

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  Ряжских В.И.
« 25 » ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Цифровые двойники робототехнических комплексов»

Направление подготовки 15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Профиль Промышленные роботы и робототехнические системы

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы  /Семенов М.В./

Заведующий кафедрой
Технологии сварочного
производства и диагностики  /Селиванов В.Ф./

Руководитель ОПОП  /Селиванов В.Ф./

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Приобретение общеинженерных знаний, освоение программных инструментов и методов для постановки задачи и разработки цифрового двойника оборудования и технологических процессов, формирование навыков работы в программах для разработки цифровых двойников технологического оборудования и процессов.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение основных принципов моделирования промышленных процессов;
- формирование компетенций в области построения и использования различных цифровых двойников;
- приобретение навыков внедрения роботизированных систем для автоматизации производственных процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02 «Цифровые двойники робототехнических комплексов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1. учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Цифровые двойники робототехнических комплексов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен обеспечить эффективную эксплуатацию промышленных роботов и роботизированных комплексов в машиностроении;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать существующие прикладные системы моделирования новых изделий
	уметь использовать информационные технологии при разработке и проектировании новых изделий, технологических процессов;
	владеть навыками моделирования деталей и узлов при проектировании новых изделий, технологических процессов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровые двойники робототехнических комплексов» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	40	40

В том числе:		
Лекции	20	20
Практические занятия (ПЗ) в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	10	10
Лабораторные работы (ЛР) в том числе в форме практической подготовки (<i>при наличии</i>)	10	10
Самостоятельная работа	68	68
Курсовая работа (проект)	Нет	Нет
Контрольная работа	Нет	Нет
Часы на контроль	Нет	Нет
Виды промежуточной аттестации		зачет
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	108 3	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
<i>8 семестр</i>							
1	Введение в использование цифрового двойника для создания технологических процессов	Понятие цифрового двойника и его роль в промышленном производстве. Основные принципы и преимущества использования цифровых двойников	4	2	2	8	16
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника.	Основные этапы создания макета цифрового двойника и его элементы, принципы построения структуры макета, определение основных компонентов, их взаимосвязи и функциональные возможности.	4	2	2	10	18
3	Импорт данных в цифровой двойник	Основные методы импорта данных в цифровой двойник и их особенности. Различные форматы данных, которые могут быть импортированы, такие как CAD-модели, геометрические данные, данные сенсоров и другие. Технологии и инструменты для импорта данных из различных источников.	4	2	2	10	18

4	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	Техники и методы моделирования компонентов в цифровом двойнике. Основные принципы создания моделей, включая геометрическое моделирование, применение текстур и материалов, а также анимация и визуализация. Современные подходы и технологии, используемые для создания высококачественных моделей компонентов.	4	2	2	20	28
5	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	Методы моделирования процессов создания продуктов и сборки из компонентов. Основные принципы и техники моделирования, такие как потоковые диаграммы, сетевой анализ и динамическое моделирование. Преимущества и ограничения каждого метода, а также их применение в промышленности.	4	2	2	20	28
Итого			20	10	10	68	108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Ведение, построение простых объектов в САПР
2. Построение сложных объектов в среде САПР
3. Построение сборок объектов в среде САПР
4. Статические нагрузки в среде SolidWorks simulation.
5. Основы графического представления информации
6. Составление параметрических эскизов
7. Назначение цифровых двойников деталей и узлов

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Выполнение курсовой работы (проекта) и контрольной работы не предусмотрено учебным планом.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать существующие прикладные системы моделирования новых изделий	лабораторная работа, решение задач на практическом занятии	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать информационные технологии при разработке и проектировании новых изделий, технологических процессов;	лабораторная работа, решение задач на практическом занятии	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками моделирования деталей и узлов при проектировании новых изделий, технологических процессов.	лабораторная работа, решение задач на практическом занятии	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются для очной формы обучения в 8 семестре по системе зачет/незачет:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать существующие прикладные системы моделирования новых изделий	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать информационные технологии при разработке и проектировании новых изделий, технологических процессов;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками моделирования деталей и узлов при проектировании новых изделий, технологических процессов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. К какой концепции маркетинга относится следующее: «Проектирование и производство

наиболее подходящего для вас продукта»?

- Sharing
 - Digital marketing
 - Customization (правильный)
 - Agile marketing
2. Какова цель создания направления TechNet?
- Создание умных городов
 - Развитие передовых производственных технологий и создание нового поколения производств (правильный)
 - Развитие технологий, нацеленных на обеспечение информационной безопасности
3. Для каких целей можно использовать цифровой след потребителя?
- Изменения дизайна сайта
 - Идентификации (правильный)
 - Совершения действий от имени покупателя
 - Группировки покупателей
4. Компьютерное проектирование (CAD) позволяет:
- автоматически распределять заказы на производстве
 - создавать 3D-модели (правильный)
 - оформлять финансовую документацию
 - создавать 5D-модели
 - оформлять конструкторскую документацию
5. Свойствами информации, наиболее актуальными при обеспечении информационной безопасности являются:
- Целостность (правильный)
 - Доступность
 - Актуальность
6. Интернет вещей – это
- Покупка товаров через интернет
 - Вид цифровых технологий (правильный)
 - Передача вещей между пользователями
7. Киберфизическая система это...
- информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты (правильный)
 - система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают и распространяют информацию
 - организационно-техническая система, обеспечивающая выработку решений на основе автоматизации информационных процессов в различных сферах деятельности (управление, проектирование, производство и тому подобное) или их сочетаниях
8. Цифровой двойник позволяет описывать технологические процессы, связанные с серийным производством.
- Верно (правильный)
 - Неверно

