|  |  |
| --- | --- |
| 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 информационных технологий |
| Кафедра | Автоматики и промышленной электроники |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  **УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ** | | |
| **3D моделирование в робототехнических системах** | | |
| Уровень образования | бакалавриат | |
| Направление подготовки | 09.03.01 | Информатика и вычислительная техника |
| Профиль | Автоматизированные системы обработки информации и управления | |
| Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения | 4 года | |
| Форма обучения | очная | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочая программа учебной дисциплины «3D моделирование в робототехнических системах» основной профессиональной образовательной программы высшего образования*,* рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 1 от 24.08.2021 г. | | |
| Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины: | | |
| 1.  2. | Доцент  Доцент | А.А. Казначеева  О.М. Власенко |
|  | Заведующий кафедрой: | Д.В. Масанов |

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

* + - 1. Учебная дисциплина «3D моделирование в робототехнических системах» изучается в шестом семестре.
      2. Курсовая работа по данной дисциплине не предусмотрена.

## Форма промежуточной аттестации:

Зачет с оценкой.

## Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

* + - 1. Учебная дисциплина«3D моделирование в робототехнических системах»относится к части, формируемая участниками образовательных отношений*.*
      2. Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам и практикам:
    - Средства компьютерной графики;
    - Информационные и коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
      1. Результаты обучения по учебной дисциплине используются при изучении следующих дисциплин и прохождения практик:
    - Проектирование АСОИ и У.
      1. Результаты освоения учебной дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## Цели и планируемые результаты освоения дисциплины

* + - 1. Целями изучения дисциплины «3D моделирование в робототехнических системах» 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 с 3D технологиями проектирования робототехнических систем в программе RobotExpert;
    - 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 Каталог ГОСТ [www.internet-law](http://www.internet-law);
    - формирование навыков работы в программах для разработки цифровых двойников технологического оборудования и процессов, 3D моделирования робототехнических систем и настройки цифровых систем управления в программах Technomatix Process, RobotExpert и др.; навыков использования дистанционных сред (Moodle, Google meet) и программ для работы с документами MS Office и др. для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом;
    - формирование у обучающихся дополнительных компетенций помимо установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине.
      1. 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.

# ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 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** |
| --- | --- | --- |
| ДПК-2.5  Применение специализированных программных средств для проектирования и разработки систем управления, имитационных моделей и цифровых двойников оборудования и процессов | ИД-ДПК-2.5.2  Применение специализированных программных средств для проектирования систем управления, разработки моделей и цифровых двойников | * Применяетзнания законов и методов в области естественных и инженерных наук для постановки задачи разработки цифрового двойника оборудования технологических процессов. * Применяет общеинженерные знания, знания нормативно-технической документации и электронных ресурсов, поисковых систем Web of Science, PatSearch, баз данных Global Patent Index для решения задачицифровизации технологических процессов. * Использует методы, 3D технологии проектирования и инструменты разработки цифрового двойника оборудования, применяет программные продукты Technomatix Process, RobotExpert и др. * Применяет навыки использования программных средств MS Office для оформления технической документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом. |

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| по очной форме обучения – | 3 | з.е. | 108 | час. |

## 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, час** | **промежуточная аттестация, час** |
| 6 семестр | Зачет с оценкой | 108 | 19 |  | 38 |  |  | 51 |  |
| Всего: |  | 108 | 19 |  | 38 |  |  | 51 |  |

## 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** |
|  | **Шестойсеместр** | | | | | | |
| ДПК-2.5:  ИД-ДПК-2.5.2 | **Раздел I. Введение** | **8** | **х** | **12** | **х** | **18** |  |
| Тема 1.1  Концепция, определения и классификация цифровых двойников. Инжиниринговые инструменты для их создания | 2 |  |  |  | 9 | Формы текущего контроля  по разделу I:  Устный опрос, дискуссия;  Эссе, тестирование |
| Тема 1.2  Технологии сбора и обработки данных для создания цифровых двойников. Технологии математического моделирования | 2 |  |  |  | 1 |
| Тема 1.3  Technomatix Process. Симуляция различных процессов. | 4 |  |  |  | 1 |
| Лабораторная работа 1.1  Определение цифрового двойника, эволюция термина и составляющих технологий. Классификация |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 1.2  Цифровые двойники и оптимизация изделия, аддитивные технологии |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 1.3  Цифровые двойники, человеко-машинные интерфейсы, облака и периферийные вычисления |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа № 1.4  Настройка программы RobotExpert |  |  | 3 |  | 2 |
| Лабораторная работа № 1.5  Разработка 3D-модели устройства манипуляторного типа в RobotExpert. Моделирование компонентов |  |  | 3 |  | 2 |
| ДПК-2.5:  ИД-ДПК-2.5.2 | **Раздел II. Архитектура и технология создания цифровых двойников** | **6** | **х** | **14** | **х** | **12** | Формы текущего контроля  по разделу II:  Устный опрос, дискуссия; контрольная работа |
| Тема 2.1  Описание технологического процесса. Задачи для симуляции процессов. | 2 |  |  |  | 1 |
| Тема 2.2  Роботизация производства. Промышленный робот и принцип его работы | 2 |  |  |  | 1 |
| Тема 2.3  Системы координат промышленного робота. Степени свободы движения робота | 2 |  |  |  | 1 |
| Лабораторная работа 2.1  Отличие функционала Technomatix Process и RobotExpert |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 2.2  Изучение объекта System root |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 2.3  Изучение настроек в Tecnomatix Doctor |  |  | 3 |  | 1 |
| Лабораторная работа № 2.4  Моделирование технологической операции «Дуговая сварка» |  |  | 3 |  | 2 |
| Лабораторная работа № 2.5  Компоновка производственной ячейки |  |  | 2 |  | 2 |
| Лабораторная работа № 2.6  Моделирование кинематики робота |  |  | 2 |  | 2 |  |
| ДПК-2.5:  ИД-ДПК-2.5.2 | **Раздел III. Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях** | **5** |  | **12** | **х** | **8** | Формы текущего контроля  по разделу III:  Устный опрос, дискуссия; |
| Тема 3.1  Контроллер робота. Программирование промышленного робота FANUC | 3 |  |  |  | 1 |
| Тема 3.2  Техника безопасности | 2 |  |  |  | 1 |
| Лабораторная работа 3.1  Классификация систем управления роботами |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 3.2  Структура управления роботом |  |  | 2 |  | 1 |
| Лабораторная работа 3.3  Преобразование в CAD. Деталь, робот |  |  | 4 |  | 2 |
| Лабораторная работа № 3.4  Создание универсальных операций функционирования робота |  |  | 4 |  | 2 |
| ДПК-2.5:  ИД-ДПК-2.5.2 | Зачет с оценкой | х |  | х | х | **13** | зачет по совокупности результатов текущего контроля успеваемости |
|  | **ИТОГО за шестойсеместр** | **19** |  | **38** | **х** | **51** |  |

