Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 28.07.2026 18:06:42
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы физики прочности и механика разрушения

Направление подготовки/специальность
15.03.03 Прикладная механика

Профиль/специализация
Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Профессор, д.т.н.  /А.Н. Полилов/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

Содержание

1. Цели освоения дисциплины. 4
2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета. 4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения 5
4. Структура и содержание дисциплины. 5
5. Образовательные технологии. 7
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое 7
6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю). 8
6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал 10
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины. 11
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины. 11
9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов 11
10. Методические рекомендации для преподавателя 11
Приложение 1. Структура и содержание дисциплины 13
Приложение 2. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 15

1. Цели освоения дисциплины.

К основным целям освоения дисциплины «Основы физики прочности и механика разрушения» следует отнести: подготовку бакалавра к деятельности, связанной с проектированием ответственных конструкций для различных отраслей машиностроения и транспорта с применением концепций механики разрушения и современных экспериментальных и расчетных средств; подготовку специалистов, способных самостоятельно решать возникающие в инженерной практике задачи анализа и обоснования прочности, долговечности и ресурса машин и конструкций при наличии в них концентраторов напряжений и повреждений в виде трещин, возникших как на стадии изготовления, так и на стадии эксплуатации.

К основным задачам освоения дисциплины «Основы физики прочности и механика разрушения» следует отнести: изучение методов и средств определения трещиностойкости сплавов и новых композитных материалов; ознакомление студентов с современными методами физики и механики разрушения твердого тела; изучение и практическое освоение принципов и методов: 1. расчета прочности по критериям механики разрушения, 2. анализа долговечности и 3. продления ресурса; освоение методов проектирования ответственных конструкций по критерию исключения возможности катастрофического разрушения в результате роста магистральной трещины или накопления критического уровня рассеянных повреждений для заданного вида нагружения; ознакомление с основными принципами обеспечения техногенной безопасности критически важных объектов с применением концепций линейной и нелинейной механики разрушения.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Основы физики прочности и механика разрушения» относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы бакалавриата. «Основы физики прочности и механика разрушения» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части (Б1.1):

– Физика
- Дифференциальные уравнения и комплексный анализ
- Сопротивление материалов
- Материаловедение
- Механика композиционных материалов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать:	Перечень планируемых результатов
ПК-1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность.	ИПК-1.1 Проводит расчеты на прочность различных типовых конструкций: балочных, ферменных, пластинок, оболочек; соединений элементов конструкций ИПК-1.2 Составляет расчетные схемы, компоновки и теоретические увязки отдельных элементов авиационных конструкций на основании конструкторской и другой технической документации ИПК-1.3 Выполняет эскизы деталей авиационных конструкций простой и средней сложности ИПК-1.4 Чертит расчетные схемы для проведения расчетов на прочность ИПК-1.5 Применяет методики конечно-элементного анализа конструкций ИПК-1.6 Читает и понимает техническую документацию на английском языке ИПК-1.7 Составляет отчеты и техническую документацию по тематике работы ИПК-1.8 Использует стандартное программное обеспечение при оформлении документации и инженерных расчетах ИПК-1.9 Использует программное обеспечение для расчетов на прочность

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы, т.е. **72** академических часа (из них 36 часа – самостоятельная работа студентов).

На третьем курсе в **шестом** семестре выделяются **2** зачетные единицы, т.е. **72** академических часа (из них 368 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины **«Основы физики прочности и механика разрушения»** изучаются на третьем курсе.

Шестой семестр: лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля - зачет.

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36
	В том числе:		
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	18	18
	Лабораторные занятия	-	-
2	**Самостоятельная работа**	**36**	36
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Зачет**	Зачет
	Итого	**72**	72

Структура и содержание дисциплины **«Основы физики прочности и механика разрушения»** по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Шестой семестр

1. Критерии прочности и пластичности.

