



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Наземных транспортно-технологических машин

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Моделирование и оптимизация промышленных процессов с использованием цифровых двойников и
роботизированных систем

направление подготовки/специальность 15.03.06 Мехатроника и робототехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Проектирование
мехатронных, робототехнических систем и комплексов

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2024

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины - освоение методов моделирования и оптимизации промышленных процессов с применением цифровых двойников и роботизированных систем для повышения эффективности и конкурентоспособности производства.

Задачи дисциплины

Изучение основных принципов моделирования промышленных процессов.

Овладение методами создания цифровых двойников производственных систем.

Разработка навыков оптимизации производственных процессов на основе анализа данных цифровых двойников.

Изучение принципов функционирования и программирования роботизированных систем в производстве.

Приобретение навыков внедрения роботизированных систем для автоматизации производственных процессов.

Формирование компетенций по анализу и управлению производственными процессами с использованием цифровых технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК(Ц)-1 Способен самостоятельно и (или) в команде разрабатывать цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	ПК(Ц)-1.2 Разрабатывает цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса в соответствии с техническим заданием	знает Проектные и технические решения создаваемых разделов технического задания умеет Применять знания проектирования и адаптировать их под конкретное техническое задание владеет Набором инструментов, применяемых для создания информационной модели
ПК(Ц)-1 Способен самостоятельно и (или) в команде разрабатывать цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	ПК(Ц)-1.4 Проводит оценку соответствия разрабатываемого или эксплуатируемого отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса требованиям технического задания	знает Методы оценки соответствия разрабатываемой или эксплуатируемой подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы требованиям технического задания на всех этапах проектирования. умеет Оценивать соответствие разрабатываемой или эксплуатируемой подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы требованиям технического задания в процессе выполнения построения модели путем задания граничных условий. владеет Навыками построения моделей с использованием параметрического проектирования с целью обеспечения соответствия разрабатываемой или эксплуатируемой подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы требованиям технического задания.

ПК(Ц)-1 Способен самостоятельно и (или) в команде разрабатывать цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	ПК(Ц)-1.5 Формирует проектную документацию по разделу из цифровой модели разрабатываемого или эксплуатируемого отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	знает Нормативно-технические документы, определяющие требования к формированию проектной документации проектируемого раздела информационной модели умеет Формировать проектную документацию по разделу из информационной модели владеет Инструментами формирования проектной документации по разделу из информационной модели
ПК(Ц)-1 Способен самостоятельно и (или) в команде разрабатывать цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	ПК(Ц)-1.6 Подготавливает и передает цифровую модель отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса в формате, указанном в техническом задании	знает Форматы цифровых моделей, принятые в индустрии. умеет Подготавливать цифровую модель отдельного устройства, подсистемы или мехатронной системы в соответствии с техническим заданием. Передавать цифровую модель в соответствии с требованиями формата, указанными в техническом задании. владеет Навыками использования программного обеспечения для создания, редактирования и передачи цифровых моделей. Умениями адаптировать цифровую модель к различным форматам и требованиям заказчика.
ПК-2 Способен проектировать отдельные устройства, подсистемы и (или) мехатронную, робототехническую систему в целом или их комплексы с использованием средств цифрового инжиниринга	ПК-2.7 Выполняет моделирование и оптимизацию промышленных процессов с использованием цифровых двойников мехатронных или роботизированных систем	знает методы моделирования и понятие цифровой двойник умеет использовать стандарты оформления технических заданий на систему владеет навыками разбиения системы на отдельные части; навыками идентификации объекта управления

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.05 основной профессиональной образовательной программы 15.03.06 Мехатроника и робототехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Иностранный язык профессионального общения	УК-4.2, УК-4.4
2	Основы программирования на Python	ОПК-4.3
3	Метрология, стандартизация и сертификация	ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-13.1, ОПК-13.2, ОПК-13.3
4	Технологическая (проектно-технологическая) практика	УК-1.1, ОПК-5.1

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

основы производственного процесса и технологий промышленного производства;
принципы программирования и работы с компьютерными системами;

