

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2023 16:23:23
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт Мехатроники и робототехники

Кафедра Автоматики и промышленной электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровые двойники технологических процессов и производств

Уровень образования	бакалавриат
Направление подготовки/Специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии
Направленность (профиль)/Специализация	Интеллектуальные системы управления и цифровые двойники
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года 11 мес
Форма(-ы) обучения	заочная

Рабочая программа учебной дисциплины «Цифровые двойники технологических процессов и производств» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 10 от 26.01.2023 г.

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины:

1. Доцент А.А. Казначеева



2. Заведующий кафедрой: Д.В. Масанов



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Цифровые двойники технологических процессов и производств» изучается на пятом курсе.

Курсовая работа по данной дисциплине не предусмотрена.

1.1. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Цифровые двойники технологических процессов и производств» относится к обязательной части программы.

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам и практикам:

- Автоматизация технологических процессов и производств;
- Математическая логика и теория алгоритмов;
- Основы информационной безопасности;
- Имитационное моделирование в производственных процессах.

Результаты обучения по учебной дисциплине используются при изучении следующих дисциплин и прохождения практик:

- Моделирование систем и процессов;
- Проектирование информационных и автоматизированных систем.

Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

1.3. Цели и планируемые результаты освоения дисциплины

Целями изучения дисциплины «Цифровые двойники технологических процессов и производств» являются:

– овладение общеинженерными знаниями, программными инструментами и методами для постановки задачи и разработки цифрового двойника оборудования и технологических процессов; получение знаний приемов и методов работы в программах разработки цифровых двойников;

– освоение математического аппарата и цифровых информационных технологий для постановки и решения задач цифровизации технологических процессов; освоение работы с поисковыми системами Web of Science, PatSearch, базами данных Global Patent Index и электронными ресурсами Консультант плюс, Гарант, Каталог ГОСТ [www.internet-law](http://www.internet-law.ru);

– формирование навыков работы в программах для разработки цифровых двойников технологического оборудования и процессов, настройки цифровых систем управления; навыков использования дистанционных сред (Moodle, Google meet) и программ для работы с документами для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом;

– формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине.

Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-2 Способен проводить конструкторские и расчетные работы по проектированию информационных и автоматизированных систем</p>	<p>ИД-ПК-2.1 Сбор и анализ данных о технологическом процессе и оборудовании, формулирование целей и задач системы автоматизации</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Применяет логико-методологический инструментарий для критической оценки получаемой информации и выбирает оптимальное решение поставленной задачи на основе системного подхода. – Применяет знания законов и методов в области естественных и инженерных наук для постановки задачи разработки цифрового двойника оборудования технологических процессов. – Использует математический аппарат и цифровые информационные технологии для сбора и обработки данных необходимых для анализа и постановки задачи цифровизации технологических процессов. – Использует информационные технологии для поиска данных и документов: электронные ресурсы Консультант, Гарант, Каталог ГОСТ www.internet-law, поисковые системы Web of Science, PatSearch, базы данных Global Patent Index, на основе которых решает задачи разработки цифровых двойников технологических систем.
	<p>ИД-ПК-2.3 Выбор программного обеспечения для системы управления производственными системами</p>	
	<p>ИД-ПК-2.5 Использование методик расчета основных характеристик основного и вспомогательного оборудования и средств автоматизации с применением современных программных средств и информационных технологий</p>	
<p>ПК-4 Способен проектировать отдельные элементы и подсистемы автоматизированных систем управления предприятием (АСУП)</p>	<p>ИД-ПК-4.2 Использование технологий цифрового моделирования и проектирования продуктов и изделий, а также производственных процессов</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Применяет современные информационные технологии и программы для разработки технической документации на цифровые системы управления. – Обоснованно выбирает необходимые для решения задачи создания цифрового двойника. – Демонстрирует навыки работы в программах для разработки цифрового двойника оборудования и процессов NX MCD Siemens, Tia Portal Siemens, Simatic PLCSim, WinCC Advanced. – Применяет навыки применения программных средств для оформления технической документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