Физика прочности: строение совершенных кристаллов и их теоретическая прочность. Механические свойства материалов: механизмы пластического деформирования, деформирование монокристаллов, особенности деформирования поликристаллов, ползучесть, классификация видов ползучести. Три вида связей и их особенности. Уравнения теплового движения атомов в решетке. Оценка теоретической прочности на основе рассмотрения взаимодействия атомов совершенного кристаллического тела. Оценка теоретической прочности кристаллов на сдвиг. Пластическая деформация и сдвиг частей кристаллов. Различие теоретической и реальной прочности из-за наличия в твердых телах дефектов.

2. Влияние концентрации напряжений на прочность.

Дефекты кристаллической решетки, механизмы образования трещины. Теория дефектов кристаллического строения: точечные дефекты в кристаллах, дислокации и их классификация, поверхностные дефекты кристаллического строения, дислокации в реальных кристаллических структурах. Поле напряжений вокруг дислокаций, энергия дислокаций, движение и размножение дислокаций, методы наблюдения дислокаций. Дислокационные механизмы образования микротрещин (модели Зинера-Стро-Петча, Коттрелла, Баллафа-Гилмана, Орована-Стро), критерий зарождения и роста дислокационных трещин. Макро- и микровзаимодействие трещин и плоских скоплений дислокаций.

3. Модели рассеянного разрушения.

Модельные представления о микромеханизмах разрушения на уровне структурных элементов (зерен): транскристаллитный и межзеренный скол, вязкое разрушение (рост пор), разрушение при усталости (бороздчатый рельеф). Связь механики

разрушения с физикой твердого тела. Усталость. Усталостный рост трещины. Механизмы роста усталостных трещин, кинетическая диаграмма циклической трещиностойкости. Влияние асимметрии и частоты цикла нагружения на распространение трещин. Механизмы закрытия трещины. Расчет долговечности поврежденных конструкций. Континуальные теории накопления повреждений и разрушения. Деформационное старение и коррозионное растрескивание материалов под нагрузкой.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Основы физики прочности и механика разрушения» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся:

– подготовка к выполнению лабораторных работ;

– обсуждение и защита на семинарах рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам испытаний композитов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью и содержанием дисциплины «Основы физики прочности и механика разрушения», и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В пятом семестре

- реферат по темам: «Критерии прочности и пластичности», «Влияние концентрации напряжений на прочность», «Механика накопления повреждений и рассеянного разрушения», «Методы расчета на усталостную долговечность» (индивидуально для каждого обучающегося).

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов, тем рефератов, зачетных и экзаменационных билетов приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код Компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе - их отдельные компоненты, формируются поэтапно в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценки компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

ПК-1 Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность.				
знать: методы проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний о методах проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин.	Обучающийся демонстрирует неполные знания о методах проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин, допускает значительные ошибки, проявляет недостаточность знаний, испытывает значительные затруднения при попытке применить знания для новых конструкций.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний о методах проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин, допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических расчетах.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний о методах проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин, свободно оперирует приобретёнными знаниями.
уметь: рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям накопления рассеянных разрушений.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям накопления	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умения рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям накопления рассеянных разрушений, допускает значительные ошибки, испытывает затруднения при переносе умения на новую конструкцию.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умения рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям накопления рассеянных разрушений, допускает лишь незначительные ошибки при переносе	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умения рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям

	рассеянных разрушений, не понимает алгоритма данной процедуры.		умения на новую конструкцию.	накопления рассеянных разрушений, свободно, применяет умения для конструкций повышенной сложности.
владеть: компьютерными программами расчета коэффициентов интенсивности в конструкциях, содержащих трещины	Обучающийся не владеет компьютерными программами расчета коэффициентов интенсивности в конструкциях, содержащих трещины, содержащих трещины, не может объяснить сути алгоритма такой программы.	Обучающийся в неполном объеме владеет компьютерными программами расчета коэффициентов интенсивности в конструкциях, содержащих трещины, проявляет недостаточность владения навыками, испытывает значительные затруднения при применении навыков для объяснения алгоритма расчета.	Обучающийся частично владеет компьютерными программами расчета коэффициентов интенсивности в конструкциях, содержащих трещины, но допускает незначительные ошибки при переносе умений на новые конструкции	Обучающийся в полном объеме владеет компьютерным и программами расчета коэффициентов интенсивности в конструкциях, содержащих трещины, легко переносит умения на новую конструкцию.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы физики прочности и механика разрушения», а именно: выполнившие лабораторные работы и выступившие с докладом по своему реферату.

