

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Инженерная школа (ИШ)

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

(должность, уч. степень, звание)
Д.В. Куртяник
(инициалы, фамилия)
(подпись)
«24» июля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровое производство»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Информатика и вычислительная техника
Наименование направленности	Компьютерные технологии, системы и сети
Форма обучения	очная
Год приема	2022

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составили

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

О.Я. Солёная
(инициалы, фамилия)

Специалист АО
«Обуховский завод»
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

С.Г. Бабчинский
(инициалы, фамилия)

Специалист АО
«Обуховский завод»
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

А.В. Тимошук
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании ИШ
«18» июня 2025 г., протокол № 10

Директор ИШ

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

Я.О. Швец
(инициалы, фамилия)

Начальник образовательного офиса ИШ

к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

О.Я. Солёная
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №4 по методической работе

доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)
18.06.25

А.А. Фоменкова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Цифровое производство» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» направленности «Компьютерные технологии, системы и сети». Дисциплина реализуется кафедрой «ИШ».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-11 «Способен осуществлять автоматизацию производства средств вычислительной техники с использованием технологий цифровых двойников».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с имитационным моделированием бизнес-процессов, офлайн программированием роботизированных комплексов, построением эффективной технологической карты и оптимизацией производственных процессов за счет применения имитационных моделей и цифровых двойников.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является приобретение студентами основных навыков работы с программным обеспечением предназначенным для построения цифровых двойников производства, устройством, существующими типами, их характеристиками, особенностями применения, имитационного моделирования бизнес-процессов, а также для офлайн программирования роботизированных комплексов.

1.2. Дисциплина входит в состав образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-11 Способен осуществлять автоматизацию производства средств вычислительной техники с использованием технологий цифровых двойников	ПК-11.3.1 знать основные методы и средства автоматизации технологических процессов и производств средств вычислительной техники ПК-11.3.2 знать методы и технологии имитационного моделирования и цифровых двойников ПК-11.У.1 уметь программировать средства производства в среде динамического моделирования ПК-11.У.2 уметь анализировать средства технологического производства средств вычислительной техники ПК-11.В.1 владеть навыками обеспечения технологических процессов и производств средствами автоматизации и управления

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Математика»,
- «Электротехника»,
- «Механика».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС»,
- «Менеджмент в мехатронике и робототехнике»,
- «Промышленная робототехника»,
- «Управление роботами и робототехническими системами».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№7	№8
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	6/ 216	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	54	34	20
Аудиторные занятия, всего час.	91	51	40
в том числе:			
лекции (Л), (час)	37	17	20
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)		34	20
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	12	6	6
Самостоятельная работа, всего (час)	44	57	52
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. зач., Экз.	Дифф.зач.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основы имитационного моделирования и цифровых двойников. Тема 1.1. Введение в имитационное моделирование: цели, задачи, применение в цифровом производстве. Тема 1.2. Понятие цифрового двойника: архитектура, компоненты, связь с мехатронными системами. Тема 1.3. Обзор программных продуктов: функционал, инструменты для моделирования. Тема 1.4. Этапы создания имитационной модели: от сбора данных до валидации. Тема 1.5. Особенности моделирования роботизированных комплексов в средах динамического моделирования. Тема 1.6. Интеграция цифровых двойников с реальными производственными процессами. Тема 1.7. Примеры применения имитационных моделей в мехатронике.	7		6		14

Раздел 2. Алгоритмы и методы разработки моделей Тема 2.1. Алгоритмы дискретно-событийного моделирования для оптимизации бизнес-процессов. Тема 2.2. Методы офлайн-программирования роботов: генерация траекторий, проверка коллизий. Тема 2.3. Построение технологических карт с использованием средств динамического моделирования. Тема 2.4. Математические модели для симуляции динамики мехатронных систем. Тема 2.5. Алгоритмы оптимизации: генетические алгоритмы, методы Монте-Карло. Тема 2.6. Работа с датчиками и исполнительными устройствами: моделирование обратной связи. Тема 2.7. Анализ данных и интерпретация результатов симуляции.	7		7		18
Раздел 3. Практическая реализация и оптимизация Тема 3.1. Создание цифрового двойника производственной линии Тема 3.2. Оптимизация времени цикла и ресурсов через имитационные модели Тема 3.3. Валидация моделей: сравнение с реальными производственными данными Тема 3.4. Автоматизация генерации управляющих программ для роботизированных ячеек Тема 3.5. Анализ рисков и устранение узких мест в производстве с помощью цифровых двойников	7		7		25
Итого в семестре:	17		34		57
Семестр 8					
Раздел 4. Основы программирования робототехнических систем в среде динамического моделирования. Тема 4.1. Базовые инструменты среды динамического моделирования для офлайн-программирования промышленных роботов. Тема 4.2. Создание 3D-моделей производственных линий. Тема 4.3. Принципы кинематики и динамики роботов. Тема 4.4. Настройка виртуальных сред: параметры материалов, силы трения, инерции.	4		4		15

Раздел 5. Алгоритмы управления и оптимизация процессов. Тема 5.1. Алгоритмы планирования траекторий в ПО: RAPID-код, оптимизация движений. Тема 5.2. Дискретно-событийное моделирование синхронизация роботов и конвейеров. Тема 5.3. Моделирование коллизий и проверка безопасности. Тема 5.4. Генерация управляющих программ для роботов (SCARA, 6-осевые).	4		4		15
Раздел 6 Моделирование технологических процессов. Тема 6.1. Система объектов и сборок. Тема 6.2. Логические и логические системы. Тема 6.3. Сценарии поведения компонентов. Тема 6.4. Применение функционального и объектно-ориентированного программирования. Тема 6.5. Python API для среды динамического моделирования. Тема 6.6. Разработка аддонов и модификаций для взаимодействия с базами данных.	12		12		22
Итого в семестре:	20		20		52
Итого	37	0	54	0	109

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Тема 1.1. Введение в имитационное моделирование: цели, типы моделей, роль в цифровом производстве Тема 1.2. Цифровые двойники: архитектура, компоненты, связь с реальными мехатронными системами Тема 1.1. Обзор ПО: сравнительный анализ возможностей для моделирования. Тема 1.2. Этапы создания цифрового двойника: от сбора данных до интеграции с производством
2	Тема 2.1. Дискретно-событийное моделирование: принципы и применение в средах динамического моделирования Тема 2.2. Алгоритмы оптимизации (генетические алгоритмы, метод Монте-Карло) в производственных процессах Тема 2.3. Математические модели динамики роботов: кинематика, динамика, учет внешних сил.

	Тема 2.4. Инструменты для моделирования логики конвейеров и роботизированных ячеек.
3	Тема 3.1. Создание цифрового двойника: от CAD-модели до управляющего кода. Тема 3.2. Валидация моделей: методы сравнения симуляции с реальными данными Тема 3.3. Оптимизация времени цикла и ресурсов Тема 3.4. Анализ и устранение узких мест в производственных линиях
4	Тема 4.1. Офлайн-программирование роботов: RAPID-код, генерация траекторий Тема 4.2. Интеграция датчиков и исполнительных устройств в виртуальные модели Тема 4.3. Программирование коллаборативных роботов
5	Тема 5.1. Алгоритмы планирования траекторий Тема 5.2. Синхронизация роботов и конвейеров через дискретно-событийные модели Тема 5.3. Моделирование гибких производственных систем (FMS)
6	Тема 6.1. Проектирование технологических карт. Тема 6.2. Моделирование сборочных линий и процессов обработки материалов. Тема 6.3. Использование цифровых двойников для анализа рисков и безопасности. Тема 6.4. Python API среды динамического моделирования и создание аддонов

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Основы построения макета	4	4	1
2	Каталог, библиотеки и импорт данных	4	4	1

3	Моделирование компонентов	6	6	2
4	Моделирование процессов. Продукты и сборки	6	6	2
5	Моделирование процессов. Ресурсы в процессе симуляции	8	8	3
6	Моделирование процессов. Команды для программирования	8	8	3
Семестр 8				
1	Основы программирования скриптов	6	6	4
2	Программирование скриптов. Расширение функционала интерфейса	6	6	5
3	Программирование скриптов. Создание транспортного средства	4	4	5
4	Моделирование роботов	4	4	6
Всего		54		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час	Семестр 8, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	72	36	36
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	24	12	12
Домашнее задание (ДЗ)	24	12	12
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	14	7	7
Всего:	109	57	52

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке
--------------------	--------------------------	-------------------------------------

		(кроме электронных экземпляров)
http://kubsau.ru/upload/iblock/412/41250aff9308f39078007854ca734837.pdf	А. Г. Бурда, Г. П. Бурда, Моделирование в управлении, учебное пособие г. Краснодар, 2015г.	100
http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=822	Шрейдер, М. Ю. Синтез технических систем управления, учебное пособие, г. Оренбург, 2013г.	100

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://lib.guap.ru/jirbis2/	Электронно-библиотечная система ГУАП
https://lms.guap.ru/new/login/index.php	Единая электронная система дистанционного обучения ГУАП
https://lib.guap.ru/jirbis2/	Лекторий Инженерной школы ГУАП

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Научная электронная библиотека
2	Российская государственная библиотека
3	Международная реферативная база данных научных изданий zbMATH
4	Международная реферативная база данных научных изданий Springerlink
5	Образовательный портал

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	410
2	Мультимедийная лекционная аудитория	52-01

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Назовите цели имитационного моделирования в цифровом производстве. Приведите примеры использования в мехатронике. В чем разница между статическими и динамическими моделями? Какой тип применяется в средах динамического моделирования для моделирования роботизированных ячеек? Опишите архитектуру цифрового двойника. Какие компоненты необходимы для его интеграции с реальной производственной линией? Как этап валидации модели влияет на достоверность результатов симуляции?	ПК-11.3.1
2	Какие параметры учитываются в при создании цифрового двойника робота? Сравните методы Монте-Карло и детерминированные подходы в контексте анализа рисков. Опишите этапы создания цифрового двойника производственного процесса, начиная с импорта CAD-модели.	ПК-11.3.2
3	Как оптимизировать распределение ресурсов для сокращения времени простоя? Назовите типовые узкие места в производственных линиях и способы их устранения через симуляцию. Приведите пример использования цифрового двойника для реконфигурации производственного цеха.	ПК-11.У.1
4	Какие этапы включает офлайн-программирование робота? Как интегрировать данные с датчиков в виртуальную модель?	ПК-11.У.2

	Опишите особенности программирования коллаборативных роботов. Какие ошибки могут возникнуть при генерации управляющего кода для SCARA-робота? Как синхронизировать работу робота и конвейера в среде динамического моделирования? Какие методы оптимизации энергопотребления приводов можно реализовать через симуляцию?	
5	Опишите этапы моделирования гибкой производственной системы (FMS) с использованием средств динамического моделирования. Как проверить безопасность взаимодействия робота с оператором в симуляции? Какие элементы включаются в технологическую карту при проектировании цифрового двойника? Какие риски можно выявить через анализ симуляции логистических процессов? Приведите пример применения имитационного моделирования в электронной промышленности. Как визуализировать KPI в отчете по результатам симуляции?	ПК-11.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Объясните принцип дискретно-событийного моделирования. Приведите пример его применения. Какие алгоритмы оптимизации эффективны для минимизации времени производственного цикла?	ПК-11.3.1
2	Опишите математическую модель динамики 6-осевого промышленного робота.	ПК-11.3.2
3	Какие метрики используются для сравнения результатов симуляции с реальными данными?	ПК-11.У.1
4	Объясните принцип работы алгоритма RRT для планирования траекторий. Где он применяется?	ПК-11.У.2
5	Как моделировать процесс механосборочных операций с использованием цифрового двойника?	ПК-11.В.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа	
1	Что такое цифровой двойник? 1. Физический прототип робота. 2. Виртуальная модель, отражающая поведение реального объекта в реальном времени. 3. Программа для автоматизации отчетности. 4. Графический интерфейс для 3D-анимации.	ПК-11.3.1
2	Какой этап НЕ является частью создания имитационной модели? 1. Валидация. 2. Генерация данных. 3. Сбор данных. Калибровка параметров.	ПК-11.3.2
3	Для чего применяется метод Монте-Карло в имитационном моделировании? 1. Для расчета механической прочности. 2. Для анализа неопределенностей через многократные случайные эксперименты. 3. Для визуализации траекторий роботов. Для программирования микроконтроллеров.	ПК-11.У.1
4	Какой алгоритм используется для оптимизации пути робота в сложной среде? 1. Метод наименьших квадратов. 2. RRT (Rapidly-exploring Random Tree). 3. Линейная регрессия. Алгоритм Флойда-Уоршелла.	ПК-11.У.2
5	Что оценивает показатель OEE (Overall Equipment Effectiveness)? 1. Стоимость оборудования. 2. Производительность, доступность и качество работы оборудования. 3. Энергопотребление робота. Скорость движения конвейера.	ПК-11.В.1
6	Что такое RAPID-код в среде динамического моделирования? 1. Язык для настройки датчиков. 2. Язык программирования промышленных роботов. 3. Алгоритм шифрования данных. Метод расчета траекторий.	ПК-11.3.1
7	Что включает технологическая карта в среде динамического моделирования? 1. Финансовые расчеты. 2. Последовательность операций, время, ресурсы. 3. Требования к освещению. Дизайн интерфейса оператора.	ПК-11.3.2

8	Какой компонент цифрового двойника отвечает за сбор данных с датчиков? 1. 3D-модель. 2. Интерфейс IoT (Internet of Things). 3. Графический движок. База данных.	ПК-11.У.1
9	Что такое валидация модели? 1. Генерация случайных данных. 2. Проверка соответствия модели реальному процессу. 3. Настройка анимации. Расчет стоимости внедрения.	ПК-11.У.2
10	Какой алгоритм оптимизации подходит для задач с множеством локальных минимумов? 1. Линейное программирование. 2. Генетический алгоритм. 3. Метод Гаусса. 4. Дерево решений.	ПК-11.В.1
2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов		
11	Какие компоненты входят в архитектуру цифрового двойника? 1. Виртуальная 3D-модель. 2. Интерфейсы для сбора данных с датчиков. 3. Физический робот. Алгоритмы для анализа и прогнозирования.	ПК-11.3.1
12	Какие этапы создания имитационной модели используются? 1. Сбор исходных данных. 2. Валидация модели. 3. Генерация случайных чисел. Оптимизация параметров.	ПК-11.3.2
13	Какие метрики важны при оптимизации времени цикла? 1. Среднее время простоя. 2. Количество произведенных единиц. 3. Массогабаритные характеристики деталей. Энергопотребление.	ПК-11.У.1
14	Какие параметры критичны при программировании коллаборативных роботов (Cobots)? 1. Максимальная скорость. 2. Полезная нагрузка. 3. Права пользователя Безопасность взаимодействия с человеком.	ПК-11.У.2
15	Какие этапы валидации модели обязательны?	ПК-11.В.1

