

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Костромской государственный университет»

(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: Инновации и рынок машин и оборудования

Квалификация выпускника: Магистр

**Кострома
2023**

Рабочая программа дисциплины Логистика разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 15.04.02 Технологические машины и оборудование, № 1026 от 14.08.2020 г.

Разработал: Рудовский П.Н., д.т.н., профессор каф. ТММ, ДМ и ПТМ

Рецензент: Ситникова Т.А., к.т.н., доцент каф. ТММ, ДМ и ПТМ

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ

Протокол заседания кафедры № 5 от 31.01 2023 г.

Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: Углубление знаний студентов в области современных методов инженерных и исследовательских расчетов; развитие навыков работы с программными пакетами (САЕ), основанными на методе конечных элементов; Развитие навыков разработки имитационных математических моделей

Задачи дисциплины:

- аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.
- методы получения и обработки информации из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов
- применять аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.
- получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств
- аналитическими и численными методами, используемыми при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.
- получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.
- методы получения и обработки информации из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов

Уметь:

- получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств
- применять аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении

Владеть:

- Методами получения и обработки информации из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств

- аналитическими и численными методами, используемыми при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении (ПК-2б).

Освоить компетенции:

ПК-2 Способен разрабатывать, внедрять, использовать методы и средства проектирования машин и механизмов

Код и содержание индикаторов компетенции:

ИПК-2.1 Знает методы и средства проектирования машин и механизмов

ИПК-2.2 Способен применять методы и средства проектирования машин и механизмов

ИПК-2.3 Способен разрабатывать, внедрять, использовать методы и средства при производстве технологического оборудования

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана (блок Б1.В.04). Изучается в 1 и 2 семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах:

Компьютерные технологии в машиностроении, Математическое моделирование процессов в оборудовании и производстве

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин:

Методы создания и проектирования машин, Динамика механико-технологических систем, Техническое и программное обеспечение САПР технологического оборудования

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

| Виды учебной работы, | Очная форма |
|--|----------------|
| Общая трудоемкость в зачетных единицах | 5 |
| Общая трудоемкость в часах | 180 |
| Аудиторные занятия в часах, в том числе: | 68 |
| Лекции | 34 |
| Практические занятия | |
| Лабораторные занятия | 34 |
| Самостоятельная работа в часах | 74 |
| Форма промежуточной аттестации | Зачет, экзамен |

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

| Виды учебных занятий | Очная форма |
|----------------------|-------------|
| Лекции | 34 |
| Практические занятия | - |
| Лабораторные занятий | 34 |
| Консультации | - |
| Зачет/зачеты | 0,5 |
| Экзамен/экзамены | - |
| Курсовые работы | - |
| Курсовые проекты | - |
| Всего | 71,5 |

5.Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

(разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

| № | Название раздела, темы | Всего з.е/час | Аудиторные занятия | | | Самостоятельная работа |
|----------|---|------------------|--------------------|--------|-----------|---------------------------|
| | | | Лекц. | Практ. | Лаб. | |
| Раздел 1 | | | | | | |
| 1. | Основы МКЭ. Теория КЭ и ГЭ. Виды и свойства КЭ. | 8 | 2 | | 2 | 4 |
| 2. | Геометрическое моделирование, методом снизу вверх | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 3. | Геометрическое моделирование, методом сверху вниз | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 4. | Методы редактирования и контроля параметров геометрической модели | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 5. | Свойства материалов и их представление в пакетах МКЭ | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 6. | Свойства КЭ и их назначение в программных пакетах | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 7. | Требования к конечно-элементной сетке и способы ее создания | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 8. | Методы оптимизации конечно-элементной сетки и контроль качества разбиения | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 9. | Виды закрепления, нагрузок и способов их приложения | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| | Подготовка к зачету | 24 | | | | 24 |
| Раздел 2 | | | | | | |
| 10. | Проведение расчета в рамках статического нагружения | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 11. | Инструменты анализа результатов расчета | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 12. | Особенности решения контактных задач с использованием МКЭ | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 13. | Динамические задачи МКЭ | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 14. | Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 15. | Моделирование ANSYS FLUENT моделирования течений жидкостей и газов для промышленных задач | 16 | 2 | | 6 | 4 |
| 16. | Моделирование явлений теплопереноса на численными методами | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 17. | Совместное применение программ, реализующих МКЭ | 12 | 2 | | 4 | 4 |
| 18. | Подготовка к зачету | 24 | | | | 24 |
| | Итого: | 180 | 34 | | 34 | 112 |

5.2. Содержание:

1. Основы МКЭ. Теория КЭ и ГЭ. Виды и свойства КЭ.
2. Геометрическое моделирование, методом снизу вверх.
3. Геометрическое моделирование, методом сверху вниз.
4. Методы редактирования и контроля параметров геометрической модели
5. Свойства материалов и их представление в пакетах МКЭ
6. Свойства КЭ и их назначение в программных пакетах
7. Требования к конечно-элементной сетке и способы ее создания

8. Методы оптимизации конечно-элементной сетки и контроль качества разбиения
9. Виды закрепления, нагрузок и способов их приложения
10. Проведение расчета в рамках статического нагружения
11. Инструменты анализа результатов расчета
12. Особенности решения контактных задач с использованием МКЭ
13. Динамические задачи МКЭ
14. Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела
15. Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела
16. Моделирование явлений теплопереноса средствами ANSYS
17. Совместное применение программ, реализующих МКЭ

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Задание | Часы | Методические рекомендации по выполнению задания | Форма контроля |
|--------------|---|---|-------------|--|--|
| | Основы МКЭ. Теория КЭ и ГЭ. Виды и свойства КЭ. | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Геометрическое моделирование, методом снизу вверх | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Геометрическое моделирование, методом сверху вниз | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Методы редактирования и контроля параметров геометрической модели | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Свойства материалов и их | Изучение материала лекции, | 4 | Материал лекции изучать с | Текущий опрос на лабораторных |

| | | | | | |
|--|---|---|----|--|--|
| | представление в пакетах МКЭ | подготовка к лабораторной работе | | использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | занятиях |
| | Свойства КЭ и их назначение в программных пакетах | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Требования к конечно-элементной сетке и способы ее создания | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Подготовка к зачету | | 24 | | |
| | Методы оптимизации конечно-элементной сетки и контроль качества разбиения | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Виды закрепления, нагрузок и способов их приложения | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Проведение расчета в рамках статического нагружения | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Инструменты анализа результатов расчета | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Особенности решения контактных задач с использованием МКЭ | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Динамические задачи МКЭ | Изучение материала лекции, подготовка к | 4 | Материал лекции изучать с использованием | Текущий опрос на лабораторных занятиях |

| | | лабораторной работе | | конспекта, основной и дополнительной литературы | |
|----|---|---|-----|--|--|
| | Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Моделирование явлений теплопереноса средствами ANSYS | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| 19 | Совместное применение программ, реализующих МКЭ | Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе | 4 | Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы | Текущий опрос на лабораторных занятиях |
| | Подготовка к зачету | | 24 | | |
| | Всего | | 112 | | |

6.2. Тематика и задания для практических занятий (при наличии)

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Графический интерфейс системы ANSYS.
2. Основные и дополнительные средства создания ключевых точек.
3. Основные и дополнительные средства создания линейных примитивов.
4. Создание базовых двумерных примитивов.
5. Создание базовых объемных примитивов.
6. Создание объемов произвольной формы на основе поверхностей.
7. Средства отображения компонентов модели.
8. Средства редактирования модели.
9. Средства отображения списков компонентов модели
10. Средства для отрисовки компонентов модели
11. Определение физических констант материалов, участвующих в решении задач ANSYS.
12. Конечно-элементное разбиение модели. Виды и свойства элементов.
13. Дополнительные параметры, используемые при разбиении модели.
14. Ограничения и нагрузки в ANSYS.
15. Решение задач и просмотр результатов.
16. Особенности решения контактных задач.

17. Нахождение форм и собственных частот колебаний элементов конструкции.

6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ

Студенту настоятельно рекомендуется посещать лекции ввиду не типичности дисциплины. Самостоятельная работа студента складывается из изучения материалов лекции и рекомендуемой литературы, подготовки к лабораторным работам по вопросам и заданиям, выданным преподавателем в конце лекции, выполнения курсовой работы.