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Цифровой двойник - это виртуальная модель реального объекта, повторяющая...
- а) его состояния при разных условиях эксплуатации;
 - б) его ключевые характеристики при нагревании;
 - в) его ключевые характеристики и переводящая их в документ;

- г) его ключевые характеристики и состояния при разных условиях эксплуатации.
2. Для чего нужен цифровой двойник?
- а) чтобы смоделировать процесс его нагружения;
 - б) чтобы смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях;
 - в) чтобы увидеть, что будет происходить с оригиналом в критических условиях;
 - г) чтобы сделать модель поведения оригинала в рабочих условиях.
3. Что представляет из себя цифровой двойник-прототип?
- а) виртуальный аналог реального объекта, который содержит все данные для производства оригинала;
 - б) виртуальный аналог реального объекта, который содержит основные данные для производства оригинала;
 - в) аналог реального объекта, который при производстве ведет себя как оригинал;
 - г) аналог реального объекта, который содержит все данные для производства.
4. При создании двойника главная цель этапа «Тестирование основных процессов работы на цифровом двойнике» является спрогнозировать, как будет вести себя ...
- а) объект или система в режиме сборки или транспортировке;
 - б) объект или система в обычном режиме и при внештатных ситуациях;
 - в) объект или система в режиме испытаний и в рядовых ситуациях;
 - г) объект или система в экстремальном режиме и при внештатных ситуациях.
5. Параметрическая модель детали — это математическая модель, ...
- а) позволяющая установить количественную связь между функциональными и вспомогательными параметрами детали
 - б) позволяющая установить полную связь между функциональными параметрами узла;
 - в) аналог реального объекта, который при производстве ведет себя как оригинал;
 - г) позволяющая установить полную связь между вспомогательными параметрами детали.
6. Параметризация изделия делается для того, чтобы
- а) ускорить процесс проектирования сложной детали или узла;
 - б) за короткое время проработать различные схемы и исключить все ошибки;
 - в) за короткое время виртуально проработать различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок;
 - г) можно было быстро менять конфигурацию детали по желанию проектировщика.
7. При построении эскиза использование вспомогательных линий
- а) повышает точность построения;
 - б) повышает затраты времени на построение;
 - в) ничего не дает;
 - г) позволяет обеспечить качество сборки.
8. Кто считается автором концепции цифрового двойника?
- А) Гидеон Гартнер
 - В) Майкл Гривс
 - С) Клаус Шваб
 - Д) Джо Кэзер
9. 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%
 - Д) 90%
10. 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
- Д) Технологии цифрового проектирования (CAD)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Что такое цифровой двойник в контексте промышленных процессов?

Какова роль цифровых двойников в оптимизации производственных процессов?

Какие преимущества предоставляют цифровые двойники в сравнении с традиционными методами моделирования?

Какие компоненты включает в себя типичный цифровой двойник?

Какие технологии используются для создания и развертывания цифровых двойников?

Каким образом цифровые двойники поддерживают управление роботизированными системами в производственной среде?

Какие данные обычно включаются в цифровые двойники для моделирования производственных процессов?

Каким образом цифровые двойники способствуют оптимизации логистических процессов в промышленности?

Какие методы анализа и оптимизации применяются при использовании цифровых двойников?

Какие задачи можно решить с использованием цифровых двойников в промышленности?

Каковы основные принципы построения цифровых двойников?

Каким образом цифровые двойники учитывают факторы безопасности в производственной среде?

Какие требования предъявляются к качеству данных, используемых в цифровых двойниках?

Как можно интегрировать данные из различных источников в цифровой двойник?

Какие технологии и инструменты используются для визуализации данных в цифровых двойниках?

Какие алгоритмы и методы используются для анализа данных в цифровых двойниках?

Какие методы обратной связи применяются при управлении процессами с использованием цифровых двойников?

Какие возможности предоставляют цифровые двойники для управления энергопотреблением в промышленных процессах?

Какие тенденции и инновации наблюдаются в области цифровых двойников и их применения в промышленности?

Каким образом цифровые двойники влияют на повышение производительности и эффективности производственных процессов?

Какие вызовы и проблемы могут возникнуть при создании и использовании цифровых двойников в промышленности?

Какие факторы следует учитывать при выборе программного обеспечения для создания цифровых двойников?

Каким образом цифровые двойники способствуют автоматизации производственных процессов?

Как можно оценить эффективность работы цифрового двойника в конкретной промышленной среде?

Какие принципы безопасности следует соблюдать при разработке и использовании цифровых двойников в промышленности?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса. Студент может получить положительную аттестацию по курсу только в случае выполнения лабораторных работ и практических заданий.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в использование цифрового двойника для создания технологических процессов	ПК-1	Тест, защита практических работ
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника.	ПК-1	Тест, защита практических работ
3	Импорт данных в цифровой двойник	ПК-1	Тест, защита практических работ
4	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	ПК-1	Тест, защита практических работ
5	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	ПК-1	Тест, защита практических работ

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Пенский О. Г., Математические модели цифровых двойников, Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. <https://www.iprbooks.hop.ru/118930.html>

Дополнительная литература:

1. Евстифеев М. И., Елисеев Д. П., Проектирование 3D моделей элементов инерциальных модулей, Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2021. <https://e.lanbook.com/book/283790>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

сайт электронной информационно-образовательной среды ВГТУ
<https://old.education.cchgeu.ru>.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Учебные лаборатории: лабораторные и практические занятия проводятся в лаборатории 06/1, оснащенной роботом Fanuc.

Дисплейный класс (лаборатория 010а/1), оснащенный компьютерными программами.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Цифровые двойники робототехнических комплексов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушива-

	ние аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП