

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

« ____ » _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории пластичности и ползучести

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.03.03 Прикладная механика
Наименование образовательной программы	Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № _____ от _____ 2023 г.

_____ **А.Л. Михайлов**

« ____ » _____ **2023 г.**

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/КП	Форма(ы) контроля, экс./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
5	32	3	108	16	32	-	60	-	Зач	8
ИТОГО	32	3	108	16	32	-	60	-	Зач	8

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Основы теории пластичности и ползучести» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести» является подготовка студентов к самостоятельной деятельности по анализу НДС и оценке прочности конструкций с учётом упругопластических деформаций и деформаций ползучести. Основными задачами курса являются изучение студентами явлений пластичности и ползучести, критериев и уравнений для описания деформирования материалов в физически-нелинейной постановке, классических и современных численных методов решения задач теории пластичности и ползучести. Особое внимание уделяется конкретизации пределов применимости различных теорий.

Знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести», применяются при выполнении курсовых и дипломных работ, а также при прохождении практики.

Задачи упругопластического деформирования и ползучести материалов являются одними из важнейших в механике деформируемого твёрдого тела. Актуальность этих задач обусловлена необходимостью проектирования и эксплуатации различных конструкций, стойких к действию высокоинтенсивных термосиловых нагрузок.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.В.04

Дисциплина «Основы теории пластичности и ползучести» относится к базовой части цикла образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления подготовки 15.03.03 - Прикладная механика.

Дисциплина «Основы теории пластичности и ползучести» обеспечивает логическую связь, во-первых, между физикой и математикой, применяя математический аппарат к

описанию и изучению физических явлений нелинейного деформирования материалов, и, во-вторых, между общетехническими и специальными дисциплинами. Для успешного изучения дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести» студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики и физики, теории упругости и сопротивления материалов. На материалах этой дисциплины базируются следующие специальные инженерные дисциплины: экспериментальная механика, вычислительная механика, детали машин и основы конструирования, основы автоматизированного проектирования.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

Универсальные компетенции (УК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

Профессиональные компетенции (ПК)

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
участие в составе научно-исследовательской группы в научно-исследовательских работах в области прикладной механики	Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.	ПК-2 Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-2 Знать цели и задачи проводимых исследований разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У-ПК-2 Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы проведения экспериментов В-ПК-2 Владеть проведением наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов; составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____ кредитов, **108** часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
			16	34	---			
5 семестр								
1	Основн. понятия. Модели упруго-пластического тела		2			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
2	Теория напряжений. Теория деформаций		2			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
3	Условия пластичности. Основные теории пластичности		4			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
4	Основные методы решения задач теор. пластич.		2			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
5	Практические расчёты типовых эл-ов констр.			16		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
6	Основные понят. теор. ползучести		2			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
7	Техн. теории ползуч., длител. прочность		2			Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
8	Особенности применения числен-х методов		2	18		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
9	Практические расчёты типовых эл-ов констр.					Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
...	Зачет							0 - 50
	СРС- 58 час							100

4.1. Содержание разделов дисциплины.

1. Основн. понятия. Модели упруго-пластического тела. Теория пластичности. Основные понятия. Диаграммы деформирования. Закон разгрузки. Схематизация диаграмм деформирования. Функция Ильюшина. Модели упруго-пластического тела.
2. Теория напряжений. Теория деформаций. Теория напряжений. Разлож. тензора напряж. Инварианты. Теория деформаций. Разлож. тензора деформ. Инварианты. Интенсивность напряж. и деформ. Простое и сложное нагружение.
3. Условия пластичности. Основные теории пластичности. Поверхность пластичн. для разл. моделей упрочнения. Условия возникн. пластич. деформ. Деформац. теор. пласт-ти при изотерм. нагруж. Теория течения при изотерм. нагруж.
4. Основные методы решения задач теор. пластич. Методы реш. задач. теор. пластич. Метод переменных параметров. Метод дополнит. нагруж. Метод дополн-х деформ-ий.
5. Практические расчёты типовых элементов конструкций. Чистый изгиб бруса для материалов с линейн. упрочн. и без упрочн. Поперечный изгиб бруса от действия сосредоточенной нагрузки. Упр.-пласт. сост. толстост. сферич. оболочки. Упр.-пласт. сост. тонкост. сферич. оболочки. Упр.-пласт. сост. толстост. трубы от действ. внутр. давл. Решение задач на ЭВМ на основе ПП ЛОГОС.
6. Основные понят. теор. ползучести. Теор. ползуч. Основные понятия. Кривые ползуч. Стадии полз. Последствие. Уравнения для описани. кр. полз. Предел полз. Релаксация напряж. Мех-ие модели вязко-упр-го тела.
7. Техн. теории ползуч., длител-н. прочность. Техн. теории полз. для одноосного нагружен. Основн. ур-ия. Длительн. прочность. Суммир. поврежд.
8. Особенности применения числен-х методов. Особенн. применен. МКЭ в задачах с физ. нелинейностью. Метод переменных параметров упруг. Метод нач. напряжен. Метод нач. деформ-ий.
9. Практические расчёты типовых элементов конструкций. Полз. бруса при поперечн. изгибе. Полз. бруса при чистом изгибе. Ползуч. при кручен. Полз. труб от действ. внутр. давл. Релаксация напряж. в болтах. Решение задач на ЭВМ на основе ПП ЛОГОС.

