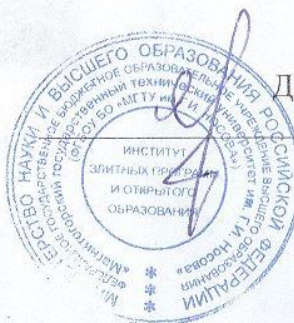




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭПиОО
А.В. Ярославцев

01.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ
ДВОЙНИКОВ***

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровые двойники в обработке материалов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт элитных программ и открытого образования
Кафедра	Цифровые двойники в обработке материалов
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

21.01.2025, протокол № 1

Зав. кафедрой

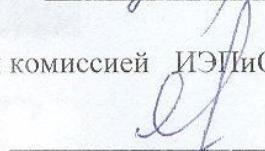


М.И. Румянцев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭГиОО

01.02.2025 г. протокол № 1

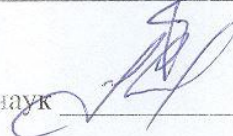
Председатель



А.В. Ярославцев

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры кафедры ВТиП, канд. техн. наук



А.Н. Калитаев

Рецензент:

зав. кафедрой ПМиИ, д-р техн. наук



Ю.А. Извеков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.И. Румянцев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.И. Румянцев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Программирование при создании цифровых двойников» являются: формирование у обучающихся комплекса компетенций, направленных на владение навыками моделирования исследуемых процессов с использованием современных систем компьютерного и имитационного моделирования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Программирование при создании цифровых двойников входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Цифровые двойники

Численные методы

Информационные технологии в обработке материалов

Методология и методы научного исследования

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/ практик:

Математическое моделирование и оптимизация технологий металлургического производства

Прослеживаемость и моделирование материальных потоков в металлургическом производстве

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Цифровизация металлургического производства

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Программирование при создании цифровых двойников» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-1.1	Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
УК-1.2	Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
УК-1.3	Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-2.1	Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления
УК-2.2	Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их

	применения
УК-2.3	Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы
УК-2.4	Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта
УК-2.5	Предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 15,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Программирование в MS Excel								
1.1 Построение статистических зависимостей	2	2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
1.2 Множественный корреляционный и регрессионный анализ.		2		4	1	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
1.3 Проверка применимости эмпирических моделей		2		4	1	1. Самостоятельное изучение учебной и	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3,

						научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.		УК-2.4, УК-2.5
Итого по разделу		6		12	4			
2. Программирование в Matlab / Octave								
2.1 Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave.	2	2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
2.2 Основы визуального моделирования динамических систем		2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
Итого по разделу		4		8	4			
3. Программирование в AnyLogic								
3.1 Основные концепции имитационного моделирования, реализуемые AnyLogic	2	2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5

3.2 Этапы имитационного моделирования в AnyLogic	2	2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
Итого по разделу		4		8	4			
4. Технология Data Mining и программирование на языке R								
4.1 Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud)	2	2		4	2	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
4.2 Этапы построения R-моделей		2		4	1,1	1. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. 2. Работа с электронными библиотеками. 3. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	1. Устный опрос (собеседование). 2. Лабораторные работы.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5
Итого по разделу		4		8	3,1			
Итого за семестр		18		36	15,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18		36	15,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

1. Традиционные образовательные технологии, ориентированные на организацию образовательного процесса и предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе личностно-значимого для них образовательного результата.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция-провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-пресс-конференция.

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Никишов, С. И. Программирование на VBA в Microsoft Excel : учебное пособие / С. И. Никишов. — Москва : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2017. — 154 с. - ISBN 978-5-7749-1290-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1085546> (дата обращения: 19.05.2021).

2. Митина, О. А. Языки программирования для статистической обработки данных (R) : учебное пособие / О. А. Митина. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163912> (дата обращения: 19.05.2021).

б) Дополнительная литература:

1. Бунцев, И. А. Создание и реализация имитационных моделей в программной

среде AnyLogic : учебное пособие / И. А. Бунцев. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 154 с. — ISBN 978-5-9912-0487-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119831> (дата обращения: 19.05.2021).

2. Инструментальные средства математического моделирования: учебное пособие / Золотарев А.А., Бычков А.А., Золотарева Л.И. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 90 с. ISBN 978-5-9275-0887-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556187> (дата обращения: 19.05.2021).

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
AnyLogic University	Д-895-14 от 14.07.2014	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FlowVision	К-93-09 от 19.06.2009	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Лекционная аудитория Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

2. Компьютерный класс. Персональные компьютеры с виртуальной машиной для установки серверного ПО, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

3. Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки. Все классы УИТ и АСУ с персональными компьютерами, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Аудиторий для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Ауд. 282 и классы УИТ и АСУ.

5. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и наличием доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Классы УИТ и АСУ.

6. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Центр информационных технологий – ауд. 372.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Программирование при создании цифровых двойников» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение работ на практических занятиях. Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала при подготовке к сдаче экзамена по данной дисциплине.

Примерные индивидуальные задания (ИДЗ):

ИДЗ №1.. Решение оптимизационных задач в MATLAB.

