения. Критерии корректности J-интеграла для стационарных и развивающихся трещин.	6
8-10	4	Вычисление критериев предельных состояний для трещин в пластических телах с использованием конечно-элементных вычислений. Использование основных типов двухпараметрических критериев. Область их применения.	6
11-12	5	Расчётный анализ кинетики развития трещин и определение вида разрушения конструкции. Направление распространения трещин. Критерии квазистатического развития смешанных трещин. Усталостное развитие трещин. Распространения трещины как результат накопления повреждений в материале.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Принципы построения конечно-элементной сетки для тел с трещинами и использование специальных элементов в линейно -упругой механике разрушения. Использование расширенного метода конечных элементов. Вычисление параметров механики разрушения с использованием конечно-элементных вычислений в рамках линейно-упругой механики разрушения на примерах типичных конструктивных элементов.	2
2-3	3	Принципы построения конечно-элементной сетки для тел с трещинами и использование специальных элементов в упруго-пластической механике разрушения. Вычисление J-интеграла с использованием конечно-элементных вычислений в рамках упруго-пластической механики разрушения на примерах типичных конструктивных элементов.	4
4	4	Вычисление критериев предельных состояний для типичных конструктивных элементов из пластических материалов с трещинами с использованием конечно-элементных вычислений. Построение диаграмм разрушения.	2
5-6	5	Расчётный анализ кинетики развития трещин в типичных конструктивных элементах с использованием классического МКЭ и расширенного метода конечных элементов. Распространение трещины как результат накопления повреждений в материале.	4

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачёту.	см. список основной литературы	4	11,75
Самостоятельное овладение особенностями расчета параметров механики разрушения в типичных элементах конструкций, выполненных из различных материалов, при различных видах нагружения.	Морозов, Е. М. Метод конечных элементов в механике разрушения. - М.: Наука., Пестриков, В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий [Текст] практикум В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007.	4	20

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

#### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	4	Текущий контроль	Вычисление параметров механики разрушения с использованием конечно-элементных вычислений в рамках линейно-упругой механики разрушения	1	15	15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено.	зачет
2	4	Текущий контроль	Вычисление параметров механики разрушения с использованием конечно-элементных вычислений в рамках упругопластической механики разрушения	1	15	Зачтено: 15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено.	зачет
3	4	Текущий контроль	Расчёты по критериям	1	15	15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное	зачет

			предельных состояний для трещин в пластических телах с использованием МКЭ			решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено.	
4	4	Текущий контроль	Расчётный анализ кинетики развития трещин и определение вида разрушения конструкции	1	15	15 баллов: дано верное, качественно аргументированное и оформленное решение задачи. 10 баллов: решение задачи верное, но недостаточно аргументированное или имеются проблемы в оформлении. 5 баллов: имеется попытка решения, результат спорный. Не зачтено: Задание не выполнено.	зачет
5	4	Промежуточная аттестация	Зачёт по всем разделам	-	40	40 баллов: даны правильные ответы на все вопросы. 30 баллов: дан правильный ответ на два вопроса. 15 баллов: дан правильный ответ на один вопрос. 0 баллов: не отвечено ни на один вопрос.	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Проводится письменно. К зачету допускаются все студенты. Билет содержит три вопроса из разных разделов курса (список вопросов см. в приложенном файле). На подготовку отводится 60 минут. В рамках ПА происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система. Зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...100 %. Не зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Допускается выставление оценки на основе текущего рейтинга (автоматом).	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-3	Знает: основные методы и подходы в компьютерном моделировании разрушения			+		
ПК-3	Умеет: осваивать новые методы численного моделирования разрушения				+	
ПК-3	Имеет практический опыт: работы с современными системами компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для моделирования разрушения				+	

ПК-5	Знает: основные современные подходы к прогнозированию долговечности и оценке надёжности конструкций с дефектами	++			+
ПК-5	Умеет: изучать и применять математический аппарат в вычислительной механике разрушения	++			+
ПК-5	Имеет практический опыт: работы с современными общими инженерными САЕ и специализированными программными средствами, реализующими численные методы механики разрушения	++			

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Морозов, Е. М. Метод конечных элементов в механике разрушения. - М.: Наука, 1980. - 254 с. ил.
2. Хеллан, К. Введение в механику разрушения Пер. с англ. А. С. Кравчука; Под ред. Е. М. Морозова. - М.: Мир, 1988. - 364 с. ил.
3. Макеева И. Р. Основы теории прочности и механики разрушения : учеб. пособие по специальности "Механика и мат. моделирование" и др. / И. Р. Макеева ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. - 111, [1] с. : ил.. URL: [http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU\\_METHOD&key=000568124](http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000568124)

#### б) дополнительная литература:

1. Партон, В. З. Механика разрушения : от теории к практике [Текст] В. З. Партон. - 2-е изд. - М.: URSS : Издательство ЛКИ, 2007. - 238, [1] с. ил.
2. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений Т. 1 В 2 т. Ю. Ито и др.; Под ред. Ю. Мураками; Пер. с англ. под ред. Р. В. Гольдштейна, Н. А. Махутова; Пер. В. И. Даниленко. - М.: Мир, 1990. - 448 с. ил.
3. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений Т. 2 В 2 т. Ю. Ито; Под ред. Ю. Мураками; Пер. с англ. под ред. Р. В. Гольдштейна, Н. А. Махутова; Пер. В. Э. Наумова. - М.: Мир, 1990. - 560 с. ил.
4. Броек Д. Основы механики разрушения : Пер. с англ.. - М. : Высшая школа, 1980. - 368 с. : ил.
5. Пестриков В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий : практикум / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2007. - 452 с. : ил.
6. Пестриков В. М. Механика разрушения твердых тел : Курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб. : Профессия, 2002. - 300 с. : ил.
7. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения / Г. П. Черепанов. - М. : Наука, 1974. - 640 с. : черт.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:  
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Пестриков, В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий, практикум В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 452 с. ил.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Пестриков, В. М. Механика разрушения на базе компьютерных технологий, практикум В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 452 с. ил.

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -Python(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

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

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютеры с доступом к ресурсам СКЦ ЮУрГУ, проектор, экран