

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет	информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра	интеллектуальных систем и информационной безопасности



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной
работе

Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровые двойники предприятий

(наименование дисциплины)

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

(код, наименование специальности)

"Искусственный интеллект и цифровые двойники предприятий"

(магистерская программа)

Квалификация магистр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины «Цифровые двойники предприятий» является освоение технологий цифровых двойников, как систем комплексного многопараметрического моделирования различных продуктов, производственных процессов и систем, а также получение навыков практического использования результатов моделирования.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование навыков моделирования продуктов, производственных процессов и систем;
- приобретение знаний: о цифровых двойниках и принципах их практического применения и о различных видах моделирования, используемых при построении цифровых двойников;
- приобретение умений построения различных видов моделирования, используемых при построении цифровых двойников.

Дисциплина направлена на формирование профессиональной (ПК-4) компетенции выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит обязательную часть БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по специальности 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (Искусственный интеллект и цифровые двойники предприятий).

Дисциплина реализуется кафедрой интеллектуальных систем и информационной безопасности. Основывается на базе дисциплин из цикла подготовки бакалавров и специалистов.

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Математические модели технологических процессов», «Выполнение и защита выпускной квалификационной работы».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с научно-исследовательской работы.

Курс является фундаментом для ориентации студентов в сфере научных исследований.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ч.), практические (36 ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ч.).

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Цифровые двойники предприятий» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен руководить проектами по созданию комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях	ПК-4	ПК-4.1. Осуществляет руководство проектом по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		1
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольным работам	-	-
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	9	9
Подготовка к экзамену (диф.зачету)	18	18
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 3 темы:

- тема 1 (Цифровые двойники как способ преодоления сложности инженерных систем);
- тема 2 (Объединение цифровых двойников в комплексных объектах и их взаимодействие);
- тема 3 (Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной формы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Цифровые двойники как способ преодоления сложности инженерных систем	Цифровые двойники – определения, стандарты. Описание объекта цифровизации. Технологии математического моделирования и цифровых теней. ЦД, облака и периферийные вычисления. ЦД и блокчейн	2 2 6 2	Выбор предметной области для исследований. Анализ существующих инструментов создания ЦД. Анализ аддитивных технологий. Знакомство с математическими моделями для ЦД.	2 4 4 6	–	–
2	Объединение цифровых двойников в комплексных объектах и их взаимодействие	Типология цифровых двойников. MVC model-view-controller). Элементы модели. Методология Имитационного моделирования: концептуальное и процессное, онтологическое, агентное. ЦД как интеграция этапов жизненного цикла изделия. Технологии взаимодействия цифровых двойников с объектами и процессами реального мира. Интерпретация результатов моделирования. Датчики и системы измерений.	4 4 8	Изучение модели MVC (model-view-controller). Разработка концептуальной модели ЦД. Разработка онтологической модели ЦД. Разработка агентной модели ЦД. Разработка модели взаимодействия ЦД с реальными объектами и процессами.	4 4 4 4 4	–	–

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях	Цифровые двойники в автомобильной промышленности, железнодорожном транспорте, судостроении. Цифровые двойники в здравоохранении и медицине. Тестирование цифровых двойников.	10	—	—	—	—
Всего аудиторных часов			36	-		36	

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-4	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– лабораторные работы – всего 100 баллов.

Экзаменационная оценка проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Цифровые двойники предприятий» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.5), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Реферат (индивидуальное задание) не предусмотрен..

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. Цифровые двойники как способ преодоления сложности инженерных систем.

- 1) Что такое цифровой двойник системы или процесса?
 - а) Виртуальная модель системы или процесса, созданная на основе данных с реальных объектов
 - б) Копия реальной системы или процесса, созданная в цифровом формате
 - в) Модель системы или процесса, созданная без использования данных с реальных объектов
 - г) Виртуальный ассистент, который управляет системой или процессом
- 2) Какие задачи можно решать с помощью цифровых двойников?
 - а) Мониторинг состояния системы или процесса
 - б) Прогнозирование поведения системы или процесса
 - в) Оптимизация работы системы или процесса
 - г) Все перечисленные
- 3) Какие преимущества имеют цифровые двойники?
 - а) Улучшение эффективности работы системы или процесса
 - б) Снижение затрат на тестирование и отладку
 - в) Улучшение качества продукции или услуг
 - г) Все перечисленные
- 4) Какие этапы включает процесс создания цифрового двойника?
 - а) Сбор данных
 - б) Обработка данных
 - в) Создание модели
 - г) Все перечисленные
- 5) Что такое виртуальное тестирование?
 - а) Тестирование цифрового двойника на основе различных сценариев работы системы или процесса
 - б) Тестирование реальной системы или процесса в виртуальной среде