Уметь:

работать с программным обеспечением для моделирования и оптимизации производственных процессов;

программировать и настраивать роботизированные системы;

Владеть:

Навыками работы с цифровыми технологиями и компьютерными системами.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Проектная практика	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5, ПК-2.6, ПК-2.7
2	Технология машиностроения	ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3, ОПК-9.4, ОПК-10.1, ОПК-10.2, ОПК-10.3, ПК-2.8
3	Мехатронные системы транспортных средств	ПК-2.6
4	Исследование и испытание мехатронных и робототехнических систем и комплексов	ПК-1.1, ПК-2.1

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр	
			5	6
Контактная работа	160		64	96
Лекционные занятия (Лек)	64	0	32	32
Практические занятия (Пр)	96	0	32	64
Иная контактная работа, в том числе:	1,75		0,25	1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1			1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25			0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,5		0,25	0,25
Часы на контроль	35,5		8,75	26,75
Самостоятельная работа (СР)	162,75		71	91,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)				
часы:	360		144	216
зачетные единицы:	10		4	6

5.1.	Импорт данных в цифровой двойник	6	6		8				12	26	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
6.	6 раздел. Раздел 5: Моделирование компонентов										
6.1.	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	6	14		24				32	70	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
7.	7 раздел. Раздел 6: Моделирование процессов										
7.1.	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	6	10		24				32	66	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
8.	8 раздел. Раздел 7: Моделирование процессов. Создание группового маршрута										
8.1.	Понятие группового маршрута и его значение для моделирования технологических процессов	6	2		8				15,7 5	25,75	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
9.	9 раздел. Иная контактная работа										
9.1.	Иная контактная работа	6								1,25	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
10.	10 раздел. Контроль										
10.1.	Экзамен	6								27	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Понятие цифрового двойника и его роль в промышленном производстве	<p>Основные принципы и преимущества использования цифровых двойников</p> <p>В рамках данной лекции студенты ознакомятся с основными понятиями и принципами цифрового двойника. Будут рассмотрены ключевые характеристики и функции цифровых двойников, их роль в промышленном производстве и преимущества перед традиционными подходами. Приведены примеры использования цифровых двойников в различных отраслях промышленности.</p>
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника	<p>Основные этапы создания макета и его элементы</p> <p>В лекции студенты ознакомятся с основными этапами создания макета цифрового двойника и его элементами. Будут рассмотрены принципы построения структуры макета, включая определение основных компонентов, их взаимосвязи и функциональные возможности. Обсуждаются методы моделирования и инструменты, используемые при создании макета.</p>
3	Роль и значение каталогов и библиотек в цифровом двойнике	<p>Основные принципы организации каталогов и библиотек</p> <p>В этой лекции студенты изучат основные принципы организации каталогов и библиотек в цифровом двойнике. Будут рассмотрены преимущества систематизации компонентов и моделей, а также методы и средства управления библиотеками. Обсуждаются стратегии организации и стандартизации содержимого каталогов для эффективного использования в проектировании.</p>
5	Импорт данных в цифровой двойник	<p>Основные методы импорта данных и их особенности</p> <p>В рамках лекции студенты узнают об основных методах импорта данных в цифровой двойник и их особенностях. Будут рассмотрены различные форматы данных, которые могут быть импортированы, такие как САД-модели, геометрические данные, данные сенсоров и другие. Обсуждаются технологии и инструменты для импорта данных из различных источников.</p>
6	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	<p>Техники и методы моделирования компонентов</p> <p>На лекции студенты узнают о различных техниках и методах моделирования компонентов в цифровом двойнике. Будут рассмотрены основные принципы создания моделей, включая геометрическое моделирование, применение текстур и материалов, а также анимацию и визуализацию. Обсуждаются современные подходы и технологии, используемые для создания высококачественных моделей компонентов.</p>
7	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	<p>Методы моделирования процессов и их применение</p> <p>В ходе лекции студенты узнают о различных методах моделирования процессов создания продуктов и сборки из компонентов. Будут рассмотрены основные принципы и техники моделирования, такие как потоковые диаграммы, сетевой анализ и динамическое моделирование. Обсуждаются преимущества и ограничения каждого метода, а также их применение в промышленности.</p>
8	Понятие группового маршрута и его значение для моделирования технологических процессов	<p>Основы создания и оптимизации групповых маршрутов</p> <p>На лекции студенты узнают о концепции группового маршрута и его важности для оптимизации технологических процессов. Будут рассмотрены основные принципы создания и оптимизации групповых маршрутов, а также их применение в промышленном производстве. Особое внимание будет уделено методам оценки</p>