Шкала оценивания	**Описание**

Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям в таблицах, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнено более одного вида учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Паначев, И. А. Основы механики разрушения: учебное пособие / И. А. Паначев, М. Ю. Насонов. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 54 с.
   URL: https://e.lanbook.com/book/6653

б) дополнительная литература:

1. Аннин, Б. Д. Механика композитов: учебное пособие для вузов / Б. Д. Аннин, Е. В. Карпов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2021; Новосибирск: РИЦ

НГУ. — 85 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13166-6 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-4437-0532-3
URL: https://urait.ru/bcode/449349
2. Малинин, Н. Н. Прочность турбомашин: учебное пособие для вузов / Н. Н. Малинин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 294 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05333-3.
URL: https://urait.ru/bcode/454135
3. Гуляев, В.П. Специальный раздел механики. Деформации и разрушение стальных изделий [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 232с.
Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95138
4. Филатов, Ю.Е. Введение в механику материалов и конструкций [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 320с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93704

в) Электронные образовательные ресурсы:

Курс «Основы физики прочности и механика разрушения» (модуль 1) https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9928
Курс «Основы физики прочности и механика разрушения» (модуль 2) https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=10520

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для проведения лекционных и практических занятий оснащенная столами учебными со скамьями (столами, стульями); аудиторной доской; рабочее место преподавателя: стол, стул.
Специализированная лаборатория кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» оснащенная:

1. Учебная испытательная машина МИ-40КУ
2. Маятниковый копер МК-300
3. Машина для испытаний на усталость
4. Комплекс для демонстрации механических и демпфирующих свойств пластичных материалов
5. Устройство для наглядной демонстрации ползучести материалов WP600

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов,

стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Основы физики прочности и механика разрушения» по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика. (бакалавр)

п.п.	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
Шестой семестр															
1.1	Физика прочности: строение совершенных кристаллов и их теоретическая прочность. Механические свойства материалов: механизмы пластического деформирования, деформирование монокристаллов, особенности деформирования поликристаллов, ползучесть, классификация видов ползучести. Три вида связей и их особенности.	6	1-2	2			2					+			
1.2	Лабораторная работа. Определение параметров линейного и квадратичного критериев, учитывающих направленный вид разрушения однонаправленных и ортогонально армированных пластиков.	6	1-2			2	2					+			

2.1	Уравнения теплового движения атомов в решетке. Оценка теоретической прочности на основе рассмотрения взаимодействия атомов совершенного кристаллического тела. Оценка теоретической прочности кристаллов на сдвиг.	6	3-4	2			2					+			
2.2	Лабораторная работа. Критерии прочности для намоточных труб при растяжении, кручении и сложном напряженном состоянии.	6	3-4			2	2					+			
3.1	Пластическая деформация и сдвиг частей кристаллов. Различие теоретической и реальной прочности из-за наличия в твердых телах дефектов	6	5-6	2			2					+			
3.2	Лабораторная работа Определение параметров линейного критерия расслоения композитных балок при изгибе. Выдача задания на реферат	6	5-6			2	2					+			
4.1	Дефекты кристаллической решетки, механизмы образования трещины. Теория дефектов кристаллического строения: точечные дефекты в кристаллах, дислокации и их классификация, поверхностные дефекты кристаллического строения, дислокации в реальных кристаллических структурах.	6	7-8	2			2					+			

