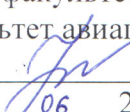


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Факультет авиационной и морской техники
 Красильникова О.А.
«10» 06 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика разрушения»

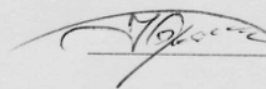
Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, РГР	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

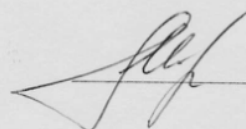
Профессор, Доцент, Доктор физико-математических наук



Бормотин К.С

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Механика разрушения» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС ВО, утвержденный приказом Минобрнауки России от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Самолетостроение» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.004 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЧНОСТНЫМ РАСЧЕТАМ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ».

Обобщенная трудовая функция: D Руководство проектно-расчетными работами по прочности авиационных конструкций.

НЗ-18 Основы усталостной прочности авиационных конструкций, НЗ-21 Основы механики разрушения, НУ-2 Анализировать состояние поврежденной конструкции, НУ-4 Проводить расчеты на прочность конструкций с учетом геометрической нелинейности элементов, температурного воздействия, пластичности материалов коррозионного поражения.

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> - Рассмотреть модели деформационных (вязких) разрушений и мало деформационных (хрупких) разрушений; - Рассмотреть основные положения механики трещин; - Изучить известные критерии разрушения и возможности CAE-систем для анализа развития трещин.
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Раздел 1. Критерии разрушения материалов: Тема 1. Критерии разрушения изотропных тел, Тема 2. Критерии разрушения анизотропных тел.</p> <p>Раздел 2. Пластическое разрушение: Тема 1. Идеально пластическое тело, Тема 2. Теоремы о пластическом разрушении, Тема 3. Приспособляемость упруго-пластических тел при переменных нагрузках, Тема 4. Неустойчивость деформирования упрочняющихся тел.</p> <p>Раздел 3. Разрушение в условиях ползучести: Тема 1. Время вязкого разрушения, Тема 2. Повреждения при квазихрупком разрушении.</p> <p>Раздел 4. Механика трещин: Тема 1. Хрупкие разрушения и механика трещин, Тема 2. Энергетическое уравнение для тела с распространяющейся трещиной.</p>

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Механика разрушения» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-3 Способен проводить прочностные расчеты авиационных конструкций при проектировании и конструировании авиационной техники	<p>ПК-3.1 Знает методы расчетов на прочность и устойчивость различных типов конструкций при статических и динамических нагрузках</p> <p>ПК-3.2 Умеет пользоваться программным обеспечением для моделирования напряженного состояния при статических и динамических нагрузках; использовать нормативно-техническую документацию (нормы прочности, авиационные правила, руководство для конструкторов по прочности)</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований в рамках проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности</p>	<p>Знать: критерии разрушения материалов, теорию разрушения А.Гриффитса, методы определения коэффициента интенсивности напряжений; математическое представление трещины; понятие многоциклового усталости.</p> <p>Уметь: определять напряженное состояние тела с трещиной, коэффициент интенсивности напряжений; решать задачи разрушения тел при многоциклового усталости.</p> <p>Владеть: навыками анализа прочности и распространения трещин по напряженно-деформированному состоянию конструкции, вычисленному в системе компьютерного инжиниринга (CAE-системе).</p>

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика разрушения» изучается на 4 курсе, 7 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Аэродинамика самолетов», «Динамика полета самолетов», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Строительная механика самолетов», «Теория упругости, пластичности и ползучести», «Прочность авиационных конструкций».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Механика разрушения», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Проектирование конструкций из композиционных материалов», «Применение пакетов прикладных программ в механике конструкций», «Управление качеством», «Производственная практика (конструкторская практика)», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 11 семестр», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Механика разрушения» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий.

Дисциплина «Механика разрушения» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, раз-

вивает творчество, профессиональные умения, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	32
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	16 0
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	16 8
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	41
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен	35