эффективности групповых маршрутов.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Понятие цифрового двойника и его роль в промышленном производстве	Демонстрация примеров успешного применения цифровых двойников в промышленности Во время практической работы студентам будет представлено несколько конкретных примеров успешного применения цифровых двойников в промышленности. Они смогут изучить и анализировать реальные кейсы использования цифровых двойников, оценить их эффективность и потенциал для оптимизации технологических процессов.
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника	Создание макета цифрового двойника на практике На практическом занятии студенты приступят к созданию простого макета цифрового двойника. С использованием выбранного программного обеспечения (Toruscad, VirtualBox, Visual Studio) они будут создавать основные компоненты макета и настраивать их взаимодействие. Это позволит им применить полученные знания на практике и ознакомиться с основными инструментами моделирования.
3	Роль и значение каталогов и библиотек в цифровом двойнике	Создание и использование библиотек компонентов в цифровом двойнике На практическом занятии студенты сосредоточатся на создании и использовании библиотек компонентов в цифровом двойнике. Они научатся создавать, редактировать и управлять библиотеками, а также использовать их при построении макетов. В рамках практической работы будут разработаны с применением Toruscad, VirtualBox, Visual Studio типовые компоненты и модели, которые могут быть повторно использованы в различных проектах.
5	Импорт данных в цифровой двойник	Импорт данных из различных источников в макет На практическом занятии студенты будут проводить импорт данных из различных источников в макет цифрового двойника. Они научатся использовать инструменты программного обеспечения для импорта данных и их последующей обработки. В ходе практической работы студенты ознакомятся с возможностями различных форматов данных и сравнят эффективность различных методов импорта.
6	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	Создание и настройка параметров моделей компонентов На практических занятиях студенты будут создавать с применением Toruscad, VirtualBox, Visual Studio и настраивать параметры моделей компонентов в цифровом двойнике. Они получат практические навыки по работе с различными инструментами моделирования и научатся применять их для создания детальных и реалистичных моделей.
7	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	Создание моделей процессов и анализ их эффективности На практических занятиях студенты будут создавать модели процессов создания продуктов и сборки из компонентов в цифровом двойнике с применением Toruscad, VirtualBox, Visual Studio. Они получат практические навыки по работе с инструментами моделирования процессов и научатся анализировать эффективность процессов в различных сценариях.
8	Понятие группового маршрута и его значение для	Создание и анализ группового маршрута на примере конкретного проекта

	моделирования технологических процессов	На практических занятиях студенты будут создавать и анализировать групповой маршрут на примере конкретного проекта. Они научатся применять различные методы оптимизации и улучшения групповых маршрутов, а также будут осуществлять анализ эффективности предложенных решений.
--	---	--