4.2	Лабораторная работа. Оценка феноменологического размера области усреднения напряжений и характерного расстояния от вершины трещины или отверстия. Определение параметров поврежденности и повреждаемости для модели докритического затупления отверстий в композитах.	6	7-8			2	2					+			
5.1	Поле напряжений вокруг дислокаций, энергия дислокаций, движение и размножение дислокаций, методы наблюдения дислокаций. Дислокационные механизмы образования микротрещин (модели Зинера-Стро-Петча, Коттрелла, Баллафа-Гилмана, Орована-Стро), критерий зарождения и роста дислокационных трещин. Макро- и микровзаимодействие трещин и плоских скоплений дислокаций.	6	9-10	2			2					+			
5.2	Лабораторная работа. Нахождение параметров уравнения Пэриса для роста трещины при усталостном нагружении.	6	9-10			2	2					+			
6.1	Модельные представления о микромеханизмах разрушения на уровне структурных элементов (зерен): транскристаллитный и межзеренный скол, вязкое	6	11-12	2			2					+			

	разрушение (рост пор), разрушение при усталости (бороздчатый рельеф).														
6.2	Лабораторная работа. Метод податливости для определения критической скорости высвобождения энергии. Построение зависимости податливости от длины надреза.	6	11-12			2	2					+			
7.1	Связь механики разрушения с физикой твердого тела. Усталость. Усталостный рост трещины. Механизмы роста усталостных трещин, кинетическая диаграмма циклической трещиностойкости.	6	13-14	2			2					+			
7.2	Лабораторная работа. Определение критического КИН при изгибе надрезанных балок. Оценка линейности диаграммы разрушения.	6	13-14			2	2					+			
8.1	Влияние асимметрии и частоты цикла нагружения на распространение трещин. Механизмы закрытия трещины. Расчет долговечности поврежденных конструкций.	6	15-16	2			2					+			
8.2	Лабораторная работа. Нелинейная механика разрушения. Метод нагружения серии образцов для оценки критического значения J-интеграла.	6	15-16			2	2					+			

	Метод многократного нагружения одного образца для оценки критического значения J-интеграла.														
9.1	Континуальные теории накопления повреждений и разрушения. Деформационное старение и коррозионное растрескивание материалов под нагрузкой		17-18	2			2								
9.2	Лабораторная работа. Определение сопротивления расслоению при раздирании двухконсольных образцов. Определение сопротивления расслоению при изгибе и при растяжении образцов с межслойной трещиной.	6	17-18			2	2					+			
	Форма аттестации														
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			18		18	36					реферат			З

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление: 15.03.03 ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

профиль «Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности»

Форма обучения: очная

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Основы физики прочности и механика разрушения

Составители:

Профессор, д.т.н. Полилов А.Н.

Москва, 2026 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

КОМПЕТЕНЦИИ					
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**	**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенции**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ПК-1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность.	**Знать:** методы проектирования ответственных элементов конструкций по условию предотвращения катастрофического хрупкого разрушения в результате роста магистральных трещин **Уметь:** рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины, оценивать долговечность элемента конструкции по моделям накопления рассеянных разрушений. **Владеть:** компьютерными программами расчета коэффициентов интенсивности в	Лекция, практическое занятие, лабораторная работа, самостоятельная работа	**Р** **УО** **З** **Э**	**Базовый уровень** - способен рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины **Повышенный уровень** **-** способен рассчитывать критические напряжения в конструкции по условию начала катастрофического роста магистральной трещины и давать рекомендации и предложения при проектировании и улучшении конструкций

		конструкциях, содержащих трещины.			

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине «Основы физики прочности и механика разрушения»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос, собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний, обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно- исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
3	Зачет (З)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «зачтено» или «не зачтено»	Примеры зачетных билетов
4	Экзамен (Экз)	Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно»	Примеры экзаменационных билетов

Приложение 3

Примеры зачетных и экзаменационных билетов по курсу «Основы физики прочности и механика разрушения»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Основы физики прочности и механика разрушения
Направление 15.03.03 Прикладная механика
Курс 3, семестр 6

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 4.

1. Ползучесть, классификация видов ползучести.
2. Механизмы закрытия трещины.