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские	Лабораторные	

		(практические занятия)	занятия	
Раздел 1. Критерии разрушения материалов.				
Тема 1. Критерии разрушения изотропных тел. <i>Прочность материалов. Предельная поверхность. Критерии нормальных, касательных напряжений, интенсивности касательных напряжений. Критерий Мора.</i>	1			2
Тема 2. Критерии разрушения анизотропных тел. <i>Анизотропные материалы. Орто-тропное тело. Трансверсально-изотропное тело. Критерии разрушения анизотропных тел. Критерии длительной и усталостной прочности.</i>	1			2
Раздел 2. Пластическое разрушение.				
Тема 1. Идеально пластическое тело. <i>Понятие предельной нагрузки. Условие текучести. Закон ассоциированного течения.</i>	1	2		2
Тема 2. Теоремы о пластическом разрушении. <i>Основное энергетическое уравнение. Коэффициент предельной нагрузки. Кинематический и статический коэффициенты.</i>	2	2		2
Тема 3. Приспособляемость упруго-пластических тел при переменных нагрузках. <i>Переменные нагрузки. Знакопеременная пластичность. Прогрессирующая деформация. Статическая теорема приспособляемости.</i>	2	2*		2
Тема 4. Неустойчивость деформирования упрочняющихся тел. <i>Максимальные нагрузки. Неустойчивость деформирования. Уравнение упрочняющейся среды.</i>	1	2		2
Раздел 3. Разрушение в условиях ползучести.				
Тема 1. Время вязкого разрушения.	2	2*		2

<i>Время разрушения. Уравнение ползучести. Учет пластической деформации. Переменная нагрузка. Влияние изменяющейся температуры.</i>				
Тема 2. Повреждения при квазихрупком разрушении. <i>Накопление поврежденностей. Кинетическое уравнение поврежденности. Линейное суммирование напряжений.</i>	2	2		3
Раздел 4. Механика трещин.				
Тема 1. Хрупкие разрушения и механика трещин. <i>Теория разрушения А. Гриффитса. Простейшие задачи о напряженном состоянии тела с трещинами.</i>	2	2*		12
Тема 2. Энергетическое уравнение для тела с распространяющейся трещиной. <i>Уравнение энергии. J-интеграл. Критерий Ирвина.</i>	2	2*		12
ИТОГО по дисциплине	16	16		41

* реализуется в форме практической подготовки

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	21
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	20
Итого	41

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Пестриков, В.М. Механика разрушения твёрдых тел: Курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб.: Профессия, 2002. - 300с.
2. Тарануха, Н.А. Основы механики разрушения судовых конструкций : учебное пособие для вузов / Н. А. Тарануха, И. Н. Журбина, О. В. Журбин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2016. - 67с.
3. Зайцев, Ю. В. Механика разрушения для строителей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.В. Зайцев, Г.Э. Окольников, В.В. Доркин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 216 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
4. Матвиенко, Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения [Электронный ресурс] : монография / Ю.Г. Матвиенко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 328 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

8.2 Дополнительная литература

1. Шевченко, А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / А. А. Шевченко. - СПб.: Профессия, 2010. - 223с.
2. Куксенова, Л.И. Износостойкость конструкционных материалов : учебное пособие для вузов / Л. И. Куксенова, С. А. Герасимов, В. Г. Лаптева. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. - 238с.
3. Пластические константы разрушения : учебное пособие для вузов / О. В. Козлова, А. П. Наумкин, А. И. Хромов, С. А. Шамрай. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2005. - 52с.
4. Пестриков, В.М. Механика разрушения: Курс лекций / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. - СПб.: Профессия, 2012. - 551с.
5. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учеб. пос. / М.Д. Подскребко. - Минск: Выш. шк., 2009. - 669 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
6. Огородников В.А. Основы физики прочности и механики разрушения [Электронный ресурс] : учебное издание / В.А. Огородников, В.А. Пушков, О.А. Тюпанова. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2007. — 339 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18443.html>, ограниченный. – Загл. с экрана.

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Обучение дисциплине «Механика разрушения» предполагает изучение курса как на аудиторных занятиях, так и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических работ (традиционных и компьютерных практикумов).

Для успешного выполнения практических и самостоятельной работ учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение

1. Олейников, А.И. Анализ напряженно-деформированного состояния в системе MSC.Nastran&MSC.Patran / А.И. Олейников, К.С. Бормотин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн.ун-та, 2009. - 135 с.
2. Бормотин, К. С. Расчет технологических параметров в интегрируемом комплексе программ / К. С. Бормотин, А.И. Олейников – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та, 2014. – 64 с.
3. Методические указания к выполнению РГЗ и курсовых работ по теории пластичности и ползучести в системе MSC.PATRAN & MSC.MARC / сост.: К.С. Бормотин, А.И. Олейников. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2009.

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

Освоение дисциплины «Механика разрушения» основывается на активном использовании Microsoft Office, Patran, Natran, Marc в процессе изучения теоретических разделов дисциплины, подготовки к практическим занятиям, а также при выполнении РГР. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно- телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий и РГР. Для ознакомления с расчетными методами используются САЕ-системы Patran, Natran, Marc.

8.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
University MD FEA Bundle (Natran, Patran, Marc)	Лицензионное свидетельство ЕС 4681 от 01.09.2002 г.
OnlyOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом иписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению 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.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 225 3	Мультимедийный класс	Экран, мультимедиа проектор, персо-

корпус	нальные компьютеры
--------	--------------------

При реализации дисциплины «Механика разрушения» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
Экран, мультимедиа проектор, персональные компьютеры	Проведение компьютерных практикумов

10.2 Технические и электронные средства обучения

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: University MD FEA Bundle, OnlyOffice.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);

- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);

- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);

- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«Механика разрушения»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен, РГР	Кафедра «Авиастроение»

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-3 Способен проводить прочностные расчеты авиационных конструкций при проектировании и конструировании авиационной техники	<p>ПК-3.1 Знает методы расчетов на прочность и устойчивость различных типов конструкций при статических и динамических нагрузках</p> <p>ПК-3.2 Умеет пользоваться программным обеспечением для моделирования напряженного состояния при статических и динамических нагрузках; использовать нормативно-техническую документацию (нормы прочности, авиационные правила, руководство для конструкторов по прочности)</p> <p>ПК-3.3 Владеет навыками анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований в рамках проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности</p>	<p>Знать: критерии разрушения материалов, теорию разрушения А.Гриффитса, методы определения коэффициента интенсивности напряжений; математическое представление трещины; понятие многоциклового усталости.</p> <p>Уметь: определять напряженное состояние тела с трещиной, коэффициент интенсивности напряжений; решать задачи разрушения тел при многоциклового усталости.</p> <p>Владеть: навыками анализа прочности и распространения трещин по напряженно-деформированному состоянию конструкции, вычисленному в системе компьютерного инжиниринга (CAE-системе).</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 1. Критерии разрушения материалов.	ПК-3.1	Экзамен	Полнота ответа на вопрос экзаменационного билета
Раздел 2. Пластическое разрушение.	ПК-3.1	Экзамен, Практическая работа	Полнота ответа на вопрос экзаменационного билета. Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов.
Раздел 3. Разруше-	ПК-3.1	Экзамен,	Полнота ответа на вопрос эк-

ние в условиях ползучести.		Практическая работа	заменационного билета. Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов.
Раздел 4. Механика трещин.	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Практическая работа, РГР, Экзамен	Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов. Качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений. Полнота ответа на вопрос экзаменационного билета

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»			
Практическая работа	В течение семестра	10 баллов	10 баллов – студент правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы. 7 баллов – студент выполнил практические задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. 3 балла – студент выполнил практические задания с существенными неточ-

			<p>ностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практических заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений.</p> <p>При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
РГР	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Текущий контроль:		20 баллов	
Экзамен:		10 баллов	<p>10 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов - студент ответил на теоретические вопросы билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла - студент ответил на теоретические вопросы билета с существенными</p>

			неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов - при ответе на теоретические вопросы билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
ИТОГО:		30 баллов	
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

Практическая работа

Задание 1. Определение кинематической и статической нагрузки в задаче о растяжении полосы с круговым отверстием. Задача на применение теорем о пластическом разрушении.

Задание 2. (Реализуется в форме практической подготовки) Определить область приспособляемости для круглого стержня радиуса a , растягиваемого силой P и скручиваемого моментом M . Использовать теорему Мелана.

Задание 3. (Реализуется в форме практической подготовки) Дана цилиндрическая труба из линейно-упругого материала, содержащая на боковой поверхности две трещины, не взаимодействующие с собой. Одна трещина перпендикулярна к оси цилиндра, а другая расположена к его оси под углом 60° . Цилиндр вдоль оси растягивается силой P и закручивается моментом $M = PR$. Найти эффективные коэффициенты интенсивности напряжений для двух указанных трещин.

Задание 4. (Реализуется в форме практической подготовки). На пластинку с трещиной действует распределенная нагрузка $p=120\text{Па}$ Материал пластинки $E=30 \times 10^6\text{Па}$, $\nu = 0.3$, размеры $a=30\text{м}$, $b=20\text{м}$. Необходимо вычислить значение J-интеграла в вершине трещины, используя САЕ-систему.

3.2. Задания для промежуточной аттестации

Расчетно-графическая работа

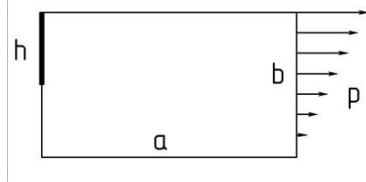
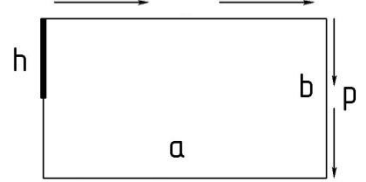
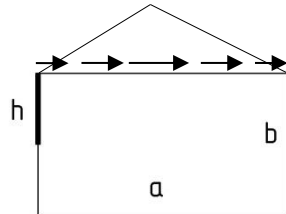
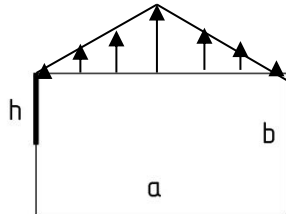
Задание 1. На пластинку с трещиной действует распределенная нагрузка. Размеры пластинки $a=30\text{м}$, $b=20\text{м}$. Необходимо вычислить значение J-интеграла в вершине трещины, используя САЕ-систему.

Материал пластинки:

- Изотропный упругий материал $E=30 \times 10^6 \text{Па}$, $\nu=0.3$;
- Ортотропный упругий материал $E_1=30 \cdot 10^6 \text{Па}$, $E_2=30 \cdot 10^5 \text{Па}$, $\nu_1=\nu_2=0.3$;
- Упругопластический материал с упрочнением: $E=20 \times 10^6 \text{Па}$, $\nu=0.3$. Закон

упрочнения $\bar{\sigma}(\bar{\varepsilon}^p) = A(\varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}^p)^m$, где $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E}$ - начальная деформация, $A=180 \times 10^3 \text{Па}$, $m=0.2$. Предел пластичности $\sigma_0 = 50 \times 10^3 \text{Па}$.

Варианты части пластинки и нагрузок:

1		2	
3		4	

Задание 2. В центре квадратной толстой пластинки из линейно-упругого материала находится наклонная трещина длиной $2l$ под углом α к оси Ox . Напряженное состояние пластинки задано тензором напряжений. Определить эффективный коэффициент интенсивности.

$$1. \sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \alpha = 40^\circ, \quad 2. \sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \alpha = 80^\circ,$$

$$3. \sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 7 & 0 \\ 7 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \alpha = 170^\circ, \quad 4. \sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 3 & -6 & 0 \\ -6 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \alpha = 15^\circ.$$

Параметры задач выдаются преподавателем по вариантам.

Контрольные вопросы к экзамену

1. Критерии разрушения изотропных тел (Предельная поверхность, критерий наибольших нормальных напряжений, критерий наибольших касательных напряжений, критерий наибольшей интенсивности касательных напряжений)

2. Критерии разрушения изотропных тел (критерий Мора, критерий Шлейхера-Надаи, критерий Писаренко-Лебедева)
3. Критерии разрушения анизотропных тел
4. Критерии длительной и усталостной прочности
5. Понятие предельной нагрузки пластического разрушения
6. Верхняя и нижняя оценка предельной нагрузки пластического разрушения
7. Приспособляемость упругопластических тел при переменных нагрузках, пример.
8. Прогрессирующая деформация упругопластических тел при переменных нагрузках, пример.
9. Нижняя граница приспособляемости (Теорема Мелана)
10. Верхняя граница приспособляемости (Теорема Койтера)
11. Максимальные нагрузки для упрочняющихся тел, неустойчивость деформирования
12. Кинетическое уравнение поврежденности в условиях ползучести
13. Механика трещин. Теория Гриффитса.
14. Учет пластических деформаций в вершине трещины в теории Гриффитса. Вязкость разрушения.
15. Коэффициент интенсивности напряжений для продольного сдвига (антиплоская деформация) пространства с щелью
16. Коэффициент интенсивности напряжений для трещины при однородном растяжении в условиях плоской деформации
17. Коэффициент интенсивности напряжений для трещины при сдвиге в условиях плоской деформации
18. Энергетическое уравнение для тела с распространяющейся трещиной
19. Связь приращения потенциальной энергии тела с коэффициентами интенсивности напряжений и J -интегралом.