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Понятие цифрового двойника и его роль в промышленном производстве	Исследование современных тенденций и инноваций в области цифровых двойников В рамках самостоятельной работы студенты проведут исследование современных тенденций и инноваций в области цифровых двойников. Они изучат последние научные статьи, отчеты о промышленных проектах и новости от ведущих компаний в этой области. Студенты смогут выявить актуальные направления развития цифровых двойников и их потенциальное применение в будущих проектах.
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника	Анализ и оценка возможностей выбранного программного обеспечения для построения макета В рамках самостоятельной работы студенты проведут анализ и оценку возможностей выбранного программного обеспечения для построения макета. Они изучат функциональные особенности программы, ее преимущества и ограничения, а также определяют соответствие программы требованиям создания цифрового двойника.
3	Роль и значение каталогов и библиотек в цифровом двойнике	Разработка стратегии организации каталогов и библиотек для конкретного проекта Студенты проведут разработку стратегии организации каталогов и библиотек для конкретного проекта. Они определяют требования к содержанию каталогов, установят стандарты и правила их наполнения, а также разработают процессы поддержки и обновления содержимого библиотек.
5	Импорт данных в цифровой двойник	Анализ и сравнение эффективности различных методов импорта данных В рамках самостоятельной работы студенты проведут анализ и сравнение эффективности различных методов импорта данных. Они выявят преимущества и недостатки каждого метода, определят области их применения и выберут наиболее подходящий метод для конкретных задач.
6	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	Исследование современных подходов к моделированию компонентов в промышленном производстве В ходе самостоятельной работы студенты проведут исследование современных подходов к моделированию компонентов в промышленном производстве. Они изучат литературу, статьи и публикации, касающиеся последних тенденций в области создания и оптимизации моделей компонентов, и подготовят обзор современных методов и инструментов.
7	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	Оптимизация процессов моделирования для улучшения производительности В ходе самостоятельной работы студенты проведут оптимизацию процессов моделирования для улучшения производительности. Они изучат различные методы и техники оптимизации процессов, такие как улучшение алгоритмов, оптимизация параметров и автоматизация процессов, и предложат свои рекомендации по

		оптимизации конкретных процессов моделирования.
8	Понятие группового маршрута и его значение для моделирования технологических процессов	Разработка стратегии применения групповых маршрутов для оптимизации производственных процессов В рамках самостоятельной работы студенты разработают стратегию применения групповых маршрутов для оптимизации производственных процессов. Они изучат существующие подходы и методы применения групповых маршрутов в различных отраслях промышленности и предложат свои рекомендации по их внедрению и оптимизации.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям. При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовить доклад или сообщение, предусмотренные РПД;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Понятие цифрового двойника и его роль в промышленном производстве	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
2	Принципы построения структуры макета цифрового двойника	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
3	Роль и значение каталогов и библиотек в цифровом двойнике	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
4	Зачет с оценкой	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	
5	Импорт данных в цифровой двойник	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
6	Основные принципы моделирования компонентов в цифровом двойнике	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
7	Моделирование процессов создания продуктов и сборки из компонентов	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
8	Понятие группового маршрута и его значение для моделирования технологических процессов	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	Устный опрос
9	Иная контактная работа	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	
10	Экзамен	ПК-2.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Вопросы касающиеся практических работ или разработки с нуля цифровых двойников и моделирования промышленных процессов. (для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6, ПК-2.7 (знания и умения))

В чем состоит роль цифрового двойника в промышленном производстве?

Какие основные этапы включает в себя создание цифрового двойника?

Какие возможности предоставляют каталоги и библиотеки в цифровом двойнике?

Какие методы можно использовать для импорта данных в цифровой двойник?

Какие техники и методы моделирования компонентов в цифровом двойнике вы знаете?

Что такое групповой маршрут в контексте моделирования промышленных процессов?

Какие основные этапы создания группового маршрута вы можете выделить?

Практические задания (для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6, ПК-2.7 (практические навыки))

Создание цифровой модели отдельного устройства или подсистемы в соответствии с предоставленным техническим заданием.

Оценка соответствия разработанной цифровой модели техническому заданию и внесение необходимых корректировок.

Формирование проектной документации на основе цифровой модели устройства или системы.

Подготовка и передача цифровой модели в соответствии с техническим заданием и выбранным форматом.

Моделирование и оптимизация промышленных процессов с использованием цифровых двойников для анализа и улучшения производственной эффективности.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

Оценка «отлично» (зачтено)	знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
-------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерные теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

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?

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Создание цифрового двойника для конкретного промышленного процесса на основе предоставленного технического задания с использованием программы R-Pro Digital.

Импорт данных из различных источников в цифровой двойник в программе R-Pro Digital и адаптация их для использования в моделировании процессов.