по очной форме обучения –	4	з.е.	144	час.
---------------------------	---	------	-----	------

3.1. Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий

Структура и объем дисциплины									
Объем дисциплины по семестрам	форма промежуточной аттестации	всего, час	Контактная аудиторная работа, час				Самостоятельная работа обучающегося, час		
			лекции, час	практические занятия, час	лабораторные занятия, час	практическая подготовка, час	курсовая работа/ курсовой проект	самостоятельная работа обучающегося,	промежуточная аттестация, час
5 курс	Экзамен	144	12	4	12			107	9
Всего:		144	12	4	12			107	9

3.2. Структура учебной дисциплины/модуля для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (очная форма обучения)

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
Седьмой семестр							
ПК-2:	Раздел I. Введение	4	2	4	x	33	Формы текущего контроля по разделу I: 1. Устный опрос, тестирование, дискуссия; 2. Самостоятельные проверочные работы, контрольные работы; 3. Собеседование по контрольным вопросам.
ИД-ПК-2.1	Тема 1.1	1				4	
ИД-ПК-2.3	Концепция, определения и классификация цифровых двойников. Инжиниринговые инструменты для их создания.						
ИД-ПК-2.5	Тема 1.2	2				4	
ПК-4:	Технологии сбора и обработки данных для создания цифровых двойников. Технологии математического моделирования.						
ИД-ПК-4.2	Тема 1.3	1				4	
	Цифровые двойники и человеко-машинные интерфейсы.						
	Практическое занятие № 1.1 Настройка программного продукта Process Simulate.		2	1		4	
	Лабораторная работа № 1.2 Разработка цифрового двойника технологического процесса «Дуговая сварка».			1		4	
	Лабораторная работа № 1.3 Разработка цифрового двойника технологического процесса «Дуговая сварка. Компоновка ячейки».			1		4	
	Лабораторная работа № 1.4 Моделирование кинематики. Преобразование файлов в САД. Робот. Деталь.			0,5		4	
	Лабораторная работа № 1.5 Создание универсальных операций роботом.			0,5		5	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
ПК-2: ИД-ПК-2.1 ИД-ПК-2.3 ИД-ПК-2.5 ПК-4: ИД-ПК-4.2	Раздел II. Архитектура и технология создания цифровых двойников	4	2	5	x	33	Формы текущего контроля по разделу II: 1. Устный опрос, тестирование, дискуссия; 2. Самостоятельные проверочные работы, контрольные работы; 3. Собеседование по контрольным вопросам; 4. Разбор кейса.
Тема 2.1 Типология цифровых двойников. MVC (model-view-controller).	1				4		
Тема 2.2 Визуализация и построение цифровых двойников. Объекты и субъекты 3D модели.	1				4		
Тема 2.3 Технологии взаимодействия цифровых двойников с объектами и процессами реального мира. Интерпретация результатов моделирования. Датчики и системы измерений.	2				4		
Практическое занятие 2.1 Разработка 3D-модели цифрового двойника сортировочной линии в NX. Моделирование компонентов		2	1		4		
Лабораторная работа 2.2 Создание сборки компонентов			1		4		
Лабораторная работа № 2.3 Создание динамической 3D-модели с использованием системы Mechatronics Concept Designer (MCD) NX			1		4		
Лабораторная работа № 2.4 Создание сигналов для динамической 3D-модели в NX MCD			1		4		
Лабораторная работа № 2.5			1		5		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Создание соединения между виртуальным ПЛК и цифровым двойником						
ПК-2: ИД-ПК-2.1 ИД-ПК-2.3 ИД-ПК-2.5 ПК-4: ИД-ПК-4.2	Раздел III. Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях	4		3	x	27	Формы текущего контроля по разделу III: 1. Устный опрос, тестирование, дискуссия; 2. Самостоятельные проверочные работы, контрольные работы; 3. Собеседование по контрольным вопросам.
	Тема 3.1 Цифровые двойники в транспортном машиностроении и на транспорте	2				9	
	Тема 3.2 Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли и энергетике	2				9	
	Лабораторная работа № 3.1 Тестирование цифрового двойника с помощью виртуального ПЛК			3		9	
	Экзамен					14	Экзаменационные билеты
	ИТОГО	12	4	12	x	107	

