



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  
Д.В. Терентьев

09.03.2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Металлургия

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  
2021 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов  
09.03.2021, протокол № 1

Зав. кафедрой  М.И. Румянцев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭПиОО  
09.03.2021 г. протокол № 1

Председатель  Д.В. Терентьев

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ВТиП, канд. техн. наук  А.Н. Калитаев

Рецензент:  
доцент кафедры ВТиП, канд. физ.-мат. наук  А.С.  
Файнштейн

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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, выработать 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 академических часов, в том числе:

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

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических 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		4/2И	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		4/2И	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		4/2И	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			6		12/6И	4			
2. Программирование в Matlab / Octave									
2.1	Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave.	2	2		4/2И	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		4/2И	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		8/4И	4			
3. Программирование в AnyLogic									
3.1	Основные концепции имитационного моделирования, реализуемые AnyLogic	2	2		4/2И	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 AnyLogic	2		4/2И	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		8/4И	4			
4. Технология Data Mining и программирование на языке								
4.1	Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud)	2		4/0,4И	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		8/0,4И	3,1			
Итого за семестр		18		36/14,4И	15,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18		36/14,4И	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 лично-значимого для них образовательного результата.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция-провокация (изложение материала с заранее за-планированными 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 (модуля)**

### **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
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>

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

$$10x - y \leq 8$$

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

$$x \geq 0 \quad y \geq 0$$
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  $x^2$ . 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  $R^2$ ,  $\partial D$  – 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:

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

$$(x, 0) = 1 - 2x,$$

$$(0, y) = 1 - 2y,$$

$$(x, 1) = -1 + 2x,$$

$$(1, y) = -1 + 2y.$$

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/м<sup>3</sup>) 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/(м<sup>2</sup>·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),  $\alpha=8 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/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/(м<sup>2</sup>·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),  $\alpha=10^{-4}$  м<sup>2</sup>/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/(м<sup>2</sup>·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),  $\alpha=22 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с). Температура горячего газа 1100 °С. Коэффициент конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности стенки 250 Вт/(м<sup>2</sup>·град). Наружная поверхность печи окружена воздухом с температурой 30 °С и коэффициентом теплоотдачи 20 Вт/(м<sup>2</sup>·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.  $\alpha=126 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/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/(м<sup>2</sup>·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/(м<sup>2</sup>·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/(м<sup>2</sup>·град). Теплофизические свойства детонатора:  $\lambda=20$  Вт/(м·град),  $\alpha =5\cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/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
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>		
УК-1.1: Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними		<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение статистических зависимостей в MS Excel.</li> <li>2. Множественный корреляционный и регрессионный анализ в MS Excel.</li> <li>3. Проверка применимости эмпирических моделей в MS Excel.</li> <li>4. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Основы визуального моделирования динамических систем.</li> <li>5. Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave.</li> <li>6. Основы визуального моделирования динамических систем.</li> <li>7. Система имитационного моделирования AnyLogic. Общие сведения о системе моделирования. Этапы имитационного моделирования в AnyLogic.</li> <li>8. Система имитационного моделирования AnyLogic. Основные концепции, реализуемые AnyLogic.</li> <li>9. Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud).</li> <li>10. Этапы построения R-моделей.</li> </ol>
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		<p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение статистических зависимостей в MS Excel.</li> <li>2. Решение оптимизационных задач в MATLAB.</li> <li>3. Моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB.</li> <li>4. Дискретно – событийное моделирование в AnyLogic.</li> <li>5. Построение R-моделей.</li> </ol>
<b>УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>		

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
УК-2.1: Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления		<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение статистических зависимостей в MS Excel.</li> <li>2. Множественный корреляционный и регрессионный анализ в MS Excel.</li> <li>3. Проверка применимости эмпирических моделей в MS Excel.</li> <li>4. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Основы визуального моделирования динамических систем.</li> <li>5. Основные концепции моделирования процессов и систем в Matlab / Octave.</li> <li>6. Основы визуального моделирования динамических систем.</li> <li>7. Система имитационного моделирования AnyLogic. Общие сведения о системе моделирования. Этапы имитационного моделирования в AnyLogic.</li> <li>8. Система имитационного моделирования AnyLogic. Основные концепции, реализуемые AnyLogic.</li> <li>9. Основы языка R. Среда RStudio (RStudio Cloud).</li> <li>10. Этапы построения R-моделей.</li> </ol> <p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение статистических зависимостей в MS Excel.</li> <li>2. Решение оптимизационных задач в MATLAB.</li> <li>3. Моделирование непрерывных случайных величин с заданным законом распределения в MATLAB.</li> <li>4. Дискретно – событийное моделирование в AnyLogic.</li> <li>5. Построение R-моделей.</li> </ol>
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.