Моделирование компонентов промышленной системы с учетом их взаимодействия и зависимостей в программе R-Pro Digital.

Создание группового маршрута для оптимизации материального потока в цифровом двойнике с использованием функционала программы R-Pro Digital.

Оценка эффективности разработанного цифрового двойника и его соответствия техническому заданию через проведение симуляций и анализ результатов в программе R-Pro Digital.

Подготовка проектной документации на основе цифрового двойника в программе R-Pro Digital, включая технические спецификации и отчеты о моделировании процессов.

Демонстрация работы цифрового двойника и его применения для оптимизации промышленных процессов перед комиссией промежуточной аттестации, с акцентом на использовании программы R-Pro Digital.

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

"Разработка цифрового двойника для оптимизации производственных процессов в автомобильной промышленности."

"Моделирование и оптимизация производственного процесса металлообработки с использованием цифрового двойника."

"Анализ и улучшение производственного процесса в химической промышленности с помощью цифрового двойника."

"Использование цифровых двойников для оптимизации логистических процессов в складском хозяйстве."

"Разработка цифрового двойника для моделирования и управления производственными роботами на заводе по производству электроники."

"Моделирование и оптимизация процесса сборки и упаковки продукции на производственном предприятии пищевой промышленности."

"Исследование и оптимизация технологического процесса 3D-печати на основе цифрового двойника."

"Разработка системы мониторинга и управления производственным процессом на основе данных из цифрового двойника."

"Моделирование и оптимизация процесса сборки многокомпонентных изделий с использованием роботизированных систем и цифровых двойников."

"Анализ и оптимизация производственного процесса на примере предприятия по производству электроники с использованием цифровых двойников и роботизированных систем."

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой. Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. В билет включено два теоретических вопроса, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Для подготовки по билету отводится 40 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Пенский О. Г., Математические модели цифровых двойников, Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019	https://www.iprbooksshop.ru/118930.html
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Евстифеев М. И., Елисеев Д. П., Проектирование 3D моделей элементов инерциальных модулей, Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2021	https://e.lanbook.com/book/283790

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru/

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Информационно-правовая система Гарант	https://www.garant.ru/products/ipo/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Торосад версия 17	Анкета Торосад для обновления программы б/н от 04.2016. Лицензия бессрочная
VirtualBox	Свободно распространяемое
Visual Studio Community Edition	Свободно распространяемое
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
<p>32. Межкафедральная лаборатория автомобильно-дорожного факультета г. Санкт-Петербург, Курляндская ул., д.2/5 Секция № 117-К и 118-К Лаборатория мехатроники и робототехники транспортных и технологических машин</p>	<p>Лаборатория мехатроники и робототехники транспортных и технологических машин 1.1) оборудование (117-К): а) 3D принтер Tiertime X5 на металлическом верстаке б) 3D принтер Tiertime UP300 на металлическом верстаке в) трехосевой робот-манипулятор с двухпальцевым схватом OmegaMan mini - 2шт. д) четырехосевой робот OmegaBot с датчиками и модулями - 20шт. г) робот на гусеничной платформе OmegaBot с датчиками и модулями - 10шт. д) набор робототехнический ТРИК «стартовый» - 2 шт. е) набор робототехнический ТРИК «учебная пара» - 4 шт. ж) макетные столы для слесарно-сборочных работ по сборке мехатронных и робототехнических образцов з) металлические шкафы и стеллажи для хранения робототехнических комплектов и наборов инструмента для механосборочных работ (МСП) 2.2) оборудование (118-К) а) компьютерный класс моделирования на ПК б) металлические шкафы и стеллаж для хранения</p>
<p>32. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий</p>	<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет</p>
<p>32. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет</p>
<p>32. Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.</p>

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 № 1046).

Программу составил:
доцент, к.т.н. Литвин Р. А.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Наземных транспортно-технологических машин

30.01.2024, протокол № 10

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент Куракина Е. В.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета
06.02.2024, протокол № 4.

Председатель УМК к.т.н., доцент Зазыкин А. В.