3.3. Краткое содержание учебной дисциплины

№ пп	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
Раздел I	Введение	
Тема 1.1	Концепция, определения и классификация цифровых двойников. Инжиниринговые инструменты для их создания.	Определение цифровых двойников (ЦД) и эволюция термина. ЦД и эволюция составляющих технологий. Классификация ЦД по уровню сложности, зрелости. Инжиниринговые инструменты для создания ЦД и их эволюция. ЦД и оптимизация изделия, аддитивные технологии.
Тема 1.2	Технологии сбора и обработки данных для создания цифровых двойников. Технологии математического моделирования.	Технологии математического моделирования и цифровых теней. ЦД, облака и периферийные вычисления. Имитационное моделирование как методология построения ЦД.
Тема 1.3	Цифровые двойники и человеко-машинные интерфейсы.	ЦД и новые человеко-машинные интерфейсы. ЦД и Блокчейн. Схема ЦД и роль составляющих технологий.
Раздел II	Архитектура и технология создания цифровых двойников	
Тема 2.1	Типология цифровых двойников. MVC (model-view-controller).	Концепция MVC как схема разделения данных приложения, и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер.
Тема 2.2	Визуализация и построение цифровых двойников. Объекты и субъекты 3D модели.	Динамическое графическое моделирование. Автоматическое соединение модели. Что такое CAD/CAE/CAM? Цифровой двойник производственной машины.
Тема 2.3	Технологии взаимодействия цифровых двойников с объектами и процессами реального мира. Интерпретация результатов моделирования. Датчики и системы измерений.	Соответствие между реальным и виртуальным миром на примере программных пакетов Siemens. Комплексный инжиниринг и комплексная эксплуатация для установок непрерывного производственного цикла. Имитация виртуального контроллера, процесс настройки и масштабируемость. Интерфейс удаленного управления. Протоколы передачи и соединения. Имитация Приводов/Датчиков.
Раздел III	Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях	
Тема 3.1	Цифровые двойники в транспортном машиностроении и на транспорте.	ЦД в автомобильной промышленности. ЦД в аэрокосмической отрасли. ЦД в судостроении и эксплуатации водного транспорта. ЦД в железнодорожном транспорте.
Тема 3.2	Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли и энергетике.	ЦД в нефтегазовой отрасли. ЦД в энергетике. Атомная энергетика.

3.4. Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию. Аудиторная

самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

- подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, экзамену;
- изучение учебных пособий;
- изучение тем, не выносимых на лекции и практические занятия самостоятельно;
- изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;
- подготовка к выполнению лабораторных работ и отчетов по ним;
- подготовка к контрольной работе;
- выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра.

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую и (или) индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

- проведение индивидуальных и групповых консультаций по отдельным темам дисциплины;
- проведение консультаций перед экзаменом.

Перечень разделов и тем, полностью или частично отнесенных на самостоятельное изучение с последующим контролем:

№ пп	Наименование раздела и тем дисциплины, выносимые на самостоятельное изучение	Задания для самостоятельной работы	Виды и формы контрольных мероприятий (учитываются при проведении текущего контроля)	Трудоемкость, час
Раздел I	Цифровые двойники как способ преодоления сложности инженерных систем			
Тема 1.1	Инжиниринговые инструменты для создания цифровых двойников и их эволюция. ЦД и оптимизация изделия, аддитивные технологии.	Подготовить реферат	Устное собеседование по результатам выполненной работы	2
Тема 1.2	Работа с электронными ресурсами Консультант, Гарант, Каталог ГОСТ www.internet-law .	Подготовить информационное сообщение, презентацию	Устное собеседование по результатам выполненной работы	
Тема 1.3	Технологии математического моделирования и цифровых теней. ЦД, облака и периферийные вычисления. ЦД и Блокчейн.	Подготовить доклад, презентацию	Устное собеседование по результатам выполненной работы	
Раздел II	Объединение цифровых двойников в комплексных объектах и их взаимодействие			

Тема 2.1	Типология цифровых двойников. MVC (model-view-controller).	Составление и решение ситуационных задач (кейсов)	Контроль выполненных работ в текущей аттестации	2
Тема 2.2	Элементы модели. Методология имитационного моделирования: концептуальное и процессное, онтологическое, агентное. ЦД как интеграция этапов жизненного цикла изделия.	Составление и решение ситуационных задач (кейсов)	Контроль выполненных работ в текущей аттестации	
Тема 2.3	Технологии взаимодействия цифровых двойников с объектами и процессами реального мира. Интерпретация результатов моделирования. Датчики и системы измерений.	Составление и решение ситуационных задач (кейсов)	Контроль выполненных работ в текущей аттестации	
Раздел III	Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях			
Тема 3.1	Цифровые двойники в автомобильной промышленности, железнодорожном транспорте, судостроении.	Подготовить реферат	Устное собеседование по результатам выполненной работы	2
Тема 3.2	Цифровые двойники в здравоохранении и медицине.	Подготовить информационное сообщение, презентацию	Устное собеседование по результатам выполненной работы	
Тема 3.3	Тестирование цифровых двойников.	Подготовить доклад, презентацию	Устное собеседование по результатам выполненной работы	
Тема 3.4	Работа с системами Web of Science, PatSearch, базами данных Global Patent Index.	Подготовить доклад, презентацию	Устное собеседование по результатам выполненной работы	

3.5. Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

Реализация программы учебной дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий регламентируется действующими локальными актами университета.

Учебная деятельность частично проводится на онлайн-платформе за счет применения учебно-методических электронных образовательных ресурсов:

использование ЭО и ДОТ	использование ЭО и ДОТ	объем, час	включение в учебный процесс
обучение с веб-поддержкой	учебно-методические электронные образовательные ресурсы университета 1 категории		организация самостоятельной работы обучающихся
	учебно-методические электронные образовательные ресурсы университета 2 категории		в соответствии с расписанием текущей/промежуточной аттестации

ЭОР обеспечивают в соответствии с программой дисциплины (модуля):

- организацию самостоятельной работы обучающегося, включая контроль знаний обучающегося (самоконтроль, текущий контроль знаний и промежуточную аттестацию),
- методическое сопровождение и дополнительную информационную поддержку электронного обучения (дополнительные учебные и информационно-справочные материалы).

Текущая и промежуточная аттестации по онлайн-курсу проводятся в соответствии с графиком учебного процесса и расписанием.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции(й).

Уровни сформированности компетенций	Итоговое количество баллов в 100-балльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Оценка в пятибалльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Показатели уровня сформированности		
			универсальной компетенции	общепрофессиональной компетенций	профессиональной компетенции
					ПК-2: ИД-ПК-2.1 ИД-ПК-2.3 ИД-ПК-2.5 ПК-4: ИД-ПК-4.2
высокий		отлично			Обучающийся: – способен осуществлять техническую поддержку процессов создания, модификации и сопровождения информационных систем, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы; – применяет современные информационные технологии, цифровые сервисы и инструменты представления проектов в инженерных и бизнес-процессах.
повышенный		хорошо			Обучающийся: – демонстрирует навыки работы в программах для разработки цифрового

					<p>двойника оборудования и процессов NX MCD Siemens, Tia Portal Siemens;</p> <ul style="list-style-type: none"> – применяет навыки применения программных средств MS Office и др. для оформления технической документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом.
базовый		удовлетворительно			<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения ОПОП; – с неточностями применяет навыки работы с нормативной документацией на электронных ресурсах, в поисковых системах и базах данных; – с затруднениями применяет современные информационные технологии и программы для разработки технической документации на цифровые системы управления; – демонстрирует фрагментарные знания

				основной учебной литературы по дисциплине; ответ отражает знания на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения.
низкий		неудовлетворительно	Обучающийся: <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материала, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; – испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; – не способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности; – не владеет принципами выбора и обоснования современных информационных технологий, цифровых сервисов и инструментов представления проектов в инженерных и бизнес-процессах; – выполняет задания только по образцу и под непосредственным руководством преподавателя; – ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы. 	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
1	Лабораторная работа 1.1	Настройка программного продукта Process Simulate.

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
2	Лабораторная работа 1.2	Разработка цифрового двойника технологического процесса «Дуговая сварка».
3	Лабораторная работа 1.3	Разработка цифрового двойника технологического процесса «Дуговая сварка. Компоновка ячейки».
4	Лабораторная работа 1.4	Моделирование кинематики. Преобразование файлов в САД. Робот. Деталь.
5	Лабораторная работа 1.5	Создание универсальных операций роботом.
6	Лабораторная работа 2.1	Разработка 3D-модели цифрового двойника сортировочной линии в NX MCD Siemens. Моделирование компонентов. Инструментальные средства построения 3D модели. Сценирование
	Лабораторная работа 2.2	Создание сборки компонентов
	Лабораторная работа 2.3	Создание динамической 3D-модели с использованием системы Mechatronics Concept Designer (MCD) NX
	Лабораторная работа 2.4	Создание сигналов для динамической 3D-модели в NX MCD
	Лабораторная работа 2.5	Создание соединения между виртуальным ПЛК и цифровым двойником. Моделирование системной динамики. Работа с программами WinCC Advanced, Tia Portal Siemens, Simatic PLCSim
	Лабораторная работа 3.1	Тестирование цифрового двойника с помощью виртуального программируемого логического контроллера (ПЛК).
7	Контрольная работа	<p>Вариант 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите классификацию цифровых двойников по уровню сложности. 2. Классификация математических моделей. 3. Облачные технологии. <p>Вариант 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методы математического моделирования. 2. Имитационное моделирование как раздел математического моделирования. 3. Опишите последовательность действий для операции определения тел столкновения для плоской транспортной поверхности.
8	Проверочный тест	<p>Вопрос 1. Что из перечисленного не является необходимым элементом для создания цифрового двойника?</p> <ol style="list-style-type: none"> A. «Best-in-class» технологии мирового уровня B. Системный инжиниринг C. Технологии дополненной реальности D. Многоуровневая матрица требований / целевых показателей и ресурсных ограничений <p>Вопрос 2. Верификация подразумевает оценку соответствия между...</p> <ol style="list-style-type: none"> A. Математической и структурной моделями B. Математической и численной моделями C. Структурной и физической моделями

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий
		D. Структурной и математической моделями
9	Кейс (проект команды)	<p>Модуль 1. Проектирование производства. Создание производства с среде Tecnomatix Plant Simulation.</p> <p>Модуль 2. Создание виртуального двойника линии или ячейки. Имитирование процесса взаимодействия элементов фабрики в среде NX MCD и TIA Portal.</p> <p>Модуль 3. Проектирование и запуск системы автоматизации. Подготовка управляющей программы в TIA Portal для АСУ ТП ячейки.</p> <p>Модуль 4. Анализ и оптимизация производства.</p>

5.2. Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
Лабораторные работы	Обучающийся, в процессе выполнения лабораторной работы продемонстрировал глубокие знания в области применения инструментальных средств построения 3D модели цифрового двойника в NX MCD Siemens, а также его обработка в программах WinCC Advanced, Tia Portal Siemens, Simatic PLCSim. Был сформирован отчет с описанием задания, приведены копии экранов программ, Расчеты модели в программе Mathcad, даны логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на контрольные вопросы; даны рекомендации по использованию данных в будущем для аналогичных ситуаций.		5
	Обучающийся продемонстрировал модель, предоставил отчет, правильно рассуждает и принимает обоснованные верные решения, однако, имеются незначительные неточности, представлен недостаточно полный выбор стратегий поведения/ методов/ инструментов (в части обоснования).		4
	Обучающийся, слабо ориентируется в материале, в рассуждениях не демонстрирует логику ответа, плохо владеет профессиональной терминологией, не раскрывает суть проблемы и не предлагает конкретного ее решения.		3
	Обучающийся, не принимал участие в работе группы.		2

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания		
		100-балльная система	Пятибалльная система	
	Группа не справилась с заданием на уровне, достаточном для проставления положительной оценки.			
Контрольная работа	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или опiski, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала. Обучающийся показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.		5	
	Работа выполнена полностью, но обоснований шагов решения недостаточно. Допущена одна ошибка или два-три недочета.		4	
	Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов.		3	
	Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.		2	
	Работа не выполнена.			
Проверочный тест	За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставляются баллы. Номинальная шкала предполагает, что за правильный ответ к каждому заданию выставляется один балл, за не правильный — ноль. В соответствии с номинальной шкалой, оценивается всё задание в целом, а не какая-либо из его частей.		5	85% - 100%
			4	65% - 84%
			3	41% - 64%
			2	40% и менее 40%
Кейс (проект команды)	Группа обучающихся демонстрирует грамотное решение всех модулей, использование правильных методов решения при незначительных вычислительных погрешностях (арифметических ошибках).		5	
	Продемонстрировано использование правильных методов при решении задачи при наличии существенных ошибок в 1-2 из них.		4	
	Группа обучающихся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют.		3	
	Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы.		2	

5.3. Промежуточная аттестация:

Форма промежуточной аттестации	Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации:
<p>Экзамен: Письменное тестирование/ Компьютерное тестирование</p>	<p>Вопрос 1. Кто считается автором концепции цифрового двойника? А) Гидеон Гартнер В) Майкл Гривс С) Клаус Шваб D) Джо Кэзер</p> <p>Вопрос 2. По данным опроса Gartner, проведенного в 2019 году, какое количество опрошенных организаций, реализующих IoT-проекты, уже используют технологии цифровых двойников? А) 13% В) 52% С) 65% D) 90%</p> <p>Вопрос 3. Для обеспечения рациональной «балансировки» большого количества, зачастую «конфликтующих», характеристик проектируемого объекта применяют: А) Технологии управления жизненным циклом объекта (PLM) В) Цифровые тени (Digital Shadows) С) Многоуровневую матрицу требований / целевых показателей и ресурсных ограничений D) Технологии цифрового проектирования (CAD)</p>

5.4. Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины:

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
<p>Экзамен: письменное тестирование/ компьютерное тестирование.</p>	<p>За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставляются баллы. Номинальная шкала предполагает, что за правильный ответ к каждому заданию выставляется один балл, за не правильный — ноль. В соответствии с номинальной шкалой, оценивается всё задание в целом, а не какая-либо из его частей.</p>		5 85% - 100%
			4 65% - 84%
			3 41% - 64%
			2 40% и менее
			40%

5.5. Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Текущий контроль:		
- лабораторные работы		2 – 5 или зачтено/не зачтено
- контрольная работа		2 – 5 или зачтено/не зачтено
- тест		2 – 5 или зачтено/не зачтено
- кейс (проект команды)		2 – 5 или зачтено/не зачтено
- экзамен		2 – 5 или зачтено/не зачтено
Промежуточная аттестация экзамен		отлично хорошо
Итого за семестр экзамен		удовлетворительно неудовлетворительно зачтено не зачтено

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:

- проблемная лекция;
- проектная деятельность;
- проведение интерактивных лекций;
- групповых дискуссий;
- анализ ситуаций и имитационных моделей (кейсы);
- поиск и обработка информации с использованием сети Интернет: работа с электронными ресурсами: поисковые системы [Web of Science](#), [PatSearch](#) и базы данных Global Patent Index;
- дистанционные образовательные технологии: платформа Moodle, сервисы Goggle-meet, Zoom;
- применение электронного обучения, применение инструментов MS Office (Word, Excel, Power Point);
- использование на лекционных занятиях видеоматериалов и наглядных пособий;
- самостоятельная работа в системе компьютерного тестирования;
- обучение в сотрудничестве (командная, групповая работа);

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины не реализуется.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим

вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.

Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:

Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, дом 1	
аудитории для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук, – проектор
аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук, – проектор
аудитории для проведения лабораторных занятий	комплект учебной мебели; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – 12 персональных компьютеров,

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
	– принтер, – ноутбук, – проектор
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся
читальный зал библиотеки	– компьютерная техника; – подключение к сети Интернет

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины при обучении с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Необходимое оборудование	Параметры	Технические требования
Персональный компьютер/ноутбук/планшет, камера, микрофон, динамики, доступ в сеть Интернет	Веб-браузер	Версия программного обеспечения не ниже: Chrome 72, Opera 59, Firefox 66, Edge 79, Яндекс.Браузер 19.3
	Операционная система	Версия программного обеспечения не ниже: Windows 7, macOS 10.12 «Sierra», Linux
	Веб-камера	640x480, 15 кадров/с
	Микрофон	любой
	Динамики (колонки или наушники)	любые
	Проектор	любой
	Принтер	лазерный
	Сеть (интернет)	Постоянная скорость не менее 192 кБит/с

Технологическое обеспечение реализации программы осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, УП, МП и др.)	Издательство	Год издания	Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса	Количество экземпляров в библиотеке Университета
10.1 Основная литература, в том числе электронные издания							
1	Прохоров А., Лысачев М., Боровков А.	Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт	Учебник	М.: ООО «АльянсПринт»	2020		5
2	Прохоров А., Коник Л.	Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт	Учебник	М.: ООО «КомНьюс Групп»	2019		5
3	Трофимов В.В., Барабанова М.И., Кияев В.И., Трофимова Е.В.	Информационные системы и цифровые технологии: Часть 1.	Учебник	М.: Инфра-М.	2021	https://znanium.com/read?id=375739	
10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания							
1	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.	Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения	Издание официальное	М. Стандартинформ	2020		5
2	Веселовского М.Я. Хорошавиной Н.С.	Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики	Монография	М.: Мир науки	2021	https://izd-mn.com/PDF/06MNNPM21.pdf	
3	Дозорцев В.М.	Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология,	Статья	Журнал «Автоматизация в промышленности»	2020		5

		технологии, платформы, перспективы. Часть 2. Ключевые технологии цифровых двойников. Типы моделирования физического объекта					
--	--	---	--	--	--	--	--

11. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

11.1. Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

№ пп	Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы
1.	Материалы и ресурсы по системам Siemens PLM https://ideal-plm.ru/uPage/Besplatnie_materiali_i_resursi_po_sistemam_Siemens_PLM
2.	Каталог ГОСТ www.internet-law.ru
3.	Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/
4.	КонсультантПлюс: Законодательство: https://xn--80atdbhcdmofgcil kob.xn--80aswg/zakonodatelstvo
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы	
1.	Информационно-правовой портал Гарант.ру https://www.garant.ru/
2.	Национальная электронная библиотека (НЭБ)
3.	База данных Global Patent Index (GPI)

11.2. Перечень программного обеспечения

№п/п	Программное обеспечение	Реквизиты подтверждающего документа/ Свободно распространяемое
1.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
2.	NX MCD Siemens, WinCC Advanced,	Свободно распространяемое
3.	Tia Portal Siemens, Simatic PLCSim,	Свободно распространяемое
4.	Tecnomatix Plant Simulation	Свободно распространяемое
5.	Программное обеспечение Autodesk Autocad 2021	ПО свободного доступа по академической программе для студентов и преподавателей ВУЗов, срок действия – 1 год

**ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ**

В рабочую программу учебной дисциплины внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

№ пп	год обновления РПД	характер изменений/обновлений с указанием раздела	номер протокола и дата заседания кафедры