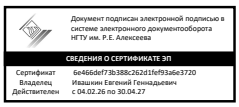
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии (ПИШ)
(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ПИШ
_____А.В. Тумасов
(подпись)
«01» мая 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.2.2 Цифровые двойники в атомной отрасли

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки магистров

Направление подготовки : 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность: Системный анализ и проектирование открытых информационных систем

Форма обучения: очная
Год начала подготовки 2026

Выпускающая кафедра ВСТ

Кафедра-разработчик ГИС

Объем дисциплины 108/3
часов/з.е
Промежуточная аттестация зачет

Разработчик: Филинских А.Д.., заведующий кафедрой ГИС, к.т.н., доцент

Нижний Новгород, 2026 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 918 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 22.01.26 № 26

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 24.03.2026 № 2

Зав. кафедрой к.т.н, доцент, Филинских А.Д _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению Ученым советом ПИШ протокол от 30.04.2026 № 4

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ _____ № 09.04.01-са-24
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ ... **3**

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ... **4**

1.1. Цель освоения дисциплины: ... 4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): ... 4

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ... **4**

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) **4**

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ... **7**

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам ... 7
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам ... 8

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ... **10**

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности ... 10
5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания ... 10

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ... **13**

6.1. Учебная литература ... 13
6.2. Справочно-библиографическая литература. ... 13
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям ... 13
6.3.1. Учебно-методическое пособие «Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине “Цифровые двойники в атомной отрасли”»: ... ***Ошибка! Закладка не определена.***

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ... **14**

7.1. Перечень информационных справочных систем ... 14
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины ... 14

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ ... **16**

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ... **17**

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ ... **18**

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии ... 18
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа ... 18
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах ... 19
10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся ... 19

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ... **20**

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости ... 20
11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ ... *20*
11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена ... *20*
11.1.3. Типовые тестовые задания для текущего контроля ... *21*

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование профессиональных компетенций в области проектирования, внедрения и эксплуатации цифровых двойников для объектов атомной отрасли, обеспечивающих повышение ядерной и радиационной безопасности, а также оптимизацию процессов на всех этапах жизненного цикла сложных инженерных сооружений.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- Изучение нормативно-правовой базы;
- Освоение методов многофизичного моделирования;
- Разработка систем предиктивного мониторинга;
- Анализ информационной безопасности;
- Интеграция с PLM-системами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Цифровые двойники в атомной отрасли» включена в вариативную часть образовательной программы - Блок 1 (Б1.В.ДВ.2.2). Дисциплина изучается на 2 курсе в 1 семестре. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе обучения по программе бакалавриата, а также дисциплинах учебного плана: Технологии разработки цифровых двойников, Иммерсивные технологии, Методы имитационного моделирования.

Дисциплина «Цифровые двойники в атомной отрасли» является основополагающей для прохождения практик и написания выпускной-квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1. Формирование компетенций дисциплинам

ПК-4	Способен настраивать и администрировать аппаратно-программные платформы открытых информационных систем	Семестр
Б1.В.ДВ.2.2	Цифровые двойники в атомной отрасли	3
Б1.В.ДВ.1.2	Технологии разработки цифровых двойников	3
Б1.В.ОД.6	Иммерсивные технологии	3
ФТД.1	Администрирование Astra Linux	1
ФТД.3	Цифровая схемотехника	1
ФТД.4	Интегрированные измерительно-управляющие системы	3
Б2.П.4	Преддипломная	4
Б3.Д.1	Выполнение и защита ВКР	4

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**			**Оценочные средства**	
					Текущего контроля	**Промежуточной аттестации**
ПК-4 Способен настраивать и администрировать аппаратно-программные платформы открытых информационных систем	ИПК-4.1. Настраивает и администрирует аппаратное обеспечение открытых информационных систем ИПК-4.2. Настраивает и администрирует программное обеспечение открытых информационных систем	**Знать:** — Технологии настройки систем моделирования 3D объектов, — Методы работы программ по созданию цифровых двойников; — Способы управления цифровыми двойниками и связи их с физическими объектами.	**Уметь:** – Настраивать программное и аппаратное обеспечение систем разработки цифровых двойников; – Визуализировать цифровые двойники.	**Трудовые действия (по ПС и ТФ 06.022 С/01.6):** – Выявление и формализация целей заинтересованных сторон, проблем, решаемых построением Системы, и рамок автоматизации	Отчеты по лабораторным работам, вопросы для контроля по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты (30 вопросов)

Профессиональный стандарт: 06.022 «Системный аналитик»

Вид проф.деятельности: Исследования и проектирование для координации создания информационно-технологических (далее - ИТ) систем и продуктов и управления ими