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 202__г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____/А.А.Скворцов/

Перечень вопросов к зачету

Вопросы к зачету
Физика прочности: строение совершенных кристаллов и их теоретическая прочность.
Механические свойства материалов: механизмы пластического деформирования.
Механические свойства материалов: деформирование монокристаллов.
Механические свойства материалов: особенности деформирования поликристаллов
Ползучесть, классификация видов ползучести.
Три вида связей и их особенности.
Уравнения теплового движения атомов в решетке.
Оценка теоретической прочности на основе рассмотрения взаимодействия атомов совершенного кристаллического тела.
Оценка теоретической прочности кристаллов на сдвиг.
Пластическая деформация и сдвиг частей кристаллов.
Различие теоретической и реальной прочности из-за наличия в твердых телах дефектов.
Дефекты кристаллической решетки, механизмы образования трещины.

Теория дефектов кристаллического строения: точечные дефекты в кристаллах, дислокации и их классификация, поверхностные дефекты кристаллического строения, дислокации в реальных кристаллических структурах.
Поле напряжений вокруг дислокаций, энергия дислокаций, движение и размножение дислокаций, методы наблюдения дислокаций.
Модели Зинера-Стро-Петча, Коттрелла.
Модели Баллафа-Гилмана, Орована-Стро
Критерий зарождения и роста дислокационных трещин.
Макро- и микровзаимодействие трещин и плоских скоплений дислокаций
Модельные представления о микромеханизмах разрушения на уровне структурных элементов
Транскристаллитный и межзеренный скол
Вязкое разрушение (рост пор), разрушение при усталости (бороздчатый рельеф)
Связь механики разрушения с физикой твердого тела.
Усталость. Усталостный рост трещины.
Механизмы роста усталостных трещин, кинетическая диаграмма циклической трещиностойкости.
Влияние асимметрии и частоты цикла нагружения на распространение трещин.
Механизмы закрытия трещины.
Расчет долговечности поврежденных конструкций.
Континуальные теории накопления повреждений и разрушения.
Деформационное старение и коррозионное растрескивание материалов под нагрузкой

«Примерные вопросы для устного опроса по дисциплине «Основы физики прочности и механика разрушения» для оценки компетенций

1. Что такое тензорно-полиномиальные критерии, и каков их геометрический образ в пространстве напряжений?
2. Как строятся предельные поверхности по Работнову для совместно работающих упруго-пластических структур?
3. На чём основана формулировка критериев прочности, учитывающих направленный характер разрушения волокнистых композитов?
4. Как записываются линейные критерии прочности для двух видов разрушения однонаправленных композитов?
5. Как определить из экспериментов параметры линейного критерия прочности?
6. В чём недостаток традиционной формулы Журавского для определения прочности межслоевого сдвига при изгибе коротких балок?
7. Как определять параметры линейного критерия расслоения по результатам статических и циклических испытаний на изгиб?
8. Как найти параметры критерия прочности композитных труб по обработке экспериментальных данных в координатах проекций напряжений на плоскость, содержащую направление волокон?
9. К какому основному выводу приводит модель ромба из нерастяжимых нитей при двухосном растяжении?
10. Как определить оптимальный угол армирования для двухосного растяжения?
11. Каковы этапы послойного расчета композитных конструкций?
12. В чём причина остановки трещины непрочной поверхностью раздела?
13. Каковы механизмы «сбрасывания» концентрации напряжений в волокнистых композитах с хрупкой матрицей?
14. Как оценить концентрацию напряжений около оставшейся после расщепления мелкой выточки?
15. Почему и в какой степени различаются теоретический и эффективный коэффициенты концентрации напряжений?
16. Как растрескивание матрицы снижает эффект от концентрации напряжений?
17. Чем по смыслу различаются параметры поврежденности и повреждаемости?
18. На чем основана гипотеза введения характерного «радиуса затупления» отверстия?
19. Сформулируйте основные положения механики рассеянного разрушения.
20. Что такое параметр (тензор) поврежденности и кинетическое уравнение его роста?

21. Как строится модель линейного суммирования повреждений и в чем её основной недостаток?
22. Какова модель нелинейного суммирования повреждений?
23. Как позволяет построение кривых остаточной прочности учитывать влияние последовательности блоков циклического нагружения?
24. С чем связан масштабный эффект прочности тонких хрупких волокон?
25. В чем – по Гриффитсу - состоит энергетическая теория роста трещин?
26. Что такое ЛМР - «линейная механика разрушения»?
27. Как по формуле типа Гриффитса оценить допустимую длину трещины?
28. Что такое КИН (коэффициент интенсивности напряжений) и какова его размерность?
29. Какова связь коэффициента интенсивности напряжений со скоростью высвобождения упругой энергии?
30. Назовите и поясните три моды продвижения трещины.
31. Какие требования предъявляются к размерам образцов и к линейности диаграмм разрушения для применения методов ЛМР?
32. Как строится модель пластической зоны Леонова-Панасюка-Дагдейла?
33. Что такое критерий раскрытия трещины?
34. Каков смысл энергетического инвариантного J-интеграла и как с его помощью связать линейную и нелинейную механику разрушения?
35. Как экспериментально определяется J-интеграл при существенно нелинейной диаграмме разрушения?
36. Что делать, если эксперименты по определению трещиностойкости на малых образцах оказались некорректными?
37. Как применяется линейная механика разрушения к волокнистым композитам?
38. Как энергетическая теория Гриффитса позволяет получить энергетический критерий расслоения или расщепления композита?
39. Как описать масштабный эффект прочности на основе энергетического критерия расслоения при изгибе и кручении?
40. Каков механизм расслоения с выщелкиванием слоев при сжатии?
41. Что такое характерная толщина выщелкиваемой полоски и как она связана с опасным расположением дефекта?
42. Какова схема разрушения композитной трубы по форме «китайского фонарика»?
43. Как определить рациональные размеры однонаправленной композитной трубы при сжатии и при кручении?

Темы рефератов по дисциплине «Основы физики прочности и механика разрушения»
для оценки компетенций

6 семестр

1. Механические свойства материалов: механизмы пластического деформирования, деформирование монокристаллов
2. Три вида связей и их особенности
3. Уравнения теплового движения атомов в решетке
4. Оценка теоретической прочности на основе рассмотрения взаимодействия атомов совершенного кристаллического тела
5. Оценка теоретической прочности кристаллов на сдвиг
6. Пластическая деформация и сдвиг частей кристаллов
7. Различие теоретической и реальной прочности из-за наличия в твердых телах дефектов
8. Дефекты кристаллической решетки, механизмы образования трещины
9. Теория дефектов кристаллического строения: точечные дефекты в кристаллах, дислокации и их классификация, поверхностные дефекты кристаллического строения, дислокации в реальных кристаллических структурах.
10. Поле напряжений вокруг дислокаций, энергия дислокаций, движение и размножение дислокаций, методы наблюдения дислокаций.
11. Дислокационные механизмы образования микротрещин (модели Зинера-Стро-Петча, Коттрелла, Баллафа-Гилмана, Орована-Стро)
12. Критерий зарождения и роста дислокационных трещин
13. Макро- и микровзаимодействие трещин и плоских скоплений дислокаций
14. Модельные представления о микромеханизмах разрушения на уровне структурных элементов (зерен)
15. Связь механики разрушения с физикой твердого тела
16. Усталость. Усталостный рост трещины.
17. Влияние асимметрии и частоты цикла нагружения на распространение трещин
18. Механизмы роста усталостных трещин, кинетическая диаграмма циклической трещиностойкости
19. Механизмы закрытия трещины
20. Расчет долговечности поврежденных конструкций
21. Континуальные теории накопления повреждений и разрушения
22. Деформационное старение и коррозионное растрескивание материалов под нагрузкой
23. Разрушение при усталости
24. Транскристаллитный и межзеренный скол

25. Вязкое разрушение (рост пор)
26. Оценка теоретической прочности кристаллов на сдвиг
27. Деформирование монокристаллов, особенности деформирования поликристаллов

1. 6