Основные темы практических занятий:

1. Упругопластическое деформирование бруса при чистом изгибе;
2. Упругопластическое деформирование бруса при поперечном изгибе сосредоточенной нагрузкой;
3. Упругопластическое деформирование толстостенной сферической оболочки;
4. Упругопластическое деформирование тонкостенной сферической оболочки;

5. Упругопластическое деформирование толстостенной трубы от действия внутреннего давления;
6. Ползучесть бруса при поперечном изгибе;
7. Ползучесть бруса при чистом изгибе;
8. Ползучесть бруса при кручении;
9. Ползучесть труб от действия внутреннего давления;
10. Релаксация напряжений в болтах.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:

- Методические рекомендации для выполнения практических работ.
- Материалы с решениями задач, полученные студентами на практических занятиях.

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лабораторных работах по теме «Применение численных методов к решению задач с физической нелинейностью» студенты осваивают программный комплекс ЛОГОС, разрабатываемый в настоящее время в РФЯЦ-ВНИИЭФ для решения задач газодинамики и механики деформируемого твердого тела. На практических занятиях студенты также практикуются в применении аналитических методов для решения задач упругопластического деформирования типовых элементов конструкций.

При обсуждении тем лекционных занятий дополнительно используются презентации с фотографиями нелинейно-деформируемых материалов при различных воздействиях, электронные материалы с интернет-ресурсов, новые статьи и тезисы, опубликованные в научно-технических журналах.

При проведении лабораторных и практических занятий студентам прививаются также навыки работы с научной и учебно-методической литературой. Восемь часов практических занятий проводятся в интерактивной форме. Обязательным является самостоятельная работа студентов дома и в аудитории под руководством преподавателя, выполнение индивидуальных заданий, посещение международных и всероссийских конференций.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- устный опрос студентов по материалам изученной темы (раздела);
- контрольные работы по решению типовых задач.

Контроль СРС студентов проводится путем проверки работ, предложенных обучающимся для выполнения в качестве домашних заданий.

Одним из основных видов контроля СРС является защита индивидуальных домашних заданий, являющихся мини проектами в проектно – ориентированной технологии обучения. Наряду с контролем СРС со стороны преподавателя предполагается личный самоконтроль по выполнению СРС со стороны студентов.

Оценочные средства для промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины:

- письменный рейтинг-контроль по разделам;
- перечень экзаменационных вопросов.

Вопросы к экзамену:

1. Теория пластичности. Основные понятия.
2. Основные модели вязкоупругого тела. Достоинства и недостатки.
3. Упругопластическое деформирование бруса при чистом изгибе.
4. Диаграммы растяжения, сжатия. Закон разгрузки.
5. Теория ползучести основные понятия.
6. Упругопластическое деформирование бруса при поперечном изгибе сосредоточенной нагрузкой.
7. Схематизация диаграмм деформирования.
8. Кривые ползучести. Стадии ползучести.
9. Упругопластическое состояние толстостенной сферической оболочки.
10. Функция Ильюшина. Модели упругопластического тела.
11. Последствие. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть.
12. Ползучесть бруса при поперечном изгибе сосредоточенной нагрузкой.
13. Разложение тензора напряжений. Девиатор напряжений.
14. Технические теории ползучести для случая одноосного нагружения.
15. Ползучесть бруса при чистом изгибе.
16. Разложение тензора деформаций. Девиатор деформаций.
17. Основные модели вязкоупругого тела. Достоинства и недостатки.
18. Релаксация напряжений в болтах.
19. Интенсивность напряжений. Интенсивность деформаций. Простое и сложное нагружение.
20. Основные уравнения для описания кривых ползучести.
21. Ползучесть бруса при чистом изгибе.
22. Условия начала пластичности.
23. Длительная прочность.