Задание на выполнение курсовой работы выдается 11 неделе изучения дисциплины. Оно состоит из трех задач, имеющих различные варианты. Темы задач: решение статической задачи механики твердого тела, решение контактной задачи и решение задачи о напряженном состоянии плоской фермы.

Решение задач производится по методикам осваиваемым на лабораторных занятиях при консультациях ведущего преподавателя.

Защита курсовой работы проводится по результатам проверки отчета и собеседования. Зачет по дисциплине студент получает автоматически, если в течение семестра имеет положительные оценки за все виды заданий по лабораторным работам и успешной защиты курсовой работы.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| Основная литература | | |
|---------------------------|--|----|
| 1 | Балабко, Л.В. Численные методы : учебное пособие / Л.В. Балабко, А.В. Томилова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. - Архангельск : САФУ, 2014. - 163 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-261-00962-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436331 | |
| 2 | Землякова, И. В. Численные методы : учеб. пособие для спец. 230104, 230201, 230203 / И. В. Землякова, О. Б. Садовская, А. С. Илюхина. - Кострома : КГТУ, 2011. - 94 с. - ОПД. - обязат. - ISBN 978-5-8285-0569-2 | 47 |
| Дополнительная литература | | |
| 1 | Маничев, В. Б. Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных уравнений в САЕ-системах САПР [Электронный ресурс] : Уч.пос. / Маничев В.Б., Глазкова В.В., Кузьмина И.А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 152 с.: 60x90 1/16. - (ВО:Бакалавр.) (о) ISBN 978-5-16-010366-2 http://znanium.com/catalog/product/423817 | |
| 2 | Колдаев В.Д. Численные методы и программирование [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Д. Колдаев ; под ред. проф. Л.Г. Гагариной. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2017. — 336 с. : ил. — (Профессиональное образование). http://znanium.com/catalog/product/672965 | |
| 3 | Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad : учебное пособие / И.Е. Плещинская, А.Н. Титов, Е.Р. Бадертдинова, С.И. Дуев ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 195 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-78821715-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428781 | |
| 4 | Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс] : Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с.: 60x90 1/16 (Обложка) ISBN 978-5-905554-96-4 http://znanium.com/catalog/product/508241 | |
| 5 | Ракитин, В.И. Руководство по методам вычислений и приложения MATHCAD / В.И. Ракитин. - Москва : Физматлит, 2005. - 264 с. - ISBN 5-9221-0636-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69325 | |

| | | |
|---|--|----|
| 6 | Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учеб. пособие для вузов технич. спец. / Охорзин Владимир Афанасьевич. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. - 352 с.: ил. - (Учеб. для вузов. Спец. литер.). - МО РФ. - ISBN 978-5-8114-0814-6 | 80 |
| 7 | Краскевич, В. Е. Численные методы в инженерных исследованиях : Учеб. пособие для вузов / Краскевич Валерий Евгеньевич, К. Х. Зеленский, В. И. Гречко. - Киев : Вища шк., 1986. - 263 с.: граф. | 10 |

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Znanium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные аудитории кафедры ТММ, ДМ и ПТМ Б-106, Б-315. Специализированные компьютерные классы ауд. Б-108, Б-302, Б-314 (занятия лекционного типа, лабораторных работ, групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации).

Учебный корпус «Б1», читальный зал, ауд. № 201 (самостоятельная работа).

Учебный корпус «Б1», ауд. № 202 электронный читальный зал, (самостоятельная работа).

Читальный зал главного корпуса (самостоятельная работа).

Посадочных мест - по числу студентов, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, персональный компьютер. Ноутбук с мультимедийным проектором.

Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа

ANSYS поставщик ЗАО КАДФЕРМ Си-Ай-Эс Договор № 2022-Т/2017-ЦФО от 19.12.2017

MathCAD Education Поставщик ООО ЮниТальфаСОФТ Договор № 208/13 от 10.06.2013

Windows Pro 8.1 Поставщик ООО Софт-Лайн Проекты Договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014

Обновление Компас 3D Поставщик ООО Точка Комп Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014

MS Office Std Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд Договор №50156/ЯР4393 от 11.12.2014