Цель проф.деятельности: Обеспечение соответствия ИТ-сервиса, автоматизированной системы, автоматизированной информационной системы, автоматизированной системы управления, программного, информационного продукта или средства (далее - Система) окружению, исходным требованиям и ограничениям, целям автоматизации и автоматизированной деятельности путем разработки и передачи качественных и взаимоувязанных проектных решений заинтересованным сторонам при запуске и координации работ отдельных исполнителей на всем жизненном цикле Системы

Трудовая функция(ПК-4): С «Концептуально-логическое проектирование Системы и сопровождение разработанных проектных решений»
Вид трудовой деятельности (ПК-4): С/01.6 Выявление требований к Системе и проектных решений по Системе

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. 108 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	**В т.ч. по семестрам**
		3 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	**108**	**108**
1. Контактная работа:	**55**	**55**
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	**51**	**51**
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)		
лабораторные работы (ЛР)	34	34
1.2. **Внеаудиторная, в том числе**	**4**	**4**
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	**53**	**53**
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	53	53
Подготовка к экзамену (контроль)		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 семестр									
ПК-4. ИПК-4.1 Настраивает и администрирует аппаратное обеспечение открытых информационных систем ИПК-4.2 Настраивает и администрирует аппаратное обеспечение открытых информационных систем	**Раздел 1.** Специфика и нормативное регулирование ЦД в атомной энергетике								
	Лекция 1: Цифровой суверенитет и стратегии цифровизации атомной отрасли. Роль цифровых двойников в обеспечении безопасности ОИАЭ	1			1	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лекция 2: Нормативная база: стандарты МАГАТЭ и ГОСТ Р в области создания высокоточных моделей для АЭС. Понятие верификации и аттестации программных средств	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лабораторная работа 1: Анализ требований к цифровым двойникам критически важной инфраструктуры. Работа с отраслевыми классификаторами данных.		4		4	Подготовка отчета по ЛР			
	Раздел 2. Многофизичное моделирование и инженерные расчеты								
	Лекция 3: Интеграция инженерных кодов в структуру ЦД. Принципы работы с системами класса CAE	2			2				
	Лекция 4: Моделирование тепломассообмена и нейтронно-физических процессов в реальном времени. Сложности синхронизации тяжелых расчетов с визуализацией	2			2				
	Лабораторная работа 2: Создание расчетной модели теплообменного узла. Сопряжение расчетного модуля с графической оболочкой		6		6				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	в Unity								
	Раздел 3. Предиктивная аналитика и управление состоянием оборудования								
	Лекция 5: Системы мониторинга и вибродиагностики оборудования АЭС. Применение методов машинного обучения для поиска аномалий в данных телеметрии	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2,			
	Лекция 6: Оценка остаточного ресурса и моделирование сценариев вывода из эксплуатации. Управление жизненным циклом (PLM) через цифровой двойник	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лабораторная работа 3: Разработка алгоритма диагностики «зависимых отказов» на C#. Визуализация зон риска на 3D-модели установки		10		10				
	Раздел 4. Безопасность и защищенные интерфейсы								
	Лекция 7: Кибербезопасность индустриальных ЦД. Протоколы защищенной передачи данных на режимных объектах	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лекция 8: Проектирование ситуационных центров. Принципы построения интерфейсов поддержки принятия решений для операторов АЭС	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лекция 9: Перспективы: объединение ЦД отдельных энергоблоков в единую сеть мониторинга генерирующей компании	2			2	Конспектирование и изучение литературы табл. 6.1 [1,3], 6.2			
	Лабораторная работа 4: Прототип системы мониторинга узла реакторного зала. Реализация защищенного канала данных и предиктивной логики		14		16	Доработка проекта. Подготовка отчета по ЛР			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	**17**	**34**	**0**	**53**				
	ИТОГО по дисциплине	**17**	**34**	**0**	**53**				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: выполнение лабораторных работ по темам курса, устное собеседование при защите лабораторных работ.

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета предоставляется студентам в электронном виде.

Пример типового билета, содержащего два вопроса, для проведения промежуточной аттестации:

1. Роль и место цифровых двойников в стратегии цифровизации атомной отрасли РФ.
2. Понятие жизненного цикла АЭС и задачи ЦД на этапах проектирования, строительства и эксплуатации.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая/традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания приведены в таблице 5.

Таблица 5

Шкала оценивания	**Экзамен**
40<R<=50	Отлично
30<R<=40	Хорошо
20<R<=30	Удовлетворительно
O<R<=20	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по системе «зачет», «незачет».

.

Таблица 6. Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Критерии оценивания результатов обучения**			
		Оценка «неудовлетворительно»/ **«не зачтено»** 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / **«зачтено»** 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / **«зачтено»** 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / **«зачтено»** 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-4. Способен настраивать и администрировать аппаратно-программные платформы открытых информационных систем	ИПК-4.1 Настраивает и администрирует аппаратное обеспечение открытых информационных систем ИПК-4.2. Настраивает и администрирует программное обеспечение открытых информационных систем	Материал изложен бессистемно; не освоены принципы создания ЦД в атомной отрасли; отсутствуют навыки настройки ПО для работы с инженерными расчетами и данными безопасности; неумение делать выводы	Фрагментарные знания лекционного курса; изложение неполное; допускаются существенные ошибки в вопросах верификации моделей для ОИАЭ, исправляемые с помощью преподавателя	Знает материал на хорошем уровне; понимает специфику выбора способов достижения целей при работе с критически важными проектами; имеет навыки разработки ЦД и настройки специализированного ПО для атомной отрасли	Глубокие системные знания структуры дисциплины; свободное владение методами интеграции расчетных кодов в ЦД; изложение знаний полное; ошибки отсутствуют или исправляются самостоятельно

Таблица 7. Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку **«отлично»** заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку **«хорошо»** заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку **«удовлетворительно»** заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку **«неудовлетворительно»** заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература

6.1.1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. — М.: Альпина Паблишер, 2020. — 206 с. (Основы концепции).

6.1.2. Острейковский В. А. Безопасность атомных станций: учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 2017. — 256 с. (Для понимания логики систем мониторинга).

6.1.3. Абрамов А. А. Цифровизация атомной отрасли: от автоматизации к цифровым двойникам. — М.: Техносфера, 2022. — 180 с.

6.1.4. Томчинская Т.Н. Моделирование архитектурных объектов на базе инструментальной среды MAYA : Учеб.пособие / Т.Н. Томчинская; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. - Н.Новгород : [Изд-во НГТУ], 2017. - 74 с. : ил. - Библиогр.:с.74. - ISBN 978-5-502-00881-5 : 80-00.

6.1.5. Иванова Г.С.Программирование : Учебник / Г.С. Иванова. - 4-е изд.,стер. - М. : Кнорус, 2017. - 426 с. : ил. - (Бакалавриат). - Библиогр.:с.426. - ISBN 978-5-406-05768-1 : 510-00.

6.1.6. Тарасов А. Г. Имитационное моделирование сложных технических систем: Учебное пособие. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. — 124 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература.

6.2.1. ГОСТ Р 59138—2020. Умное производство. Двойники цифровые промышленных изделий. Общие положения. — М.: Стандартинформ, 2020.

6.2.2. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. (Ключевой стандарт РФ).

6.2.3. Единая цифровая стратегия Госкорпорации «Росатом» (ЕЦС). Основные положения и направления развития. [Электронный ресурс].

6.2.4. Блохин И. Г. Верификация и аттестация программных средств для моделирования объектов использования атомной энергии. — М.: НТЦ ЯРБ, 2019.

6.2.5. Кувшинов Д. Р. Основы программирования на языке C#: учебное пособие для вузов. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 104 с.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Цифровые двойники в атомной отрасли» в электронном варианте отправляются на электронные адреса групп.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине:

1. ЛОГОС
2. AnyLogic
3. Astra Linux
4. SimInTech

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
1. Microsoft Windows 7, MS SQL Server, Microsoft Visual Studio Professional (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18) 2. Dr.Web 2026 (с/н SRBK-Z197-67LX-4N3W до 02.06.2027 г.) 3. Microsoft Office Professional Plus 2010 (договор № Us000137от 30.07.12)	Adobe Reader, Blender, NetBeans IDE, Visual Studio Code, Unity Hub, Git, IntelliJ IDEA, Java SE Development kit 10, Opera, Google Chrome, Yandex browser, Mozilla Firefox, Notepad++, 7zip file manager, PostgreSQL, XAMPP, XnView.

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы и т.д.

Таблица 10. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost //home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» https://www.nntu.ru/sveden/accenv/

Таблица 11. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 12. Оснащенность аудитории для самостоятельной работы студентов

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3	4
1	6564 Лаборатория иммерсивных технологий; г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12 к.6	1. Компьютер для проведения лабораторных работ (i7 12700, RTX 3080, 16 GB ОЗУ) - 4 шт. 2. Компьютер разработчика (i7 12700, RTX 4080, 32 GB ОЗУ) - 4 шт. 3. Ноутбук HP Omen 16-c0057ur (Ryzen 7 5800H, 16GB, RTX 3070) в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету – 3 шт. 4. Комплект системы виртуальной реальности HTC Vive Pro, проводной – 4 шт. 5. Шлем виртуальной реальности HP Reverb G2, проводной - 2 шт. 6. Шлем виртуальной реальности Pico Neo 3 Pro, беспроводной – 2 шт. 7. Шлем виртуальной реальности Pico Neo 4, беспроводной – 2 шт. 8. Интерактивная панель 65'' INFOCUS JTOUCH D114 – 1 шт. 9. Телевизор LG 43'' 43UQ75006LFARUB – 5 шт. 10. Плоттер HP DesignJet – 1 шт. 11. 3D принтер R750-01 - 1 шт.	1. Microsoft Windows 10 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/КМР от 15.10.18), Dr.Web 2026 (с/н SRBK-Z197-67LX-4N3W до 02.06.2027 г.), P7 office (С/н 5260001439), Adobe Acrobat Reader DC-Russian (Прориетарное ПО), 7-zip (Свободное ПО, GNU LGPL), Yandex Browser (свободное ПО), Unity Hub (Свободное ПО), Epic Games Store (Свободное ПО), SteamVR (Свободное ПО). Unreal Engine (Свободное ПО), Виртуальная лабораторная работа: Уран-графитовая и уран-водная сборки (Проприетарное ПО), Виртуальная лабораторная работа: Критический стенд "Годива" (Проприетарное ПО)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также сюда относится работа в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- проблемно-развивающая технология, применяемая на лекционных занятиях.

При преподавании дисциплины «Цифровые двойники в атомной отрасли», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и который дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Электронные материалы лекций в период дистанционного обучения отправляются по электронной почте на адреса групп и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, система ВКС Контур Толк.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопрос студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая:

- контрольные вопросы по лабораторным работам;
- разбор конкретных ситуаций;
- тестирование по различным разделам курса;
- зачет.

Промежуточная аттестация студентов представлена в форме курсового проекта и экзамена.

11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Анализ инженерных данных и проектирование структуры ЦД объекта атомной отрасли.

Цель работы: провести системный анализ оборудования АЭС (например, парогенератора) и сформировать перечень критических параметров для мониторинга безопасности.

Задание

Изучение отраслевых классификаторов данных Росатома, определение иерархии объектов в цифровой модели и выбор методов синхронизации данных

Структура отчета:

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Ход работы.
4. Заключение.

Отчёт представить в виде файлов .docx и .pdf.

11.1.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета

1. Роль и место цифровых двойников в стратегии цифровизации атомной отрасли РФ.
2. Специфика цифровых двойников для объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) в сравнении с общепромышленными решениями.
3. Понятие жизненного цикла АЭС и задачи ЦД на этапах проектирования, строительства и эксплуатации.
4. Нормативно-правовое регулирование создания ЦД в атомной отрасли: роль ГОСТ Р 57700.37–2021.
5. Требования МАГАТЭ к цифровым моделям и системам мониторинга безопасности.
6. Проблема верификации и аттестации программных средств в атомной энергетике.
7. Интеграция многофизичных расчетных кодов (нейтронно-физических, теплофизических) в структуру ЦД.
8. Особенности отечественного пакета программ «ЛОГОС» для моделирования процессов на АЭС.
9. Синхронизация расчетных данных реального времени с визуальной 3D-моделью реакторной установки.
10. Методы обеспечения кибербезопасности цифровых двойников на режимных объектах.
11. Моделирование радиационных полей и зон доступа в среде цифрового двойника.
12. Использование ЦД для обучения и тренинга оперативного персонала атомных станций.

13. Системы вибродиагностики и акустического мониторинга оборудования первого контура в составе ЦД.
14. Предиктивная аналитика: прогнозирование остаточного ресурса корпуса реактора и трубопроводов.
15. Роль цифровых двойников при планировании и проведении ремонтных кампаний на АЭС.
16. Использование ЦД для моделирования сценариев вывода энергоблоков из эксплуатации.
17. Интеграция ЦД с системами управления жизненным циклом (PLM) атомных объектов.
18. Проектирование интерфейсов ситуационных центров и систем поддержки принятия решений (СППР).
19. Методы визуализации сложных данных телеметрии для оператора АЭС в условиях инцидентов.
20. Особенности администрирования ЦД в закрытых (изолированных) программных контурах на базе Astra Linux.
21. Работа с «цифровой тенью» объекта: сбор и хранение данных в защищенных базах данных.
22. Моделирование систем пассивной и активной безопасности АЭС в виртуальной среде.
23. Применение технологий дополненной реальности (AR) для обслуживания оборудования в «грязных» зонах.
24. Взаимодействие ЦД с автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП).
25. Понятие верифицированной библиотеки компонентов для ЦД атомной отрасли.
26. Оценка экономической эффективности внедрения цифровых двойников на предприятиях ядерного топливного цикла.
27. Проблемы передачи данных от датчиков в условиях высокого радиационного фона и их фильтрация в ЦД.
28. Использование имитационного моделирования (AnyLogic) для оптимизации логистики ядерного топлива.
29. Разработка на C# алгоритмов идентификации аномальных режимов работы оборудования по данным ЦД.
30. Перспективы создания «Цифрового энергоблока» как высшей ступени развития ЦД в отрасли.

11.1.3. Типовые тестовые задания для текущего контроля

1. Какое из перечисленных программных средств является отечественным отраслевым стандартом Росатома для многофизичных расчетов в составе ЦД?

- А) Unity.
- **Б) ЛОГОС**.
- В) Blender.

2. Какое требование является критически важным для программного обеспечения ЦД, используемого на атомных станциях?

- А) Наличие фотореалистичной графики.
- **Б) Прохождение процедуры верификации и аттестации в Ростехнадзоре.**
- В) Возможность запуска на мобильных устройствах.

3. Что такое «Цифровой двойник АЭС» на этапе эксплуатации?

- А) Просто 3D-панорама реакторного зала.
- **Б) Система, объединяющая проектную документацию, результаты расчетов и данные телеметрии в реальном времени.**
- В) Архив всех бумажных чертежей в формате PDF.

4. Какой операционной системе отдается приоритет при развертывании ЦД в атомной отрасли в рамках импортозамещения?

- А) Windows 11.
- **Б) Astra Linux**.
- В) MacOS.

5. Для чего в цифровом двойнике реакторной установки используется предиктивная аналитика?

- **А) Для прогнозирования остаточного ресурса критического оборудования и предотвращения аварий.**
- Б) Для подсчета количества сотрудников в смене.
- В) Для автоматической отправки отчетов в налоговую службу.

6. Что понимается под «Цифровой тенью» (Digital Shadow) в контексте АЭС?

- **А) Поток данных от датчиков систем управления, который обновляет виртуальную модель.**
- Б) Визуальное отображение теней от объектов в Unity.
- В) Несанкционированная копия базы данных.

7. Какой инструмент имитационного моделирования используется для оптимизации логистических процессов перемещения ядерного топлива?

- А) Visual Studio.
- **Б) AnyLogic**.
- В) Paint.

8. В чем заключается специфика кибербезопасности ЦД в атомной отрасли?

- А) В использовании только беспроводных сетей Wi-Fi.
- **Б) В работе в изолированных закрытых программных контурах с жестким контролем доступа.**
- В) В отсутствии необходимости защиты данных.

9. Что позволяет реализовать технология «Цифровой поток» (Digital Thread)?

- **А) Непрерывную прослеживаемость данных об элементе АЭС от добычи урана до вывода из эксплуатации.**
- Б) Быструю загрузку текстур в шлем VR.
- В) Трансляцию видео с камер наблюдения.

10. Какой протокол передачи данных чаще всего используется для связи полевого оборудования с цифровым двойником в современных АСУ ТП?

- А) Bluetooth.
- Б) SMTP.
- **В) OPC UA (или MQTT в IoT-сегментах).**

11. Какую роль играет Unity в РПД по атомной отрасли?

- **А) Среда интеграции расчетных данных и их визуализации для оператора**.
- Б) Основной калькулятор для ядерных реакций.
- В) Система бухгалтерского учета.

12. Что является первичным источником геометрии для точного цифрового двойника АЭС?

- **А) Инженерные CAD-модели и данные лазерного сканирования объекта.**
- Б) Рисунки художников-дизайнеров.
- В) Фотографии из открытых источников.

Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
не менее 30 или указывают конкретное количество тестовых заданий	10	10

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Мякиньков А.В.

“__ ”_____2025 г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Б1.В.ДВ.2.2 Цифровые двойники в атомной отрасли»
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистров
Направление: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность: Системный анализ и проектирование открытых информационных систем
Форма обучения очная
Год начала подготовки: 2026

Курс 2
Семестр 1

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

Разработчик (и): Филинских А.Д., заведующий кафедрой ГИС, к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «__» _____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ГИС
протокол № ___ от «___» _____ 20____г.

Заведующий кафедрой ГИС _____ Филинских А.Д.

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ГИС _____Филинских А.Д
«____»_____ 20____г.

Методический отдел УМУ:_____ «__» _____20_____ г.