

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1161212	Цифровое моделирование: цифровые двойники

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Цифровой системный инжиниринг	Код ОП 1. 27.04.03/33.14
Направление подготовки 1. Системный анализ и управление	Код направления и уровня подготовки 1. 27.04.03

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Голоднов Антон Игоревич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	литейного производства и упрочняющих технологий
2	Кулемин Александр Николаевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	технической физики
3	Ребрин Олег Ириархович	доктор химических наук, профессор	Профессор	УрФУ

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Цифровое моделирование: цифровые двойники**

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле "Цифровое моделирование: цифровые двойники" рассматриваются концепция и ключевые подходы к созданию цифровых двойников технических изделий. Особое внимание уделяется вопросам создания математических моделей и физико-математического моделирования отдельных систем и технического изделия в целом. Подробно рассматриваются прикладные инструменты для моделирования различных технических изделий. Дополнительно изучаются методы инженерных исследований и создание виртуальных испытательных стендов (на основе физико-математического моделирования). В модуле сделан упор на практическом применении математического моделирования для предприятий-партнеров.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Цифровое моделирование: цифровые двойники	12
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Цифровые технологии управления предприятием2. Силовые установки для транспортных средств
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Проектная деятельность2. Практики

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Цифровое моделирование: цифровые	УК-7 - Способен обрабатывать, анализировать,	У-2 - Выбирать современные цифровые средства и технологии для обработки,

двойники	<p>передавать данные и информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач с учетом требований информационной безопасности</p>	<p>анализа и передачи данных с учетом поставленных задач</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, используя эффективные цифровые средства и средства информационной безопасности</p>
	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений,</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p>

<p>планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>3-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>3-4 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие оформление научно-технических отчетов и защиту прав интеллектуальной собственности</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Оценивать оформление научно-технических отчетов, публикаций научных результатов, документов защиты интеллектуальной собственности на соответствие нормативным требованиям</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>П-2 - Оформить научно-технический отчет, публикацию научных результатов, документы защиты интеллектуальной собственности в соответствии с нормативными требованиями</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>3-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p>

		<p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
	<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p>
	<p>ПК-2 - Способность организовать разработки конструкций автотранспортных средств и их компонентов</p>	<p>З-1 - Перечислить методики проведения расчетов и (или) виртуальных испытаний систем автотранспортных средств и их компонентов</p> <p>З-2 - Изложить основные нормативно-технические, регламентные требования к разработке автотранспортных средств и их компонентов.</p> <p>У-1 - Определять методики расчетов и (или) виртуальных испытаний систем автотранспортных средств и их компонентов</p>

		У-2 - Анализировать влияние ключевых факторов на выходные характеристики автотранспортных средств и их компонентов
	ПК-6 - Способность планировать и организовать разработки технического задания, эскизного проекта и технического проекта автотранспортных средств и их компонентов	<p>З-3 - Изложить особенности применяемых на предприятии производственных технологий и условий эксплуатации проектируемых автотранспортных средств</p> <p>У-1 - Предлагать технические решения для подготовки эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документации</p> <p>У-2 - Оформлять проекты программ натурных и виртуальных испытаний для создания автотранспортных средств и их компонентов</p> <p>П-1 - Спланировать и организовать создание технического задания, эскизного проекта и технического проекта автотранспортных средств и их компонентов</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Цифровое моделирование: цифровые
двойники

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кулемин Александр Николаевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподавате ль	технической физики
2	Мизгулин Вячеслав Владимирович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	интеллектуальных информационных технологий

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральская передовая инженерная школа
«Цифровое производство»

Протокол № 1 от 01.02.2023 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кулемин Александр Николаевич, Старший преподаватель, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Тема 1.	Концепция цифровых двойников.	Концепция и ключевые подходы к созданию цифровых двойников технических изделий. Вопросы создания математических моделей и физико-математического моделирования отдельных систем и технического изделия в целом.
Тема 2.	Инструментарий моделирования.	Прикладные инструменты для моделирования различных технических изделий. Практическое применение математического моделирования для задач инженерной деятельности.
Тема 3.	Создание виртуальных испытательных стендов.	Методы инженерных исследований и создание виртуальных испытательных стендов (на основе физико-математического моделирования).

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровое моделирование: цифровые двойники

Электронные ресурсы (издания)

1. Авлукова, Ю. Ф.; Основы автоматизированного проектирования : учебное пособие.; Высшая школа, Минск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/24071.html> (Электронное издание)
2. Склярова, Е. А.; Компьютерное моделирование физических явлений : учебное пособие.; Томский политехнический университет, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/34668.html> (Электронное издание)
3. Хуртасенко, А. В.; Компьютерное твердотельное 3D-моделирование : практикум. учебное пособие.; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, Белгород; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/49710.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Берестова, С. А., Рощева, Т. А.; Введение в инженерную деятельность : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки в ИРИТ-РтФ, ИНМТ и ИнФО по индивидуальным образовательным траекториям.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2022 (5 экз.)
2. Блинов, В. Л., Комаров, О. В.; Цифровые двойники турбомашин : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.03 и 13.04.03 - Энергетическое машиностроение.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2022 (10 экз.)
3. Лукинских, С. В., Кугаевский, С. С.; Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.05, 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)
4. Лукинских, С. В., Лукинских, С. В.; Проектирование изделий в SolidWorks : учеб. пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 экз.)
5. Лимановская, О. В., Обабков, И. Н.; Ч. 1 : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению 09.03.04 - Программная инженерия ; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017 (6 экз.)
6. Советов, Б. Я.; Моделирование систем : [учебник для вузов].; Высшая школа, Москва; 2007 (10 экз.)
7. Павловский, Ю. Н.; Имитационное моделирование; Академия, Москва; 2008 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Поисковая система <http://www.yandex.ru>

Поисковая система <http://www.google.com>

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровое моделирование: цифровые двойники

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>nanoCAD Инженерный BIM (nanoCAD + модули BIM Электро, BIM ОПС, BIM СКС, BIM ВК, BIM Отопление)</p> <p>ANSYS Academic Research HF (5 tasks) лицензия</p> <p>ANSYS Teaching HF (25 tasks) лицензия</p> <p>ANSYS BladeModeller</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Учебный комплект ЛОЦМАН: PLM 2014</p> <p>Qform 2D/3Dx32</p> <p>Компас - 3D, версия 15</p> <p>Siemens NX и Teamcenter</p>