

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## **Системы цифрового моделирования**

Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и  
оборудование

Профиль «Цифровое проектирование машин и холодильных систем»

Квалификация (степень) выпускника: **бакалавр**

**Кострома**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 г. № 728 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 сентября 2021 г., регистрационный № 64910), в соответствии с учебным планом направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата).

Разработал: \_\_\_\_\_ Рудовский П.Н.,  
профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н.,  
профессор

Рецензент: \_\_\_\_\_ Титов С.Н.,  
профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н.

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №10 от 24.05.2018 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

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

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №3 от 11.11.2021 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 цифрового проектирования технологического оборудования; развитие навыков работы с программными пакетами (САЕ), основанными на методе конечных элементов.

### **Задачи дисциплины:**

#### **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:**

- 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

#### **Владеть:**

- 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:** принципы работы современных библиографических и патентных баз данных.

принципы моделирования технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.

методы работы по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машина и оборудования.

методы расчетов и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования .

**Уметь:** находить необходимую информацию об отечественном и зарубежном опыте по соответствующему профилю подготовки.

моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов.

составлять научные отчеты по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машина и оборудования .

принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

**Владеть:** методами поиска научно-технической информации в российских и международных библиографических базах.

Методами работы со стандартными пакетами и средствами автоматизированного проектирования.

Навыками работ по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрению результатов исследований.

Навыками расчетов и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

### **Освоить компетенции:**

ПК-2. Способен моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готов проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.

## **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана. Изучается в 3 семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах:

Математика, Информационные технологии, базы данных, Технологии компьютерного проектирования

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	3
Общая трудоемкость в часах	108
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	72
Лекции	18
Практические занятия	
Лабораторные занятия	54
Самостоятельная работа	36
Форма промежуточной аттестации	зачет с оценкой

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	18
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	54
Консультации	0,9
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	-
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	4
Всего	77,15

#### 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.	
1.	Основы МКЭ. Теория КЭ и ГЭ. Виды и свойства КЭ. Геометрическое моделирование, методом снизу-вверх	8	2		6	-
2.	Геометрическое моделирование, методом сверху вниз. Методы редактирования и контроля параметров геометрической модели	8	2		6	-
3.	Свойства материалов и их представление в пакетах МКЭ. Свойства КЭ и их назначение в программных пакетах	8	2		6	-
4.	Требования к конечно-элементной сетке и способы ее создания. Методы оптимизации конечно-элементной сетки и контроль качества разбиения	8	2		6	-

5.	РГР	6				6
6.	Виды закрепления, нагрузок и способов их приложения Проведение расчета в рамках статического нагружения	8	2		6	-
7.	Курсовой проект	12				12
8.	Инструменты анализа результатов расчета Особенности решения контактных задач с использованием МКЭ. Динамические задачи МКЭ	8	2		6	-
9.	Моделирования колебания упругих тел. Расчет форм и частот колебаний свободного и предварительно нагруженного тела.	8	2		6	-
10.	Моделирование ANSYS FLUENT моделирования течений жидкостей и газов для промышленных задач	8	2		6	-
11.	Моделирование явлений теплопереноса на численными методами. Совместное применение программ, реализующих МКЭ	8	2		6	-
12.	Подготовка к зачету	18				18
	Итого:	108	18		54	36

## 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

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	РГР.	Задание на выполнение РГР по вариантам	6	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Проверка хода выполнения на консультациях
2.	КП	Задание на выполнение курсовой работы по вариантам	12	Выполняется согласно метод. Указаниям на выполнение КП	Проверка хода выполнения на консультациях
3.	Подготовка к зачету	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	18	Изучать материал с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	зачет
	Всего		36		

### 6.2. 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)**

*а) основная:*

1. Басов, К. А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование / К. А. Басов. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 240 с., ил.
2. Косенко И. И. Проектирование и 3D-моделирование в средах CATIA V5, ANSYS и Dymola 7.3 : учеб. пособие / И.И. Косенко, Л.В. Кузнецова, А.В. Николаев [и др.]. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 183 с.

*б) дополнительная:*

1. Чигарев А.В., Кравчук А.С. ANSYS для инженеров: Справ. пособие Москва: Машиностроение, 2004.
2. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов. Новосибирск: ИВМ и МГ СО РАН, 2007.
3. Левин В.А., Калинин В.В. Развитие дефектов при конечных деформациях: Компьютерное и физическое моделирование Москва: Физматлит, 2007

4. Каплун А.Б., Морозов Е.М. ANSYS в руках инженера: Практ. рук-во. М.: Едиториал УРСС, 2002

## 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

<p>Учебный корпус «Б», ауд. № Б-315. (лекции, текущий контроль и промежуточная аттестация).</p>	<p>Посадочных мест – 72, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, ПЭВМ, проектор.</p>	<p>Windows 8.1. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. Microsoft Office Std. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. ПО Kaspersky Endpoint Security. Поставщик ООО Системный интегратор. Договор № СИ0002820 от 31.03.2017.</p>
<p>Учебный корпус «Б», ауд. № Б-108. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).</p>	<p>Посадочных мест – 24, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, компьютеры Intel Pentium Dual-Core E5200 2.50 GHz Socket 775800 MHz BOX – 13 шт. Сетевые ПЭВМ с набором необходимого программного обеспечения и выходом в Internet.</p>	<p>Windows 8.1. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. Microsoft Office Std. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. ПО Kaspersky Endpoint Security. Поставщик ООО Системный интегратор. Договор № СИ0002820 от 31.03.2017. MathCAD Education. Поставщик ООО ЮнитАльфаСОФТ. Договор № 208/13 от 10.06.2013. Обновление Компас 3D. Поставщик ООО Точка Комп. Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014.</p>
<p>Учебный корпус «Б», лаборатория холодильных и климатических систем ауд. № Б-314. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).</p>	<p>Посадочных мест – 24, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий. Число мест, оборудованных компьютерами с выходом в интернет – 5. Горка холодильная фруктовая UNIT 130 Ф. Комплект оборудования для ремонта холодильников. Комплект оборудования для холодильной камеры "КС-Октябрь". Кондиционер мобильный HONEYWELL CHS071AE. Лабораторный стенд "Рабочие процессы поршневого компрессора". Тепловая завеса ВТЗ-6. Тепловизор FLUKE ТИОО. Типовой комплект учебного оборудования "Кондиционер" с блоком ввода неисправностей. Кондиционер LG G07NHT. Увлажнитель воздуха ультразвуковой Veurer LB 88. Холодильная витрина ФЛАГМАН-А 125 Н. Экспериментальных стенды по холодильному оборудованию. Экспериментальные стенды по термодинамике. Камера-эндоскоп</p>	<p>Windows 8.1. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. Microsoft Office Std. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. ПО Kaspersky Endpoint Security. Поставщик ООО Системный интегратор. Договор № СИ0002820 от 31.03.2017. MathCAD Education. Поставщик ООО ЮнитАльфаСОФТ. Договор № 208/13 от 10.06.2013. Обновление Компас 3D. Поставщик ООО Точка Комп. Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014. ANSYS. Поставщик ЗАО КАДФЭМ Си-Ай-Эс. Договор № 2022-Т/2012-ЦФО от 19.12.2017.</p>

	REMS CamScope Сет 9-1. Термоанемометр Testo 405-V1 - 2 шт. Сплит-система Supra US410-12HA. Датчик влажности Dixell XH20P - 2 шт. Датчик Dixell NTC NG6P 1.5MT - 6 шт. Контроллер ЕКС 102D - 2 шт. Контроллер Dixell XH240V - 2 шт. Контроллер ЕКС 202В. Пирометр АКПП-9303. Комплект манометров (МП2-Уф - 2шт.; цифровой ДМ5002М-А- 1шт.),	
Читальный зал главного корпуса, ауд.119 (самостоятельная работа).	17 посадочных мест; 6 компьютеров (5 для читателей, 1 для сотрудника); 2 принтера; 1 копировальный аппарат.	Специальное программное обеспечение не используется