

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Костромской государственной университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Моделирование и решение инженерных задач на ЭВМ**

Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Направленность Цифровое проектирование машин и холодильных систем

Квалификация выпускника: *бакалавр*

**Кострома 2023**

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

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

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: Освоение методов создания и исследования математических моделей механических объектов и технических систем, численных методов решения на ЭВМ различных типов задач, возникающих в процессе проектирования технологического оборудования

Задачи дисциплины:

- приобретение знаний о моделировании технических систем, как методе их анализа, синтеза и оптимизации.
- приобретение навыков создания моделей технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.
- умение структурировать, оформлять и представлять информацию о модели технического объекта и результатах моделирования в доступном и удобном для понимания виде.
- приобретение опыта моделирования реальных технических объектов и технологических процессов.

Научно-образовательное, профессионально-трудовое воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- современные методы поиска научно-технической информации по вопросам профессиональной деятельности.
- сущность процесса моделирования, как метода познания технических систем. основные приемы создания математических моделей пригодных для исследования на ЭВМ на базе теоретических и эмпирических данных об объекте моделирования.

**уметь:**

- проводить поиск информации в рамках профессиональной деятельности в библиографических базах.
- использовать экспериментальные данные и теоретические сведения об объекте моделирования для создания математических моделей.

**владеть:**

- навыками анализа математических моделей на основе регрессионного анализа и численных методов решения с использованием ЭВМ, а также представления полученных результатов для их использования в практической инженерной деятельности.

**освоить компетенции:**

<p>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</p>	<p>ИПК-2.1. Знать: исследований и опытно-конструкторских разработок; методики проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; системы автоматизированного проектирования технических объектов и технологических процессов; средства программного обеспечения и программирования для проектирования технических объектов и технологических процессов; основы методов графического моделирования; основы методов математического моделирования.</p> <p><i>ИПК-2.2. Уметь:</i> проводить эксперименты по заданным методикам; обрабатывать и анализировать результаты экспериментов; моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.</p> <p><i>ИПК-2.3. Владеть:</i> навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; навыками подготовки предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок; навыками проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; навыками проведения наблюдений и измерений, составления их описаний и формулировки выводов; навыками твердотельного моделирования, выполнения технических чертежей, сборочных чертежей и детализации, а также чертежей общего вида в соответствии с ЕСКД.</p>
---	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана. Изучается в 4 семестре обучения. Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: Математика. физика. Информационное обеспечение. Базы данных. Технологии компьютерного проектирования. Информатика.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин: Логистика. Нейронные сети. Статистические методы в управлении качеством. Проектирование показателей качества. Основы динамики машин и процессов. Методы и средства научных исследований.

### 4. Объем дисциплины

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4
Общая трудоемкость в часах	144
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	68
Лекции	34
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	34
КСР	
Самостоятельная работа в часах	75,75
ИКР	0,25
Форма промежуточной аттестации	зачет

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

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	34
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	34
Консультации	
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	
Курсовые проекты	-
Всего	68

#### 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам, 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.	Моделирование. Общие понятия. Место моделирования среди методов познания				2	4
2.	Классификация моделей		2		2	4
3.	Классификация математических моделей. Классификационные признаки		2		2	4
4.	Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования		2		2	4
5.	Регрессионный модели		2		2	4
6.	Определение статических регрессионных многофакторных моделей (РМФМ) по данным эксперимента с факторным планированием		2		2	4
7.	Дробный факторный эксперимент (ДФЭ)		2		2	4
8.	Ранжирование факторов. Случайно сбалансированный эксперимент		2		2	4
9.	Регрессионные модели второго порядка центральный композиционный эксперимент.		2		2	4
10.	Оптимизация процесса на основе регрессионных		2		2	4

	математических моделей. Метод крутого восхождения					
11.	Оптимизация процесса на основе симплексного планирования		2		2	4
12.	Интерполяция и аппроксимация табличных данных		2		2	4
13.	Численное дифференцирование табличных данных. Численное решение систем дифференциальных уравнений.		2		2	4
14.	Решение трансцендентных уравнений.		2		2	4
15.	Численное интегрирование, метод Симпсона, метод трапеций		2		2	4
16.	Матричная форма системы линейных уравнений. Решение систем линейных уравнений.		2		2	4
17.	Теоретические основы метода конечных элементов.		2		2	4
18.	Использование программного комплекса ANSYS для анализа конструктивных решений		2			4
19.	Подготовка к зачету					3,75
20.	ИКР	0,25				
	Итого:	144	34		34	75,75

## 5.2. Содержание

1. Моделирование. Общие понятия. Место моделирования среди методов познания
2. Классификация моделей
3. Классификация математических моделей. Классификационные признаки
4. Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования
5. Регрессионный модели
6. Определение статических регрессионных многофакторных моделей (РМФМ) по данным эксперимента с факторным планированием
7. Дробный факторный эксперимент (ДФЭ)
8. Ранжирование факторов. Случайно сбалансированный эксперимент
9. Регрессионные модели второго порядка центральный композиционный эксперимент.

10. Оптимизация процесса на основе регрессионных математических моделей.  
Метод крутого восхождения
11. Оптимизация процесса на основе симплексного планирования
12. Интерполяция и аппроксимация табличных данных
13. Численное дифференцирование табличных данных. Численное решение систем дифференциальных уравнений.
14. Решение трансцендентных уравнений.
15. Численное интегрирование, метод Симпсона, метод трапеций
16. Матричная форма системы линейных уравнений. Решение систем линейных уравнений.
17. Теоретические основы метода конечных элементов.
18. Использование программного комплекса ANSYS для анализа конструктивных решений

## **6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### **6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел (тема) дисциплины</b>	<b>Задание</b>	<b>Часы</b>	<b>Методические рекомендации по выполнению задания</b>	<b>Форма контроля</b>
1.	Моделирование. Общие понятия. Место моделирования среди методов познания	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
2.	Классификация моделей	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
3.	Классификация математических моделей. Классификационные признаки	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
4.	Классификация математических	Изучение материала	4	Материал лекции изучать с использованием	Текущий опрос на лабораторных

	моделей в зависимости от целей моделирования	лекции, подготовка к лабораторной работе		конспекта, основной и дополнительной литературы	занятиях
5.	Регрессионный модели	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
6.	Определение статических регрессионных многофакторных моделей (РМФМ) по данным эксперимента с факторным планированием	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
7.	Дробный факторный эксперимент (ДФЭ)	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
8.	Ранжирование факторов. Случайно сбалансированный эксперимент	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
9.	Регрессионные модели второго порядка центральный композиционный эксперимент.	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
10.	Оптимизация процесса на основе регрессионных математических моделей. Метод крутого восхождения	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
11.	Оптимизация процесса на основе симплексного	Изучение материала лекции, подготовка к	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной	Текущий опрос на лабораторных занятиях



	планирования	лабораторной работе		литературы	
12.	Интерполяция и аппроксимация табличных данных	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
13.	Численное дифференцирование табличных данных. Численное решение систем дифференциальных уравнений.	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
14.	Решение трансцендентных уравнений.	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
15.	Численное интегрирование, метод Симпсона, метод трапеций	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
16.	Матричная форма системы линейных уравнений. Решение систем линейных уравнений.	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
17.	Теоретические основы метода конечных элементов.	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
18.	Использование программного комплекса ANSYS для анализа конструктивных решений	Изучение материала лекции, подготовка к лабораторной работе	4	Материал лекции изучать с использованием конспекта, основной и дополнительной литературы	Текущий опрос на лабораторных занятиях
19.		Подготовка к зачету	3,75	Материал лекции изучать с использованием	зачет

				конспекта, основной и дополнительной литературы	
--	--	--	--	---	--

## 6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Общая характеристика системы MathCAD. Главное меню системы.
2. Ввод данных. Ввод функций. Векторные и матричные функции.
3. Функции для решения алгебраических уравнений и систем. Вычислительные блоки.
4. Символьные вычисления в MathCAD.
5. Функции для решения дифференциальных уравнений.
6. Функции для решения задач аппроксимации и интерполяции.
7. Ввод элементов программных модулей. Реализация циклических и рекуррентных процедур.
8. Системы алгебраических линейных и нелинейных уравнений.
9. Экстремумы функций нескольких переменных.
10. Графики и анимация решений в MathCAD.
11. Обработка экспериментальных данных и получение регрессионных моделей.
12. Структура программного комплекса ANSYS.
13. Геометрическое моделирование в системе ANSYS.
14. Свойства материалов и выбор конечно-элементной сетки.
15. Анализ конструкции методом конечных элементов. На примере системы ANSYS.
16. Защита лабораторных работ (4 часа).

## 6.4. Задания для выполнения курсовых работ по дисциплине «Моделирование и решение инженерных задач на ЭВМ»

### Задача 1

Точка  $M$  движется в пространстве согласно уравнениям (1). Уравнения движения представлены в таблице 1 и определяются согласно варианту работы.

Номер варианта представлен в виде трехзначного числа. Первая цифра варианта соответствует уравнению  $x = f_1(t)$ , вторая -  $y = f_2(t)$ , третья -  $z = f_3(t)$ , где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  - в метрах,  $t$  - в секундах.

Таблица 1 - Уравнения движения

Цифра	0	1	2	3	4
Уравнение	$\frac{t^5}{11} - (t+1)^t$	$\sin(t^3 - 1)$	$\cos(\frac{1}{t+2}) + t$	$e^t + \ln(t+0,2)$	$\sin^2(t - e^t)$
Цифра	5	6	7	8	9
Уравнение	$\cos^{-2}(\sin(t))$	$t^3 + t/(1+t^4)$	$\cos(t^5)$	$\sin(t/3) - t^2$	$(t+0,5)^{\cos(2t)}$

Пример - Вариант № 258. Задаваемый закон движения имеет вид:

$$\begin{cases} x = \cos(\frac{1}{t+2}) + t, \\ y = \cos^{-2}(\sin(t)), \\ z = \sin(t/3) - t^2. \end{cases}$$

Необходимо:

- 1) изобразить траекторию движения точки, указать начальное положение точки и положение точки в момент времени  $t_j$ , с (значения  $t_j$  представлены в таблице 2 и определяются по последней цифре варианта);
- 2) для момента времени  $t_j$  определить скорость, ускорение, касательное и нормальное ускорения точки, а также радиус кривизны траектории в данной точке

Таблица 2 - Значение времени  $t_j$

Цифра	0	1	2	3	4
$t_j$	1,5	5	2,5	3	2
Цифра	5	6	7	8	9
$t_j$	3,5	4	6	3,5	1

- 3) построить графики изменения скорости, ускорения, касательного и нормального ускорений точки в промежутке времени от начала движения до момента времени  $t_j$ ;
- 4) создать анимационный файл движения точки.

## Задача 2

Найти для заданного механизма в момент времени  $t_j = \backslash$  с скорость и ускорение рейки 1, угловые скорость и ускорение колеса 4, а также скорость и ускорение точки М.

Построить для заданного механизма в промежутке времени с момента начала движения ( $t_0=0$  с) до момента времени  $t_2=3$  с графики скорости и

ускорения рейки 1, графики угловой скорости и углового ускорения колеса 4, а также скорости и ускорения точки М.

Исходные данные определяются согласно варианту работы. Номер варианта представлен в виде трехзначного числа. По первой цифре варианта определяется столбец с размерами колес из таблицы 1, по второй - закон движения рейки 1 из таблицы 2, по третьей - схема механизма (рисунок 2).

Таблица 1 Размеры колес механизма

Цифра	0	1	2	3	4
R <sub>2</sub> , см	50	45	55	60	40
r <sub>2</sub> , см	30	25	35	30	25
R <sub>3</sub> , см	45	50	75	80	65
r <sub>3</sub> , см	35	25	55	40	25
R <sub>4</sub> , см	60	55	70	45	35
r <sub>4</sub> , см	25	15	30	25	15
Цифра	5	6	7	8	9
R <sub>2</sub> , см	70	50	35	75	80
r <sub>2</sub> , см	50	45	30	35	25
R <sub>3</sub> , см	55	65	45	50	70
r <sub>3</sub> , см	30	45	20	35	35
R <sub>4</sub> , см	45	55	75	40	30
r <sub>4</sub> , см	20	20	60	20	15

Таблица 2 Закон движения рейки 1

Цифра	0	1	2	3	4
x(t), см	$\sin(t^3 - 1)$	$t^3 + t^2 / (1 + t^3)$	$t^3 - t^2 + t$	$\cos(t^6 - 2)$	$\frac{t^4}{3} - (t + 1)^{t-1}$
Цифра	5	6	7	8	9
x(t), см	$\cos^{-1}(\sin(t))$	$t^5 - 2t^3 - 1$	$\sin^2(2 - e^t) + 3$	$t^5 - 7t$	$\sin(t/3) \cdot 2t$

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

*а) основная:*

1. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем: учебник - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 592 с.
2. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учеб. Пособие. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013. (10 экз).

*б) дополнительная:*

1. Доев В.С., Доронин Ф.А. Сборник заданий по теоретической механике на базе МАТНСАD: учеб. пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2010 (20экз.)
2. Семенов М.Г. Математическое моделирование в MathCAD. Москва: Альтекс-А, 2003 (10 экз.)
3. Федоткин И.М. Математическое моделирование технологических процессов: учеб. пособие для вузов. Москва: Либроком, 2011 (5экз.)

*в) Методические разработки*

1. Разин С.Н., Коваленко Н. И. Решение задач механики в системе MathCAD: учебно-метод. Пособие Кострома: КГТУ, 2014.
2. Попова Г.М., Приваленков Ю. П. Основы работы в математической системе Mathcad: учеб. пособие. Кострома: КГТУ, 2008.

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

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Znanium»

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

Учебный корпус «Б», ауд. № Б-106. (лекции, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 48, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, проектор.	Специальное программное обеспечение не используется
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-302. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 26, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, компьютеры Intel Pentium Dual-Core E5200 2.50 GHz Socket 775800 MHz BOX – 10 шт. Сетевые ПЭВМ с набором необходимого программного обеспечения и выходом в Internet.	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.
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