

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

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ОТЧУЖДАЕМОГО ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 3       | 5                      | 180                        | 16           | 32                        | 0                        |                                          | 96        | 0         | Э                                        |
| Итого   | 5                      | 180                        | 16           | 32                        | 0                        | 16                                       | 96        | 0         |                                          |

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Основы проектирования и разработки отчуждаемого программного обеспечения для инженерного анализа» является:

- изучение технологий проектирования и разработки отчуждаемого ПО для инженерного прочностного анализа на основе метода конечных элементов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Основы проектирования и разработки отчуждаемого программного обеспечения для инженерного анализа» является:

- изучение технологий проектирования и разработки отчуждаемого ПО для инженерного прочностного анализа на основе метода конечных элементов.

Задачи дисциплины:

- усвоение студентами технологий проектирования и разработки отчуждаемого ПО для расчета напряженно-деформированного состояния и анализа прочности элементов конструкций на основе метода конечных элементов и его модификаций;
- приобретение студентами навыков, необходимых для разработки отчуждаемого ПО для инженерного прочностного анализа.

### 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, «Профессиональный 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<br>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<br>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УКЦ-1 [1] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде | 3-УКЦ-1 [1] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы<br>У-УКЦ-1 [1] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности<br>В-УКЦ-1 [1] – Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

| <b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>                                                                                                                                                                                                     | <b>Объект или область знания</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Код и наименование профессиональной компетенции;<br/>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>инновационный</b>                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 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.<br><br><i>Основание:</i><br>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.;<br>У-ПК-6.3[1] - Уметь объяснить границы применимости основных конструкционных материалов при различных видах |

|                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                 | внешних воздействий.;<br>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<br><br><i>Основание:</i><br>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. ;<br>У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.;<br>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, обоснование ядерной и радиационной                                                      | Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и                                                                                                                                                                                                             | ПК-14 [1] - Способен оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений<br><br><i>Основание:</i>                                         | З-ПК-14[1] - Знать методы оценки эффективности разработок ;<br>У-ПК-14[1] - Уметь оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                             |                                   |                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| безопасности объектов использования атомной энергии. | расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности. | Профессиональный стандарт: 24.078 | 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>3 Семестр</i>                                                                                                                                                               |        |                                                       |                                           |                               |                                     |                                                                                                                                       |
| 1     | Обзор существующих систем инженерного прочностного анализа. Основные операции, связанные с заданием геометрии элемента конструкции и построением сетки.                        | 1-8    | 8/16/0                                                | 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, У-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1 |
| 2     | Основные операции систем инженерного прочностного анализа по вводу данных о свойствах материала, заданию граничных и начальных условий, расчету, выводу и анализу результатов. | 9-16   | 8/16/0                                                | КИ-16 (25)                                | 25                            | КИ-16                               | 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,<br>У-УК-2,<br>В-УК-2,<br>3-УКЦ-1,<br>У-УКЦ-1,<br>В-УКЦ-1                                                                                                                |
|  | <i>Итого за 3 Семестр</i>                   |  | 16/32/0 |  | 50 |   |                                                                                                                                                                                 |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b> |  |         |  | 50 | Э | 3-ПК-6.3,<br>У-ПК-6.3,<br>В-ПК-6.3,<br>3-ПК-13,<br>У-ПК-13,<br>В-ПК-13,<br>3-ПК-14,<br>У-ПК-14,<br>В-ПК-14,<br>3-УК-2,<br>У-УК-2,<br>В-УК-2,<br>3-УКЦ-1,<br>У-УКЦ-1,<br>В-УКЦ-1 |

\* – 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 |
|-------------|---------------------|
| КИ          | Контроль по итогам  |
| Э           | Экзамен             |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|------------|
|        | <i>3 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 16                     | 32             | 0          |
| 1-8    | <b>Обзор существующих систем инженерного прочностного анализа. Основные операции, связанные с заданием геометрии элемента конструкции и построением сетки.</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | 8                      | 16             | 0          |
| 1 - 8  | <b>Обзор существующих систем инженерного прочностного анализа. Основные операции, связанные с заданием геометрии элемента конструкции и построением сетки.</b><br>Постановки задач инженерного прочностного анализа. Исходные данные для расчетов. Понятие отчуждаемого программного обеспечения. Основные этапы расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) и анализа прочности элементов конструкций с | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 8                      | 16             | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0                      | 0              | 0          |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |    |   |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|---|
|        | использованием отчуждаемого программного обеспечения.<br>Системы ABAQUS (SIMULIA), ANSYS, FIDESYS.<br>Ознакомление с интерфейсом этих систем, примеры расчета НДС элементов конструкций с использованием этих систем. Обзор возможностей этих систем, сравнительный анализ.<br>Обзор существующих CAD-систем и форматов данных для описания геометрии элемента конструкции.<br>Структуры данных для описания геометрии элемента конструкции. Программная реализация импорта данных о геометрии элемента конструкции. Понятие о стержнях, пластинах, оболочках, особенности описания их геометрии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                        |    |   |
| 9-16   | <b>Основные операции систем инженерного прочностного анализа по вводу данных о свойствах материала, заданию граничных и начальных условий, расчету, выводу и анализу результатов.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8                      | 16 | 0 |
| 9 - 16 | <b>Основные операции систем инженерного прочностного анализа по вводу данных о свойствах материала, заданию граничных и начальных условий, расчету, выводу и анализу результатов.</b><br>Типы конечных элементов. Методы и алгоритмы построения неструктурированных сеток. Структуры данных для представления сеток. Библиотеки процедур построения двумерных и трехмерных сеток. Понятие об изогеометрическом моделировании.<br>Понятие об определяющем соотношении. Классификация материалов. Изотропные и анизотропные материалы. Типы анизотропии. Упругие, вязкоупругие и упругопластические материалы. Сжимаемые и несжимаемые материалы. Физическая нелинейность. Понятие об упругом потенциале. Примеры упругих потенциалов. Температурные свойства материалов. Организация ввода данных о материале. Понятие блока. Задание свойств материала блока.<br>Виды граничных и начальных условий. Программная реализация задания граничных и начальных условий. | Всего аудиторных часов |    |   |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8                      | 16 | 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>3 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1 - 16 | <b>Практические занятия</b><br>1) Средствами систем ABAQUS, ANSYS, FIDESYS рассчитать напряженно-деформированное состояние детали конструкции, показанной на рисунке. Ширина детали меняется от 8 до 4 см, толщина всюду одинакова и равна 0,50 см. Исследовать зависимость концентрации напряжений от параметров сетки<br>2) Средства построения геометрических моделей элемента конструкции в системе FIDESYS.<br>3) Алгоритм Делоне построения сеток.<br>4) Определяющие соотношения для несжимаемых изотропных упругих материалов, примеры.<br>5) Задание граничных и начальных условий в системе FIDESYS.<br>6) Конечно-элементная реализация условий периодичности.<br>7) Управление цветовой палитрой в системе ParaView. |

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Основы проектирования и разработки отчуждаемого программного обеспечения для инженерного анализа» используются различные образовательные технологии:

Образовательные технологии: лекции; решение типовых задач; выполнение домашнего задания; совместная проработка материала со студентами, вызов к доске для проведения математических выкладок; активное обсуждение и оценка работы студентов в группе; самостоятельная работа, домашние задания для реализации на ЭВМ, в том числе гибридных с использованием параллельных вычислений на графических процессорах.

Научно-исследовательские технологии: изучение литературы, а также научных и научно-популярных статей, монографий ведущих отечественных и зарубежных ученых, представленных в Интернете, лекционное занятие с вовлечением студентов для проведения выкладок у доски, домашние задания, упражнения для реализации на ЭВМ, ссылки на оригинальные тексты (публикации, монографии).

### 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             | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-13             | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | В-ПК-13             | Э, КИ-8, КИ-16                    |
| ПК-14       | З-ПК-14             | Э, КИ-8, КИ-16                    |
|             | У-ПК-14             | Э, КИ-8, КИ-16                    |



|        |          |                |
|--------|----------|----------------|
|        | В-ПК-14  | Э, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-6.3 | З-ПК-6.3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | У-ПК-6.3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | В-ПК-6.3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| УК-2   | З-УК-2   | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | У-УК-2   | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | В-УК-2   | Э, КИ-8, КИ-16 |
| УКЦ-1  | З-УКЦ-1  | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | У-УКЦ-1  | Э, КИ-8, КИ-16 |
|        | В-УКЦ-1  | Э, КИ-8, КИ-16 |

### 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-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | 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 – «хорошо»                  | 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 – «удовлетворительно»       | 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 – «неудовлетворительно»     | 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 С 84 Механика : учебник, Стрелков С. П., 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

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.3 С19 Задачи прикладной теории упругости : учебное пособие для вузов, Сапунов В.Т., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. 517 Б28 Методы конечных элементов : , Бате К.-Ю., Москва: Физматлит, 2010
3. 539.3/.6 С19 Прикладная теория упругости Ч. 1 , Сапунов В.Т., Москва: МИФИ, 2008
4. 536 Р17 Развитие дефектов при конечных деформациях : компьютерное и физическое моделирование, Вершинин А.В. [и др.], Москва: Физматлит, 2007
5. 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
6. ЭИ М 75 Техническая механика : учебное пособие для вузов, Молотников В. Я., Санкт-Петербург: Лань, 2023

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. SIMULIA delivers realistic simulation applications that enable users to explore real-world behavior ()

2. ANSYS products and services (<http://ansys.com>)

<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**

С целью приобретения и развития навыков самостоятельной работы при решении различных задач студентам предлагается выполнить домашние задания. Примеры домашних заданий, приведены в специальном разделе программы и могут корректироваться преподавателем в зависимости от степени усвоения студентами учебного материала в течение семестра.

## **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