1. Найти минимум функции $f(x) = x^4 + 3x^3 - 13x^2 - 6x + 26$
2. Найти минимум функции Розенброка $f(x,y) = N(y - x^2)^2 + (1 - x^2)^2$
3. Найти максимум и минимум функции $F = (x - 3)^2 - (y - 4)^2$ при ограничениях:

$$3x + 2y \geq 7$$

$$10x - y \leq 8$$

$$-18x + 4y \leq 12$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$
4. План производства изделий трёх типов составляет 120 деталей (x_1 — количество изделий первого вида, x_2 — количество изделий второго вида, x_3 — количество изделий третьего вида). Изделия можно изготовить тремя способами. При первом технологическом способе производят изделия первого типа и затраты составляют $4x_1 + x_1^2$. Второй технологический способ предназначен для производства изделий второго типа и затраты составляют $8x_2 + x_2^2$. Третий способ позволяет производить изделия третьего типа и затраты в нём можно рассчитать по формуле x_3^2 . Определить, сколько изделий каждого типа надо изготовить, чтобы затраты были минимальными. Сформулируем эту задачу, как задачу оптимизации. Найти минимум функции $f(x_1, x_2) = 4x_1 + x_1^2 + 8x_2 + x_2^2 + x_3^2$ при следующих ограничениях $x_1 + x_2 + x_3 = 120$, $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$, $x_3 \geq 0$.

ИДЗ №2. Решение краевых задач в MATLAB.

Задание. Выполнить реализацию сеточных алгоритмов решения краевых задач (задача Дирихле для уравнения Пуассона в квадратной области).

Постановка задачи:

Краевая задача Дирихле для уравнения Пуассона:

$$\Delta u(x, y) = f(x, y), \dots (x, y) \in D,$$

$$u(x, y) = g(x, y), \dots (x, y) \in \partial D,$$

Здесь D — область в R^2 , ∂D — ее граница, $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$ — двумерный оператор Лапласа. Функции f и g даны, требуется найти функцию u . Подобная краевая задача возникает при моделировании установившегося течения жидкости, стационарных тепловых полей, процессов теплопередачи с внутренними источниками тепла и т. д.

Для простоты будем рассматривать в качестве области D единичный квадрат:

$$D = \{(x, y) \in R^2: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}.$$

Функции f и g определим следующим образом:

$$(x, y) = 0, \quad (x, y) \in D,$$

$$\begin{aligned}(x,0)&=1-2x, \\ (0,y)&=1-2y, \\ (x,1)&=-1+2x, \\ (1,y)&=-1+2y.\end{aligned}$$

График решения $u(x,y)$ в данном случае будет представлять собой гиперболический параболоид (седло).

ИДЗ №3. Решение задач нестационарной теплопроводности с помощью явных и неявных разностных схем в MATLAB.

Задание. Выполнить реализацию сеточных алгоритмов решения краевых задач.

Варианты заданий:

1. Апельсины в течение короткого времени могут выдерживать отрицательные температуры. Предположим, что апельсин диаметром 0,1 м ($\lambda=0,47$ Вт/(м·град), $c=3800$ Дж/(кг·град), $\rho=940$ кг/м³) имеет начальную температуру +5 °С. Температура воздуха внезапно падает до –5 °С. Построить математическую модель для определения момента времени, когда температура поверхности апельсина достигнет 0 °С. Коэффициент теплоотдачи от апельсина к воздуху равен 10 Вт/(м²·град). Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
2. Начальная температура хлорвинилового шарика ($\lambda=0,15$ Вт/(м·град), $\alpha=8 \cdot 10^{-8}$ м²/с) диаметром 5 см равна 90 °С. Он погружается в бак с водой, имеющей температуру 20 °С. Коэффициент теплоотдачи от шарика в воде 20 Вт/(м²·град). Построить математическую модель процесса охлаждения шарика. Найти время пребывания шарика в воде, по истечении которого температура в его центре достигнет 40 °С. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
3. Длинный алюминиевый ($\lambda=236$ Вт/(м·град), $\alpha=10^{-4}$ м²/с) цилиндр диаметром 0,6 м имеет начальную температуру 200 °С. Его внезапно помещают в среду с температурой 70 °С и коэффициентом теплоотдачи 85 Вт/(м²·град). Построить математическую модель процесса охлаждения цилиндра. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров сетки.
4. Лист оконного стекла имеет толщину 4 мм. Температура одной поверхности 0 °С, а другой – +20 °С. Найти распределение температуры по толщине стекла через заданное время, если температура за окном упала до –10 °С. Записать математическую постановку задачи. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различной плотности узлов вычислительной сетки.
5. Стенка большой печи толщиной 1,5 см изготовлена из чугуна ($\lambda=83,5$ Вт/(м·град), $\alpha=22 \cdot 10^{-6}$ м²/с). Температура горячего газа 1100 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности стенки 250 Вт/(м²·град). Наружная поверхность печи окружена воздухом с температурой 30 °С и коэффициентом теплоотдачи 20 Вт/(м²·град). Записать постановку задачи теплопроводности для стенки и найти распределение температур в ней. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
6. Определить конечное распределение температуры в обручальном кольце с радиусами $R=2,0$ см и $r=1,8$ см, если температура в помещении 20 °С, а температуру тела человека можно принять равной 36,6 °С. Реализовать численный метод решения

задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки. $\alpha = 126 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

7. Бетонный цилиндр диаметром 10 см и длиной 2,5 м имеет начальную температуру 90 °С. Он охлаждается в воздухе при температуре 10 °С. Коэффициент теплоотдачи от бетона к воздуху 18 Вт/(м²·град). Найти распределение температур в цилиндре с течением времени. Определить время, за которое температура в центре цилиндра достигнет 30 °С. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
8. Нужно нагреть кусок алюминиевой проволоки, пропуская по ней электрический ток. Диаметр проволоки 1 мм, длина 10 см, электрическое сопротивление 0,2 Ом. По ней пропускается постоянный ток силой 1 А в течение 60 с. Начальная температура проволоки 25 °С. Проволока находится в воздухе с температурой 25 °С и коэффициентом теплоотдачи 20 Вт/(м²·град). Найти распределение температуры в проволоке с течением времени. Записать математическую формулировку задачи. Пояснение: объемная интенсивность внутренних источников тепловыделения при пропускании электрического тока = сила тока·сила тока·омическое сопротивление/объем. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
9. Электродетонатор имеет форму цилиндра диаметром 0,1 мм и длиной 5 мм. Он находится в воздухе с температурой 30 °С и коэффициентом теплоотдачи 10 Вт/(м²·град). Теплофизические свойства детонатора: $\lambda = 20 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$, $\alpha = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, электрическое сопротивление 0,2 Ом. Пренебрегая излучением и утечками тепла в креплениях на концах детонатора, определить время, по истечении которого детонатор взорвется, если по детонатору пропускать постоянный ток силой 3 А. Пояснение: объемная интенсивность внутренних источников тепловыделения при пропускании электрического тока = сила тока·сила тока·омическое сопротивление/объем. Температура плавления материала детонатора 900 °С. Записать математическую постановку задачи. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.
10. Начальная температура длинной стальной балки с сечением квадрата единичной длины равна 40 °С. Определить распределение температуры тела через 100 с, если на боковых границах задать следующие граничные условия: при $X=0$: $T=20$; при $X=1$: $T=10$; при $Y=0$: $T=10$; при $Y=1$: $T=10$. Записать математическую постановку задачи. Реализовать численный метод решения задачи. Написать программу и провести ее тестирование для различных размеров вычислительной сетки.

ИДЗ №4. Моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB.

1. Формирование выборки случайных чисел с равномерным распределением в заданном интервале.
2. Формирование выборки случайных чисел с экспоненциальным распределением.
3. Формирование нормально распределенных случайных чисел по методу Бокса-Маллера.
4. Формирование выборки случайных чисел, соответствующей нормальному распределению, с помощью центральной предельной теоремы.

ИДЗ №5. Дискретно – событийное моделирование в AnyLogic. Моделирование колебательного процесса.

ИДЗ №6. Агентное моделирование в AnyLogic. Построение динамической модели реализации продукции.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий		
УК-1.1: Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	УК-1.2: Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	<i>Теоретические вопросы</i> 1. Построение статистических зависимостей в MS Excel. 2. Множественный корреляционный и регрессионный анализ в MS Excel. 3. Проверка применимости эмпирических моделей в MS Excel. 4. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Основы визуального моделирования динамических систем. 5. Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave. 6. Основы визуального моделирования динамических систем. 7. Система имитационного моделирования AnyLogic. Общие сведения о системе моделирования. Этапы имитационного моделирования в AnyLogic. 8. Система имитационного моделирования AnyLogic. Основные концепции, реализуемые AnyLogic. 9. Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud). 10. Этапы построения R-моделей. <i>Практические задания</i> 1. Построение статистических зависимостей в MS Excel. 2. Решение оптимизационных задач в MATLAB. 3. Моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB. 4. Дискретно – событийное моделирование в AnyLogic. 5. Построение R-моделей.
УК-1.2: Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению		
УК-1.3: Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения		

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла		
УК-2.1: Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	<i>Теоретические вопросы</i> 1. Построение статистических зависимостей в MS Excel. 2. Множественный корреляционный и регрессионный анализ в MS Excel. 3. Проверка применимости эмпирических моделей в MS Excel. 4. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Основы визуального моделирования динамических систем. 5. Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave. 6. Основы визуального моделирования динамических систем. 7. Система имитационного моделирования AnyLogic. Общие сведения о системе моделирования. Этапы имитационного моделирования в AnyLogic. 8. Система имитационного моделирования AnyLogic. Основные концепции, реализуемые AnyLogic. 9. Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud). 10. Этапы построения R-моделей. <i>Практические задания</i> 1. Построение статистических зависимостей в MS Excel. 2. Решение оптимизационных задач в MATLAB. 3. Моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB. 4. Дискретно – событийное моделирование в AnyLogic. 5. Построение R-моделей.	
УК-2.2: Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения		
УК-2.3: Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы		
УК-2.4: Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта		
УК-2.5: Предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта		

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Программирование при создании цифровых двойников» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.