- в) Тестирование цифрового двойника на основе данных с реальных объектов
- г) Тестирование цифрового двойника на основе математических моделей
- б) Какие задачи можно решать с помощью виртуального тестирования?
- а) Определение оптимальных параметров работы системы или процесса
- б) Проверка работоспособности системы или процесса в различных условиях
- в) Определение причин возникновения проблем в работе системы или процесса
- г) Все перечисленные
- 7) Какую информацию можно хранить в цифровом двойнике системы?
- а) Только данные о состоянии системы.
- б) Только данные о производительности системы.
- в) Данные о состоянии, производительности и конфигурации системы.
- г) Данные о состоянии и конфигурации системы.
- 8) Какие технологии используются для создания цифровых двойников систем?
- а) Интернет вещей (IoT)
- б) Искусственный интеллект (ИИ)
- в) Облачные вычисления
- г) Все вышеперечисленное
- 9) Какую информацию можно хранить в цифровом двойнике процесса?
- а) Только данные о результате процесса.
- б) Только данные о времени выполнения процесса.
- в) Данные о результате, времени выполнения и параметрах процесса.
- г) Данные о результате и параметрах процесса.

Тема 2. Объединение цифровых двойников в комплексных объектах и их взаимодействие.

- 1) Каким образом цифровой двойник системы может помочь в оптимизации производства?
- а) Предсказывать и предотвращать возможные сбои и остановки в работе оборудования.
- б) Анализировать и оптимизировать потоки производственных процессов.
- в) Улучшать планирование производства и управление ресурсами.
- г) Все вышеперечисленное.
- 2) Какая технология используется для связи цифровых двойников с другими системами и устройствами?
- а) Протоколы связи
- б) Большие данные (Big Data)
- в) Облачные вычисления
- г) Блокчейн
- 3) Какая технология используется для обмена данными между цифровыми двойниками и физическими объектами в режиме реального

времени?

- а) MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)
- б) REST (Representational State Transfer)
- в) OPC UA (Unified Architecture)
- г) SOAP (Simple Object Access Protocol)

3) Какой подход к интеграции цифровых двойников предполагает использование стандартизированных протоколов и форматов данных?

- а) Гибридная интеграция.
- б) Односторонняя интеграция.
- в) Взаимосвязанная интеграция.
- г) Синхронная интеграция.

4) Какие методы машинного обучения наиболее часто используются в вычислительном моделировании?

- а) Регрессия, классификация, кластеризация и анализ временных рядов.
- б) Обучение без учителя, обучение с подкреплением, глубокое обучение.
- в) Детерминированные методы, стохастические методы, эволюционные алгоритмы.
- г) Методы оптимизации, методы имитационного моделирования, методы статистического моделирования.

4). Что такое MATLAB?

- а) Учебное пособие
- б) Программа для моделирования систем
- в) Функция
- г) Мультипарадигменная вычислительная среда

5) Что из перечисленного является полем для ввода команд?

- а) Current Folder
- б) Command Window
- в) Workspace
- г) World Frame

Тема 3. Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях.

1) Какие отрасли могут использовать цифровые двойники систем и процессов?

- а) Производство
- б) Транспорт и логистика
- в) Здравоохранение
- г) Все вышеперечисленное

2) Каким образом используются цифровые двойники в здравоохранении?

- а) для составления отчетов
- б) для диагностики заболеваний
- в) при производстве новых лекарств

3) Каким образом используются цифровые двойники в металлургии?

- а) при управлении сложными технологическими процессами

- б) при моделировании работы автоматизированных систем управления
 - в) при расчетах параметров процессов
 - г) всё вышеперечисленное
- 4) Каким образом используются цифровые двойники в транспорте и логистике?
- а) для управления транспортными потоками в городе
 - б) для управления автомобилями и поездами
 - в) для составления плана перевозок
 - г) всё вышеперечисленное
- 5) Каким образом используются цифровые двойники в образовании?
- а) для составления расписания занятий
 - б) для формирования учебной документации
 - в) для управления индивидуальной траекторией обучения обучающихся
 - г) всё вышеперечисленное