24. Ползучесть при кручении бруса.
25. Поверхность начала пластичности. Поверхность нагружения.
26. Закон линейного суммирования повреждений.
27. Упругопластическое деформирование бруса при чистом изгибе.
28. Деформационная теория пластичности.
29. Особенности применения МКЭ к решению задач с физической нелинейностью.
30. Упругопластическое деформирование бруса при поперечном изгибе.
31. Теория течения. Гипотезы. Основные уравнения.
32. Особенности численного решения задач методом переменных параметров упругости.
33. Упругопластическое деформирование толстостенной сферической оболочки.
34. Коэффициент Пуассона за пределами упругости.
35. Особенности численного решения задач методом начальных напряжений.
36. Ползучесть бруса при чистом изгибе.
37. Схематизация диаграмм деформирования.
38. Особенности численного решения задач методом начальных деформаций.
39. Ползучесть бруса при поперечном изгибе.
40. Методы решения задач теории пластичности.
41. Кривые ползучести. Стадии ползучести.
42. Ползучесть при кручении бруса.
43. Диаграммы растяжения и сжатия. Закон разгрузки.
44. Основные уравнения для описания кривых ползучести.
45. Релаксация напряжений в болтах.
46. Условия начала пластичности.
47. Технические теории ползучести при одноосном нагружении.
48. Упругопластическое деформирование толстостенной сферической оболочки.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Зубчанинов В.Г. Устойчивость и пластичность. В 2 т. Т. 2. Пластичность – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 336с. – ISBN 978-5-9221-0886-7.
2. Маркин А.А., Соколова М.Ю. Термомеханика упругопластического деформирования. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 320с. – ISBN 978-5-9221-1409-7.

3. Ильюшин А.А. Пластичность. Ч. 1. Упруго-пластические деформации / Науч. предисловие Е.И. Шемякина, И.А. Кийко, Р.А. Васина. Репр. воспр. текста изд. 1948 г. – М.: Логос, 2004. – 388с.
4. Хажинский Г.М. Модели деформирования и разрушения металлов. – М.: Научный мир. 2011. 231с.: илл.
5. Семенов А.С. Вычислительные методы в теории пластичности. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. – 211с.
6. Балина В.С., Ланин А.А. Прочность и долговечность конструкций при ползучести. – СПб.: Политехника, 2012. – 180 с.: ил.

б) дополнительная литература:

1. Катанаха Н.А., Семенов А.С., Гецов Л.Б. Единая модель длительной и кратковременной ползучести и идентификация её параметров // Пробл. прочности. – 2013. - №4. – С. 143-158.
2. Катанаха Н.А., Гецов Л.Б. Определение характеристик ползучести по данным испытаний на релаксацию напряжений // Науч.- техн. ведомости СПбГУ. – 2010. – 1 (95). – С. 204-210.
3. Речкин В.Н. Применение численных методов к решению задач с физической нелинейностью. Методическое указание к практическим работам по курсу «Основы теории пластичности и ползучести». – СарФТИ НИЯУ МИФИ, 2014г.
4. Речкин В.Н., Вяткин Ю.А. Теория пластичности и ползучести. Лекции.- СарФТИ НИЯУ МИФИ, 2017г.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы, интернет-ресурсы, презентации в формате ppt, пакет программ ЛОГОС.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Набор презентаций, экзаменационные билеты, распечатки с исходными данными для решения задач, плакаты, учебники и методические рекомендации по курсу.

Освоение дисциплины частично производится на базе учебных лабораторий кафедры ТиЭМ ФТФ в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебного корпуса 5 и в производственных помещениях КБ-1 РФЯЦ-ВНИИЭФ (площадка Основная). Выполнение лабораторных работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах, оснащенных ЭВМ. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Программу составил: доцент кафедры ТиЭМ, к.т.н.

В.Н. Речкин

Рецензент: заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов