



КГУУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
Решением Ученого совета ИЦТЭ КГУУ  
Протокол №7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЦТЭ

Э.И. Беляев

«30» мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

*Б1.О.15.04 Математическое и программное обеспечение цифровых двойников и систем*  
(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

01.03.04 Прикладная математика  
(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЦСМ	Зав.каф., к.ф.-м.н., доцент	Ю.Н.Смирнов
ЦСМ	ассистент	А.М.Марданова

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра «Цифровые системы и модели»	19.05.23	5	_____ Зав.каф., к.ф.-м.н., доц. Ю.Н.Смирнов
Согласована	Кафедра «Цифровые системы и модели»	19.05.23	5	_____ Зав.каф., к.ф.-м.н., доц. Ю.Н.Смирнов
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.23	7	_____ Директор института, к.т.н., доц. Э.И.Беляев
Одобрена	Ученый совет института	30.05.23	9	_____ Директор института, к.т.н., доц. Э.И.Беляев

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины Математическое и программное обеспечение цифровых двойников и систем является приобретение теоретических знаний и практических навыков применения математических методов и моделей для решения исследовательских и проектных задач.

Задачами дисциплины являются: получение знаний о математических моделях, применяемых для решения исследовательских и проектных задач; построение математических для решении практических задач.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ОПК-2.1 Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач
	ОПК-2.2 Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины Математические модели и методы  
Последующие дисциплины Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	81	81
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,67	60	60
Лекции	0,83	30	30
Лабораторные работы	0,83	30	30
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,33	156	156
Проработка учебного материала	3,33	120	120
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			-
			Э

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Методы математического моделирования	60	10	10		40	ТК1	ОПК-2.3, ОПК-2.У
Раздел 2. Общие принципы создания цифровых двойников	60	10	10		40	ТК2	ОПК-2.3, ОПК-2.У, ОПК-2.В
Раздел 3. Структура цифровых двойников. Применение цифровых двойников	60	10	10		40	ТК3	ОПК-2.3, ОПК-2.У
Экзамен	36				36	ОМ	ОПК-2.3, ОПК-2.У, ОПК-2.В,
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>156</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

#### *Раздел 1. Методы математического моделирования*

Тема 1.1. Основные принципы математического моделирования

Тема 1.2. Методы исследования математических моделей

Тема 1.3. Математические модели в научных исследованиях

Тема 1.4. Этапы построения математической модели

Тема 1.5. Методы обработки больших массивов данных и нейросетевых технологий при создании цифровых двойников

#### *Раздел 2. Общие принципы создания цифровых двойников*

Тема 2.1. Преимущества использования цифровых двойников

Тема 2.2. Создание цифровых двойников на основе разработки математических моделей.

Тема 2.3. Имитационные модели

Тема 2.4. Базы данных

Тема 2.5. Подсистемы интеллектуального анализа данных

#### *Раздел 3. Структура и состав цифровых двойников. Применение цифровых двойников*

Тема 3.1. Интеллектуальные программные модули

Тема 3.2. Цифровые двойники как способ преодоления сложности

инженерных систем

Тема 3.3. Рынок цифровых двойников

Тема 3.4. Использование цифровых двойников в различных отраслях

Тема 3.5. Будущее цифровых двойников

### 3.4. Тематический план практических занятий

*Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.*

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов.

Лабораторная работа №2. Обработка данных для создания цифрового двойника.

Лабораторная работа №3. Построение математических моделей.

Лабораторная работа №4. Разработка цифрового двойника.

Лабораторная работа №5. Построение и оптимизация цифровых двойников.

Лабораторная работа №6. Методы оценки цифрового двойника

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

*Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.*

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК-2	ОПК-2.1	знать:  Основные методы и средства математического моделирования	Знает основные методы и средства математического моделирования, не допускает ошибок	Хорошо знает основные методы и средства математического моделирования, может	Плохо знает методы и средства математического моделирования, допускает много	Не знает методы и средства математического моделирования, уровень знаний ниже

				допустить несколько негрубых ошибок	негрубых ошибок	минимальных требований
		уметь:				
		Составлять математическую модель прикладной задачи	Демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, не допускает ошибок	Демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками использования различных методов для решения исследовательских и проектных задач	Демонстрирует высокие навыки использования различных методов для решения исследовательских и проектных задач	Владеет навыками использования различных методов для решения исследовательских и проектных задач, допускает ряд ошибок	Демонстрирует навыки использования различных методов для решения исследовательских и проектных задач, допускает много мелких ошибок	Не владеет навыками использования различных методов для решения исследовательских и проектных задач, допускает грубые ошибки
		знать:				
	ОПК-2.2	Способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач	Знает в совершенстве способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских	Знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных	Плохо знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и	Не знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и

			и проектных задач, не допускает ошибок	х задач, может допускать несколько негрубых ошибок	проектных задач, допускает много негрубых ошибок	проектных задач, уровень знаний ниже минимальных требований
		уметь:				
	применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности	Демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, не допускает ошибок	Демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, допускает грубые ошибки	
		владеть:				
	Навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности	Свободно владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, без ошибок	Владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допущен ряд ошибок	Демонстрирует навыки осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допускает много мелких	Не владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допускает грубые	

				ошибок	ошибки
ОПК-2.3	знать:				
	Сферу применения математических моделей и методов для решения различных исследовательских и проектных задач	Знает сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, не допускает ошибок	Хорошо знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, допускает много негрубых ошибок	Не знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, уровень знаний ниже минимальных требований
	уметь:				
	осуществлять анализ результатов моделирования, оценку надежности и качества функционирования систем	Демонстрирует умение осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, не допускает ошибок	Демонстрирует умение осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает грубые ошибки
владеть:					
Навыками применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества	Демонстрирует высокие навыки применения математических	Владеет навыками применения математических моделей и методов,	Демонстрирует навыки применения математических моделей и	Не владеет навыками применения математических	

		функционирования системы.	моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы	оценки надежности и качества функционирования системы, допускает ряд ошибок	методов, оценки надежности и качества функционирования системы, допускает много мелких ошибок	моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы, допускает грубые ошибки
--	--	---------------------------	--	---	---	---

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-507-46275-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/305219>.

2. Семакин, И. Г., Программирование, численные методы и математическое моделирование : учебное пособие / И. Г. Семакин, О. Л. Русакова, Е. Л. Тарунин, А. П. Шкарапута. — Москва : КноРус, 2023. — 298 с. — ISBN 978-5-406-10904-5. — URL: <https://book.ru/book/947073>. — Текст : электронный.

3. Моделирование объектов управления в MatLab : учебное пособие / А. В. Затонский, Л. Г. Тугашова. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 143 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206033>. - ISBN 978-5-8114-3270-7. - Текст : электронный.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. В. Голубева. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 192 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168961>. - ISBN 978-5-8114-1424-6. - Текст : электронный.

2. Имитационное моделирование : учебник / Ю. А. Кораблев. - Москва : КноРус, 2020. - 145 с. - URL: <https://book.ru/book/933531>. - ISBN 978-5-406-07785-6. - Текст : электронный.

3. Имитационное моделирование. Практикум : учебное пособие / Ю. А. Кораблев. - М. : Кнорус, 2021. - 153 с. - (Бакалавриат). - URL: <https://www.book.ru/book/932051>. - ISBN 978-5-406-02673-1. - Текст : электронный.

4. Анализ и моделирование логистических систем : учебник / Н. В. Катаргин, О. Н. Ларин, Ф. Д. Венде. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 246 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/179155>. - ISBN 978-5-8114-8672-4. - Текст : электронный.

5. Архитектурное моделирование автоматизированных систем : учебник / П. И. Соснин. - СПб. : Лань, 2020. - 180 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/130183>. - ISBN 978-5-8114-3919-5. - Текст : электронный.

6. Имитационное моделирование. Авторская имитация систем и сетей с очередями : учебное пособие / Ю. И. Рыжиков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 109 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206180>. - ISBN 978-5-8114-3464-0. - Текст : электронный.

7. Математическое моделирование, оптимизация и современные автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении : учебно-методическое пособие / В. Н. Копосов ; науч. ред. Н. Л. Павлюкова. - Иваново : ИГЭУ, 2020. - 68 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/8288>. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№	Наименование электронных и интернет-ресурсов	ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	<a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	<a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>
4	Портал «Открытое образование»	<a href="http://npoed.ru">http://npoed.ru</a>
5	Энциклопедии, словари, справочники	<a href="http://www.rubricon.com">http://www.rubricon.com</a>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru">https://rusneb.ru</a>	<a href="https://rusneb.ru">https://rusneb.ru</a>
2	Мировая цифровая библиотека	<a href="http://wdl.org">http://wdl.org</a>	<a href="http://wdl.org">http://wdl.org</a>
3	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>
4	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5	Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>	<a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>
6	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №225/10 от 28.01.2010 Неискл. право. Бессрочно
2	SQL Server Enterprise Edition 2008R2 Russian OpenLicensePack NoLevel AcademicEdition	Система управления реляционными базами данных	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №32081/KZN12 от 14.03.2012 Неискл. право. Бессрочно
3	Aris express	Инструмент моделирования для анализа и управления бизнеспроцессами	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	ELMA Community Edition	Система которая позволяет моделировать бизнес-процессы, автоматизировать их исполнение	Свободная лицензия. Неискл. право Бессрочно
5	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайнвзаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно

### 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Информационно-математического моделирования», Д-424	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет Д-427	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер

		(ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с

гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;

- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

*Б1.О.15.04 Математическое и программное обеспечение цифровых двойников и систем*  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

---

Направление подготовки

01.03.04 Прикладная математика  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация

Бакалавр

*(Бакалавр / Магистр)*

---

г. Казань, 2023



**2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации**  
Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК-2	ОПК-2.1	знать:				
		Основные методы и средства математического моделирования	Знает основные методы и средства математического моделирования, не допускает ошибок	Хорошо знает основные методы и средства математического моделирования, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методы и средства математического моделирования, допускает много негрубых ошибок	Не знает методы и средства математического моделирования, уровень знаний ниже минимальных требований
		уметь:				
		Составлять математическую модель прикладной задачи	Демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, не допускает ошибок	Демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение составлять математическую модель прикладной задачи, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками использования различных методов для решения исследовательских и проектных	Демонстрирует высокие навыки использования различных методов	Владеет навыками использования различных методов для решения	Демонстрирует навыки использования различных методов для	Не владеет навыками использования различных

	задач	для решения исследовательских и проектных задач	исследовательских и проектных задач, допускает ряд ошибок	решения исследовательских и проектных задач, допускает много мелких ошибок	методов для решения исследовательских и проектных задач, допускает грубые ошибки
ОПК-2.2	знать:				
	Способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач	Знает в совершенстве способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач, не допускает ошибок	Знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач, может допускать несколько негрубых ошибок	Плохо знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач, допускает много негрубых ошибок	Не знает способы применения математических моделей и методов для решения исследовательских и проектных задач, уровень знаний ниже минимальных требований
	уметь:				
	применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности	Демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, не допускает	Демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности, допускает	В целом демонстрирует умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности,	Не сформировано умение применять математические модели и методы для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности,

			ошибок	при этом ряд небольших ошибок	допускает много мелких ошибок	допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности	Свободно владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, без ошибок	Владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допущен ряд ошибок	Демонстрирует навыки осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допускает много мелких ошибок	Не владеет навыками осуществления проверки адекватности моделей, анализа результатов, решения задач профессиональной деятельности, допускает грубые ошибки
		знать:				
		Сферу применения математических моделей и методов для решения различных исследовательских и проектных задач	Знает сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, не допускает ошибок	Хорошо знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, допускает много негрубых ошибок	Не знает применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач, уровень знаний ниже минимальных требований
		уметь:				
		осуществлять анализ результатов моделирования, оценку	Демонстрирует умение осуществлять	Демонстрирует умение осуществлять	В целом демонстрирует умение осуществлять	Не сформировано умение осуществлять
	ОПК-2.3					

		надежности и качества функционирования систем	анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, не допускает ошибок	анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает при этом ряд небольших ошибок	лать анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает много мелких ошибок	лать анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы.	Демонстрирует высокие навыки применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы	Владеет навыками применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы, допускает ряд ошибок	Демонстрирует навыки применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы, допускает много мелких ошибок	Не владеет навыками применения математических моделей и методов, оценки надежности и качества функционирования системы, допускает грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание методов и средств математического моделирования, выполнения индивидуальных заданий; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; понимание методов и средств математического моделирования, достаточно полные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение лабораторных работ с большим количеством ошибок в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение лабораторных работ в семестре и тестовых заданий.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

*Пример задания*

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: **ОПК-2** Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем; **ОПК-2.1** Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач

**Тест**

1. Моделирование — это

- процесс замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
- процесс неформальной постановки конкретной задачи;
- процесс замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
- процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.

2. Процесс построения модели, как правило, предполагает:

- описание всех свойств исследуемого объекта;

- выделение наиболее существенных с точки зрения решаемой задачи свойств объекта;
  - выделение свойств объекта безотносительно к целям решаемой задачи;
  - описание всех пространственно-временных характеристик изучаемого объекта;
  - выделение не более трех существенных признаков объекта.
3. Математическая модель объекта — это:
- созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала;
  - описание в виде схемы внутренней структуры изучаемого объекта;
  - совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведения в виде таблицы;
  - совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение;
  - последовательность электрических сигналов.
4. Основная функция модели это:
- получить информацию о моделируемом объекте;
  - отобразить некоторые характеристические признаки объекта;
  - получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта;
  - воспроизвести физическую форму объекта.
5. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата?
- аналитическая;
  - графическая;
  - цифровая;
  - алгоритмическая.
6. Какой из шагов построения математической модели сформулирован неверно?
- выполнить обобщенный анализ реального объекта или процесса
  - выделить его наиболее существенные черты и свойства
  - выделить внутренние связи объекта, процесса или системы с помощью ограничений, уравнений, равенств, неравенств, логико-математических конструкций
7. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...
- математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов;
  - математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов;
  - математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени;
  - Математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций.
8. Что требуется для нахождения объективных и устойчивых характеристик процесса при статистическом моделировании?
- однократное воспроизведение процесса;
  - многократное воспроизведение процесса, с последующей статической обработкой полученных данных;
  - многократное воспроизведение процесса, с последующей статистической обработкой полученных данных

9. Интерполяция — это...
- нахождение значения таблично заданной функции внутри заданного интервала;
  - восстановление функции в точках за пределами заданного интервала табличной функции;
  - усреднение или сглаживание табличной функции;
  - нет правильного ответа.

10. Какой тип математических моделей использует алгоритмы?

- Аналитические.
- Знаковые.
- Имитационные.
- Детерминированные

### **Отчет по лабораторной работе (ОЛР).**

*Лабораторная работа №1. Аппроксимация экспериментальных данных.*

*Цель работы:* получить навыки использования методов аппроксимации экспериментальных данных, выбора типа аппроксимирующих функций, приобрести навыки использования полученных моделей на практике.

*Индивидуальное задание:* В соответствии с вариантом требуется провести аппроксимировать экспериментальные данные методом наименьших квадратов

Контрольные вопросы:

1. Постановка задачи аппроксимации функций.
2. Что является исходными данными к задаче аппроксимации функций?
3. Постановка задачи аппроксимации функций методом наименьших квадратов.
4. Определение коэффициента достоверности аппроксимации.
5. Каким образом задается тип аппроксимации?
6. Оптимальное решение
7. Модели принятия оптимальных решений
8. Разновидности задач моделирования и подходов к их решению
9. Дайте понятие математической модели.
10. Основные понятия и принципы моделирования

*Требования к отчету по лабораторным работам*

***Отчет должен содержать:***

- Титульный лист
- Цель работы
- Порядок выполнения работы
- Результаты
- Выводы

**Для дополнительных баллов в Разделе 1.**

***Конспектирование учебного материала***

**Раздел 1. « Методы математического моделирования »**

**Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция: **ОПК-2** Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем; **ОПК-2.2** Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности

## Тест

1. Какой фактор определяет использование статистической имитационной модели?
  - скорость процесса;
  - случайные воздействия;
  - высокая требуемая точность;
  - количество имитируемых элементов.
  
2. Какой из шагов не входит в состав исследования объекта, процесса или системы и составления их математического описания при математическом моделировании, но является частью математического моделирования?
  - выделение наиболее существенных черт и свойств реального объекта или процесса
  - определение внешних связей и описание их с помощью ограничений, уравнений, равенств, неравенств, логико-математических конструкций
  - построение алгоритма, моделирующего поведение объекта, процесса или системы
  - определение переменных, т.е. параметров, значения которых влияют на основные черты и свойства объекта
3. Какие математические модели применяются при имитационном моделировании?
  - с помощью которых нельзя заранее вычислить или предсказать поведение системы, а для предсказания поведения системы необходим вычислительный эксперимент (имитация) на математической модели для всех возможных исходных данных;
  - с помощью которых нельзя заранее вычислить или предсказать поведение системы, а для предсказания поведения системы необходим вычислительный эксперимент (имитация) на математической модели при заданных исходных данных;
  - с помощью которых можно заранее вычислить или предсказать поведение системы, и для предсказания поведения системы нет необходимости в применении вычислительного эксперимента (имитации) на математической модели при заданных исходных данных.
4. Какой из способов аппроксимации данных нашел большее применение на практике?
  - способ, который требует, чтобы аппроксимирующая кривая  $F(x)$ , аналитический вид которой необходимо найти, не проходила ни через одну узловую точку таблицы;
  - способ, который требует, чтобы аппроксимирующая кривая  $F(x)$ , аналитический вид которой необходимо найти, проходила через все узловые точки таблицы;
    - способ, заключающийся в сглаживании опытных данных;
    - нет правильного ответа.
5. Математической моделью является:
  - модель автомобиля;
  - сборник правил дорожного движения;
  - формула закона всемирного тяготения;
  - номенклатура списка товаров на складе.
6. Информационной моделью является: модель автомобиля;
  - сборник правил дорожного движения;
  - формула закона всемирного тяготения;
  - номенклатура списка товаров на складе.
7. Компьютерный эксперимент – это
  - решение задачи на компьютере;
  - исследование модели с помощью компьютерной программы;
  - подключение компьютера для обработки физических экспериментов;
  - автоматизированное управление физическим экспериментом.
8. Компьютерное моделирование – это:
  - процесс построения модели компьютерными средствами;
  - процесс исследования объекта с помощью компьютерной модели;

- построение модели на экране компьютера;
- решение конкретной задачи с помощью компьютера.

#### 9. Математическое моделирование это:

- моделирование, использующее модели, предназначенные для воспроизведения или отображения пространственных свойств изучаемых объектов
  - образ исследуемого определённой формальной системы с целью изучения определённых свойств данного объекта
  - анализ проблем разнообразного типа, когда модель не формулируется, а вместо неё используется некоторое, не зафиксированное точно, мысленное ощущение реальности, служащее основой для рассуждения и принятия решения
  - метод решения задачи анализа или синтеза сложной системы на основе использования её компьютерной модели

#### 10. Структурно-функциональная модель это:

- отдельная программа или совокупность программ, позволяющих с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов, воспроизводить процессы функционирования объекта при условии воздействия на объект различных, как правило, случайных факторов
  - условный образ компьютерных таблиц, блок-схем, диаграмм, графиков, рисунков, анимационных фрагментов, гипертекстов и т.д. и отображающий структуру и взаимосвязи между элементами объекта
  - модель, происходящих в изучаемых объектах, причём общность процессов, происходящих в объекте исследования и модели, основывается на сходстве их физической природы
  - воспроизведение определённым образом явлений, событий, действий, объектов и т.д.

### **Отчет по лабораторной работе (ОЛР).**

*Лабораторная работа №2.* Разработка математической модели исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности.

*Цель работы:* изучить структуру математической модели исследуемых объектов, освоить методику составления и решения математических моделей объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности.

*Индивидуальное задание:* по выбранному направлению исследования построить математическую модель объекта для целей управления.

#### *Требования к отчету по лабораторным работам*

##### **Отчет должен содержать:**

- Титульный лист
- Цель работы
- Порядок выполнения работы
- Результаты
- Выводы

#### Контрольные вопросы:

1. Множественность и единственность моделей.
2. Поясните требование достаточной простоты модели.
3. Перечислите основные типы математических моделей.
4. Классифицировать и раскрыть математические модели по способу получения модели
5. Принципы построения экономико-математических моделей
6. Методика математического моделирования.

7. Методы решения математических моделей, классификация методов.
8. Методы решения задач оптимального проектирования.
9. Методика разработки математической модели
10. Математическая модель объекта профессиональной деятельности,

**Для дополнительных баллов в Разделе 2.**

### ***Конспектирование учебного материала***

**Раздел 2. « Общие принципы создания цифровых двойников»**

#### **Для текущего контроля ТКЗ:**

Проверяемая компетенция: **ОПК-2** Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем; **ОПК-2.3** Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем

Тест

1. Что такое параметры системы?
  - Величины, которая выражают свойство или системы, или ее части, или окружающей среды.
  - Величины, характеризующие энергетическое или информационное наполнение элемента или подсистемы.
  - Свойства элементов объекта.
  - Величины, которая характеризует действия, которые могут выполнять объекты.
2. Какой из шагов построения математической модели сформулирован неверно?
  - выполнить обобщенный анализ реального объекта или процесса
  - выделить его наиболее существенные черты и свойства
  - выделить внутренние связи объекта, процесса или системы с помощью ограничений, уравнений, равенств, неравенств, логико-математических конструкций
3. Свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей в заданных пределах, называется:
  - Работоспособность
  - Сохраняемость
  - Надежность
4. Свойство объекта сохранять работоспособность без вынужденных перерывов называется:
  - Безотказность
  - Надежность
  - Работоспособность
5. Способность объекта к предупреждению, обнаружению и устранению отказов называется:
  - Отказоустойчивость
  - Восстанавливаемость
  - Сохраняемость
6. Экспериментальное определение количественных и качественных показателей надежности аппаратных средств системы:
  - Испытания
  - Тестирование
  - Верификация
7. Мера, позволяющая получить численное значение некоторого свойства

программного обеспечения или его спецификаций:

- Валидация
- Метрика
- Верификация

8. Применение дополнительных средств и возможностей с целью сохранения работоспособного состояния системы при его отказе одного или нескольких ее элементов

- Резервирование
- Избыточность
- работоспособность

9. Для каждого момента времени вероятность любого состояния объекта в будущем зависит только от состояния объекта в настоящий момент времени и не зависит от того, каким образом объект пришел в это состояние? Это:

- Марковский процесс
- Испытание
- Тестирование

10. Кто из ученых предложил определять вероятность состояния системы решением дифференциальных уравнений:

- Колмогоров
- Липов
- Миллс

### **Отчет по лабораторной работе (ОЛР).**

*Лабораторная работа №3.* Разработка математической модели оценивания надежности и качества функционирования системы

*Цель:* изучение методики оценки надежности и качества функционирования системы.

*Индивидуальное задание:* по выбранному направлению исследования разработать модель цифрового двойника и провести его оценку.

*Требования к отчету по лабораторным работам*

**Отчет должен содержать:**

- Титульный лист
- Цель работы
- Порядок выполнения работы
- Результаты
- Выводы

Контрольные вопросы:

1. Классический подход к моделированию систем. Достоинства и недостатки.
2. Системный подход к моделированию систем. Достоинства и недостатки.
3. Математические модели в форме систем линейных алгебраических уравнений
4. Методы решения моделей в форме СЛАУ.
5. Математическое моделирование систем с распределенными параметрами
6. Основные понятия надежности. Развитие теории надежности
7. Показатели надежности
8. Модели надежности
9. Информационное резервирование
10. Информационная избыточность

**Для дополнительных баллов в Разделе 3.**

***Конспектирование учебного материала***

**Раздел 3. « Структура цифровых двойников. Применение цифровых двойников»**

**Промежуточная аттестация (ОМ).**

Билет состоит из двух заданий: ответ на теоретический вопрос и решение практического задания.

*Примеры экзаменационных билетов:*

Билет №1:

1. Математическое моделирование: основные определения, категории математического моделирования.

2. Имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания

Билет №2:

1. Математические модели: определение, назначение, свойства, примеры математических моделей, классификация.

2. Решение дифференциального уравнения методом конечных разностей