

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЧНОСТНОМ ИНЖЕНЕРНОМ
АНАЛИЗЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	15	30	0		63	0	30
Итого	3	108	15	30	0	16	63	0	

АННОТАЦИЯ

Задачи дисциплины:

- изучение нормативных требований к обеспечению прочности элементов ядерных установок, терминов и определений при обосновании прочности и долговечности конструкций;
- изучение предельных состояний и критериев прочности при воздействии механических и кинематических нагрузок;
- овладение методами расчета прочности и долговечности элементов конструкции;
- построение решений задач обеспечения прочности на стадиях проектирования и эксплуатации ядерных установок.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Компьютерные технологии (методы и средства моделирования в прочностном инженерном анализе)» являются:

- введение студентов в круг понятий, представлений и моделей, используемых при расчете напряженно-деформированного состояния, анализе прочности и долговечности элементов конструкций;
- представление нормативных критериев и общих методов расчета на прочность элементов конструкций;
- подготовка студентов для изучения последующих курсов (компьютерное моделирование, сопровождение жизненного цикла, концепция безопасности «течь перед разрушением», применяемые материалы, САПР).

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии, «Общенаучный модуль», «Дисциплины по выбору».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом

	на всех этапах его жизненного цикла В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	3-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-6.3 [1] - Способен к самостоятельному решению вопросов, связанных с разработкой и применением современных методов измерений и контроля параметров напряженно-деформированного состояния материалов и элементов конструкций ядерных энергетических установок. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	3-ПК-6.3[1] - Знать структуру и основные положения нормативно-правовых и нормативно-технических документов Российской Федерации, определяющих требования к выбору конструкционных материалов и оценке их работоспособности при различных условиях эксплуатации в составе ядерных установок и других объектов использования атомной энергии.; У-ПК-6.3[1] - Уметь объяснить границы применимости основных конструкционных

			материалов при различных видах внешних воздействий.; В-ПК-6.3[1] - Владеть методами анализа результатов диагностики и контроля сварных соединений для принятия решения о их работоспособности.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования,	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические	ПК-14 [1] - Способен оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений	З-ПК-14[1] - Знать методы оценки эффективности разработок ; У-ПК-14[1] - Уметь оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной

обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	деятельности производственных и научных подразделений; В-ПК-14[1] - Владеть методами экономического расчета и обоснования инновационных проектов
---	---	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Математические модели теории упругости при конечных деформациях.	1-8	7/15/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-6.3, У-ПК-6.3, В-ПК-6.3, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, У-УК-2
2	Математические модели вязкоупругости и методы их анализа.	9-12	4/8/0	КИ-12 (15)	15	КИ-12	3-ПК-6.3, У-ПК-6.3, В-ПК-6.3, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-14,

							У-ПК-14, В-ПК-14, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
3	Математические модели распространения упругих волн в сплошных средах.	13-15	4/7/0	КИ-15 (10)	10	КИ-15	З-ПК-6.3, У-ПК-6.3, В-ПК-6.3, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, З-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	ЗО	З-ПК-6.3, У-ПК-6.3, В-ПК-6.3, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, З-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	30	0
1-8	Математические модели теории упругости при конечных деформациях.	7	15	0
1 - 8	Плоские задачи теории упругости. Необходимые сведения из тензорной алгебры и тензорного анализа. Описание движения сплошной среды. Понятие о тензорах деформаций и напряжений. Уравнение движения и равновесия сплошной среды. Определяющие соотношения упругости. Изотропные и анизотропные материалы. Постановка краевых задач теории упругости при конечных деформациях. Линеаризация краевых задач. Малые деформации. Понятие о плоской деформации и плоском напряженном состоянии. Комплексные потенциалы. Комплексное представление перемещений и напряжений. Запись граничных условий в комплексной форме. Решение первой основной задачи теории упругости для бесконечной области с круговым отверстием. Понятие о концентрации напряжений. Решение первой основной задачи теории упругости для бесконечной области с круговым упругим включением. Решение первой основной задачи теории упругости для кругового кольца. Решение первой основной задачи теории упругости для бесконечной области с эллиптическим отверстием.	Всего аудиторных часов		
		7	15	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-12	Математические модели вязкоупругости и методы их анализа.	4	8	0
9 - 12	Математические модели вязкоупругости и методы их анализа. Простейшие модели вязкоупругой среды: модели Максвелла и Фойгта. Модели дифференциального типа. Модели интегрального типа. Применение преобразования Лапласа к решению задач линейной вязкоупругости. Запись уравнений в криволинейных координатах. Частные случаи: цилиндрические и сферические координаты. Задача Ламе для цилиндра и сферы.	Всего аудиторных часов		
		4	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
13-15	Математические модели распространения упругих волн в сплошных средах.	4	7	0
13 - 15	Математические модели распространения упругих волн в сплошных средах. Упругие волны в жидкости. Распространение упругих волн в неограниченном твердом теле. Волны в пластинах и стержнях. Поверхностные волны.	Всего аудиторных часов		
		4	7	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс

ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 12	Математические модели вязкоупругости и методы их анализа 1. Средствами системы Maple выполнить расчет процесса релаксации в вязкоупругих средах, описываемых различными моделями. 2. Средствами системы Maple выполнить расчет процесса ползучести в вязкоупругих средах, описываемых различными моделями. 3. Средствами системы Maple выполнить расчет колебательных процессов в вязкоупругих средах, описываемых различными моделями.
13 - 15	Математические модели распространения упругих волн в сплошных средах 1. Средствами системы Maple выполнить расчет напряженно-деформированного состояния в упругой среде при распространении в ней цилиндрической волны. 2. Средствами системы Maple выполнить расчет напряженно-деформированного состояния в упругой среде при распространении в ней сферической волны. 3. Средствами системы Maple выполнить расчет напряженно-деформированного состояния в упругой среде при распространении в ней волны Рэлея.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Методы и средства моделирования в прочностном инженерном анализе» используются различные образовательные технологии:

- во время аудиторных занятий занятия проводятся в форме лекций и семинарских занятий;
- для контроля усвоения магистрами разделов данного курса используется Домашнее задание, вопросы при приеме которого позволяют судить об усвоении магистром данного курса, и семестровый контроль;
- самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала и материала семинарских занятий с использованием технологий компьютерной алгебры при выполнении Домашнего задания и подготовке к зачету по дисциплине.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-13	З-ПК-13	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	У-ПК-13	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	В-ПК-13	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
ПК-14	З-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	У-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	В-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
ПК-6.3	З-ПК-6.3	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	У-ПК-6.3	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	В-ПК-6.3	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
УК-2	З-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	У-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	В-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
УКЦ-2	З-УКЦ-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	У-УКЦ-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15
	В-УКЦ-2	ЗО, КИ-8, КИ-12, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает

			значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	--

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Щ 98 Надежность машин : учебное пособие, Щурин К. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ М 48 Сопротивление материалов : учебник, Мельников Б. Е. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2020
3. ЭИ М 75 Теория упругости и пластичности : , Молотникова А. А., Молотников В. Я., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ М 75 Техническая механика : учебное пособие для вузов, Молотников В. Я., Санкт-Петербург: Лань, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.3 С19 Задачи прикладной теории упругости : учебное пособие для вузов, Сапунов В.Т., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. 539.3/.6 Л36 Плоские задачи теории многократного наложения больших деформаций : Методы решения, Зингерман К.М., Левин В.А., М.: Физматлит, 2002
3. 539.3/.6 С19 Прикладная теория упругости Ч. 1 , Сапунов В.Т., Москва: МИФИ, 2008
4. 539.3/.6 С19 Прикладная теория упругости Ч. 2 , Сапунов В.Т., Москва: МИФИ, 2008
5. 536 Р17 Развитие дефектов при конечных деформациях : компьютерное и физическое моделирование, Вершинин А.В. [и др.], Москва: Физматлит, 2007
6. 53 Л22 Теоретическая физика Т.6 Гидродинамика, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2006
7. 53 Л22 Теоретическая физика Т.7 Теория упругости, Ландау Л.Д., М.: Наука, 2007
8. 539.2 Е80 Теория и моделирование структуры и характеристик точечных дефектов в твердых телах : учебное пособие для вузов, Назаров А.В., Ершова И.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке домашних заданий и к зачету.

Следует помнить, что в вопросы на зачет не входит материал, который не был прочитан на лекциях или обсужден на семинарах. Тем не менее, для целей эффективного использования полученных знаний рекомендуется ознакомиться с интернет – ресурсами и литературой. В рекомендованной литературе изучаемые вопросы рассматриваются более глубоко, их изучение повышает квалификацию будущего магистра.

Задачи домашнего задания аналогичны рассматриваемым на семинарских занятиях, поэтому рекомендуется выполнять их последовательно по мере изучения материала на занятиях.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература. Чтение лекций и проведение семинарских занятий рекомендуется проводить в дисплейных классах. Сложные и многочисленные расчеты не должны затенять сути излагаемых методов. Особое внимание студентов следует обратить на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения курса рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Для проверки и закрепления практических навыков студентам предлагается выполнить индивидуальные домашние задания.

Автор(ы):

Зингерман Константин Моисеевич, д.ф.-м.н.,
профессор

Рецензент(ы):
профессор Ю.Б. Иванов