	1. Сравнение с реальными данными. 2. Корректировка параметров. 3. Генерация отчетов. 4. Изменение цветовой схемы.	
3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце		
16	Соотнесите компоненты цифрового двойника с их функциями: Компоненты: 1. Виртуальная 3D-модель 2. IoT-интерфейс 3. Алгоритмы прогнозирования 4. База данных Функции: а) Сбор данных с датчиков в реальном времени. б) Визуализация геометрии и движения. в) Хранение исторических данных. г) Анализ и оптимизация процессов. Правильные соответствия: 1 - б, 2 - а, 3 - г, 4 - в	ПК-11.3.1
17	Соотнесите алгоритмы с их применением: Алгоритмы: 1. Генетический алгоритм 2. RRT (Rapidly-exploring Random Tree) 3. Метод Монте-Карло 4. PID-регулятор Применение: а) Оптимизация траекторий в сложных средах. б) Управление скоростью приводов. в) Глобальная оптимизация параметров. г) Анализ неопределенностей. Правильные соответствия: 1 - в, 2 - а, 3 - г, 4 - б	ПК-11.3.2
18	Соотнесите инструменты в среде динамического моделирования с их задачами: Инструменты: 1. Timeline View 2. Collision Detector 3. OEE Dashboard 4. Material Editor Задачи: а) Анализ временных задержек. б) Настройка физических свойств объектов. в) Проверка безопасности движений. г) Оценка эффективности оборудования. Правильные соответствия: 1 - а, 2 - в, 3 - г, 4 - б	ПК-11.У.1
19	Соотнесите методы оптимизации с их целями:	ПК-11.У.2

	Методы: 1. Дискретно-событийное моделирование 2. Линейное программирование 3. Адаптивное управление 4. Алгоритм A* Цели: а) Минимизация времени простоя конвейера. б) Поиск кратчайшего пути в графе. в) Оптимизация распределения ресурсов. г) Коррекция параметров в реальном времени. Правильные соответствия: 1 - а, 2 - в, 3 - г, 4 - б	
20	Соотнесите элементы программирования с их описанием: Элементы: 1. RAPID-код 2. Симуляция обратной связи 3. Коллаборативный режим 4. Генерация траекторий Описание: а) Режим с ограничением силы для безопасности оператора. б) Язык программирования роботов ABB. в) Учет данных от энкодеров и датчиков. г) Расчет пути движения робота. Правильные соответствия: 1 - б, 2 - в, 3 - а, 4 - г	ПК-11.В.1
4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
21	Восстановите последовательность этапов создания цифрового двойника: 1. Валидация модели. 2. Импорт CAD-модели. 3. Интеграция с датчиками. 4. Настройка алгоритмов прогнозирования. Правильная последовательность: 2, 3, 4, 1	ПК-11.3.1
22	Укажите порядок шагов при дискретно-событийном моделировании: 1. Определение событий. 2. Запуск симуляции. 3. Сбор статистики. 4. Построение временной шкалы. Правильная последовательность: 1, 4, 2, 3	ПК-11.3.2
23	Восстановите этапы оптимизации производственной линии: 1. Анализ узких мест. 2. Запуск симуляции. 3. Корректировка параметров. 4. Визуализация KPI. Правильная последовательность: 2, 1, 3, 4	ПК-11.У.1
24	Укажите этапы работы с датчиками в среде динамического	ПК-11.У.2

	моделирования: 1. Интеграция данных в модель. 2. Настройка параметров датчиков. 3. Тестирование обратной связи. 4. Импорт датчиков из библиотеки. Правильная последовательность: 4, 2, 1, 3	
25	Восстановите порядок генерации управляющего кода для SCARA-робота: 1. Проверка коллизий. 2. Экспорт кода в PLC. 3. Настройка траекторий. 4. Импорт кинематической модели. Правильная последовательность: 4, 3, 1, 2	ПК-11.В.1
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
26	Дополните описание принципа работы цифрового двойника: "Цифровой двойник — это _____, который синхронизируется с физическим объектом через данные с _____. Он позволяет моделировать _____ в виртуальной среде, анализировать _____ и оптимизировать процессы до их внедрения в реальность." Пропущенные слова: 1. виртуальный аналог 2. датчиков 3. поведение системы 4. риски Правильный ответ: 1, 2, 3, 4	ПК-11.3.1
27	Дополните описание: "Этап создания цифрового двойника начинается с _____ объекта, затем проводится _____ данных, после чего модель _____ с реальным оборудованием и выполняется _____ результатов." Пропущенные слова: 1. импорта CAD-модели 2. сбор и калибровка 3. интегрируется 4. валидация Правильный ответ: 1, 2, 3, 4	ПК-11.3.2
28	Дополните описание: "В промышленности цифровые двойники используются для _____ производственных линий, _____ оборудования, _____ времени простоя и _____ энергопотребления." Пропущенные слова: 1. оптимизации 2. прогнозирования поломок 3. сокращения 4. минимизации	ПК-11.У.1

	Правильный ответ: 1, 2, 3, 4	
29	Дополните описание: <i>"Основные преимущества цифровых двойников включают: _____ затрат на тестирование, _____ времени вывода продукта на рынок, _____ безопасности операций и _____ гибкости производства."</i> Пропущенные слова: 1. снижение 2. сокращение 3. повышение 4. увеличение Правильный ответ: 1, 2, 3, 4	ПК-11.У.2
30	Дополните описание: <i>"Для работы цифрового двойника необходимы: _____ (например, Рациональное производство), _____ (данные с датчиков), _____ (алгоритмы машинного обучения) и _____ (визуализация процессов)."</i> Пропущенные слова: 1. специализированное ПО 2. источники данных 3. аналитические инструменты 4. интерфейсы визуализации Правильный ответ: 1, 2, 3, 4	ПК-11.В.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – ознакомление студентов с концепцией цифровых двойников как виртуальных представлений физических объектов и процессов. Курс позволит освоить методы создания, анализа и применения цифровых двойников для решения задач мониторинга, оптимизации и управления в различных отраслях промышленности. В рамках изучения дисциплины студенты познакомятся с существующими технологиями, программными средствами и алгоритмами, необходимыми для успешной разработки и внедрения цифровых двойников.

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую,

организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Введение;
- Основы имитационного моделирования;
- Цифровые двойники в производстве;
- Программирование робототехнических систем;
- Алгоритмы управления и оптимизации;
- Моделирование технологических процессов.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Семинары учебным планом не предусмотрены.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

1. Все студенты должны быть ознакомлены с темами практических занятий, приведенными в таблице 5.

2. Практические занятия целесообразно проводить по темам, предварительно изученными студентами на лекциях или самостоятельно.

3. С целью повышения эффективности практических занятий необходимо изучение каждой темы сопровождать решением задач. Темы практических занятий и номера заданий приведены в таблице 5.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающимся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом), приведенным на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

- Титульный лист,
- Содержание,
- Пояснительная записка,
- Практическая часть.

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Изложение и оформление текста должно соответствовать ГОСТ 2.105-95 и требованиям Университета ГУАП (см. www.guap.ru)

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Текущий контроль успеваемости проводится после завершения изучения каждого раздела дисциплины. Методы ТКУ в зависимости от изучаемого материала: проведение проверочных работ в виде решения задач или тестирование в системе LMS. Примерный перечень вопросов для тестирования, представленный в таблице 18, формируются исходя из содержания пройденного раздела. О конкретной дате ТКУ, методе проведения ТКУ, условиях успешного прохождения ТКУ преподаватель сообщает не позднее одной недели до текущего контроля успеваемости.

Проведение текущего контроля успеваемости осуществляется с помощью лабораторных работ, приведенных в таблице 6. Оценивание текущего контроля успеваемости, оценивается по системе зачет/не зачет. Положительный результат текущего контроля успеваемости дает студенту дополнительный балл при проведении промежуточной аттестации. Результаты текущего контроля могут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. Список вопросов (таблица 16) к промежуточной аттестации утверждается кафедрой и выдается студентам для ознакомления. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации - письменная.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
18.06.2025 Кунашева А.Е.	Актуализация РПД 2022 года приёма, в связи с участием данной ОП в новой модели инженерного образования	18.06.2025 протокол №10	Солёная О.Я.