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Что такое цифровой двойник предприятия?
- 2) Что такое цифровой двойник оборудования?
- 3) Что такое цифровой двойник технологического процесса?
- 4) Какие инжиниринговые инструменты для создания цифровых двойников Вы знаете?
- 5) В чем состоит оптимизация изделия?
- 6) Что такое аддитивные технологии?
- 7) Какие Вы знаете технологии математического моделирования и цифровых теней?
- 8) Для чего нужны облака и периферийные вычисления?
- 9) Что такое блокчейн?
- 10) Как устроена модель MVC (model-view-controller)?
- 11) В чем состоит процедура разработки модели MVC для ЦД?
- 12) В чем состоит методология имитационного моделирования?
- 13) Что такое концептуальное моделирование?
- 14) Какие виды концептуальных моделей Вы знаете?
- 15) В чем состоит процедура разработки концептуальной модели ЦД?
- 16) Что такое процессное моделирование?
- 17) В чем состоит процедура разработки процессной модели ЦД?
- 18) Что такое онтологическое моделирование?
- 19) В чем состоит процедура разработки онтологической модели ЦД?
- 20) Что такое имитационное моделирование?
- 21) В чем состоит процедура разработки имитационной модели ЦД?
- 22) Какие виды математических моделей применимы в ЦД?
- 23) Что такое агентное моделирование?

- 24) Что такое мультиагентное моделирование?
- 25) Что представляет собой ЦД как интеграция этапов жизненного цикла изделия?
- 26) Какие технологии взаимодействия цифровых двойников с объектами и процессами реального мира Вы знаете?
- 27) В чем состоит интерпретация результатов моделирования?
- 28) Какие используются датчики и системы измерений?
- 29) Какие Вы знаете примеры применения цифровых двойников в промышленности?
- 30) Как проводится тестирование цифровых двойников?

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Прохоров, А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, М. Лысачев. Научный редактор профессор Боровков А. / Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил. URL: <https://digitalatom.ru/digital-twin-book?ysclid=lyb966213c277212023>. (Дата обращения 26.08.2024)

Дополнительная литература

2. ПНСТ 428-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Элементы визуализации цифровых двойников производства. – М. Стандартиформ, 2020. – 8 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293719/4293719550.pdf>. (Дата обращения 26.08.2024)

3. ПНСТ 429-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения. – М. Стандартиформ, 2020. – 12 с. URL: <https://gostassistant.ru/doc/25c9e3da-84b3-4691-ba82-dc5278b28385>. (Дата обращения 26.08.2024)

4. ПНСТ 430-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 2. Типовая архитектура. – М. Стандартиформ, 2020. – 16 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293719/4293719583.pdf>. (Дата обращения 26.08.2024)

5. ПНСТ 431-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 3. Цифровое представление физических производственных элементов. – М. Стандартиформ, 2020. – 16 с. URL: <https://gostassistant.ru/doc/c6c2f3af-b026-4bda-8efd-8103e79b33a5>. (Дата обращения 26.08.2024)

6. ПНСТ 431-2020 Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 4. Обмен информацией. – М. Стандартиформ, 2020. – 20 с. URL: https://rosghosts.ru/file/gost/25/040/pnst_431-2020.pdf. (Дата обращения 26.08.2024)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст : электронный.

5. Сайт кафедры ИСИБ <http://scs.dstu.education>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная аудитория. (60 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная – 20 шт., стол– 1 шт., доска аудиторная– 1 шт.), учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийная стойка с оборудованием – 1 шт., широкоформатный экран.</i> Аудитории для проведения лекций: <i>Компьютерные классы (22 посадочных места), оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС: ПК– 11 шт.; интерактивная доска – 1 шт.</i>	ауд. <u>207</u> корп. <u>4</u> ауд. <u>208</u> корп. <u>4</u>

Лист согласования рабочей программы дисциплины

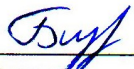
Разработал:

и.о. заведующего кафедрой

интеллектуальных систем

и информационной безопасности

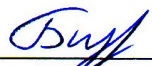
(должность)


(подпись)Е.Е. Бизянов
Ф.И.О.)_____
(должность)_____
(подпись)_____
Ф.И.О.)_____
(должность)_____
(подпись)_____
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой

интеллектуальных систем

и информационной безопасности


(подпись)Е.Е. Бизянов
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры ИСИБ от 27.08.2024 г

И.о. декана факультета


(подпись)В.В. Дьячкова
Ф.И.О.)

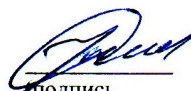
Согласовано:

Председатель методической
комиссии по направлению 09.04.01

«Информатика и вычислительная техника»


(подпись)Е.Е. Бизянов
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)О.А. Коваленко
Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	