## 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 | Process Simulate. Симуляция различных процессов. | Модульная структура программы |
| **Раздел II** | **Архитектура и технология создания цифровых двойников** | |
| Тема 2.1 | Описание технологического процесса. Задачи для симуляции процессов | Планирование и проверка технологического процесса. Оптимизация размещения оборудования. Подбор технологического оснащения. Разработка способа выполнения операций и траекторий перемещения. Проверка ручных операций и эргономики. Программирование роботов и PTK в режиме offline. Виртуальная пусконаладка автоматизированных комплексов |
| Тема 2.2 | Роботизация производства. Промышленный робот и принцип его работы | Плотность роботизации по странам. Обзор компонентов механики робота. Промышленный 6-ти степенной манипулятор и его характеристики |
| Тема 2.3 | Системы координат промышленного робота. Степени свободы движения робота | Кинематические пары. Число степеней подвижности. Маневренность манипулятора. Угол сервиса манипулятора. Примеры расчетов. |
| **Раздел III** | **Примеры использования цифровых двойников в различных отраслях** | |
| Тема 3.1 | Контроллер робота. Программирование промышленного робота FANUC | Виртуальный контроллер. Имитация Виртуального контроллера, процесс настройки. Масштабируемость. Управление виртуальным временем. Соединение PLCSIM Adv. V1.0. Виртуальный контроллер PLCSIM Adv. |
| Тема 3.2 | Техника безопасности | Правила техники безопасности использования промышленных роботов |

## 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** | **Введение** | | | |
| Тема 1.1 | Концепция, определения и классификация цифровых двойников. Инжиниринговые инструменты для их создания | Эссе по теме «Цифровые двойники как способ преодоления сложности инженерных систем» Провести обзор инжиниринговых инструментов и программ для создания цифровых двойников. | Устное собеседование по результатам выполненной работы | **8** |

## 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.

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

## 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 дополнительных профессиональных**  **компетенций** |
| ДПК-2.5:  ИД-ДПК-2.5.2 |
| высокий |  | отлично | Обучающийся:   * способен применять 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. * демонстрирует уверенные навыки 3D моделирования и работы в программах для разработки цифрового двойника оборудования и процессов Technomatix Process Simulateи RobotExpert; * применяет программные средства MS Office и др. для оформления технической документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом. |
| повышенный |  | хорошо | Обучающийся:   * знает законы и методы в области естественных и инженерных наук для постановки задачи разработки цифрового двойника оборудования технологических процессов. * владеет навыками 3D моделирования, работает в одной из программ для разработки цифрового двойника оборудования и процессов Technomatix Process Simulate или RobotExpert; * оформляет техническую документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом, допускает единичные ошибки |
| базовый |  | удовлетворительно | Обучающийся:  - испытывает некоторые трудности в применении методов и инструментов разработки цифрового двойника оборудования, программных продуктов Technomatix Process Simulate, RobotExpert. |
| низкий |  | неудовлетворительно | Обучающийся:   * 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. |

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

## Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

| **№ пп** | **Формы текущего контроля** | * + - 1. **Примеры типовых заданий** |
| --- | --- | --- |
| 1 | Контрольная работа  по разделу II «Архитектура и технология создания цифровых двойников» | Вариант 1:   1. Опишите классификацию цифровых двойников по уровню сложности. 2. Классификация математических моделей. 3. Облачные технологии.   Вариант 2:   1. Методы математического моделирования. 2. Имитационное моделирование как раздел математического моделирования. 3. Опишите последовательность действий для операции определения тел столкновения для плоской транспортной поверхности.   Вариант 3:  1. Что такое Tecnomatix Doctor?  2. Какие задачи решает роботизация?  3. Контроллер промышленного робота. |
| 2 | Проверочный тест по разделу I «Введение» | **Вопрос 1.** Что из перечисленного не является необходимым элементом для создания цифрового двойника?   1. «Best-in-class» технологии мирового уровня 2. Системный инжиниринг 3. Технологии дополненной реальности 4. Многоуровневая матрица требований / целевых показателей и ресурсных ограничений   **Вопрос 2.** Верификация подразумевает оценку соответствия между...   1. Математической и структурной моделями 2. Математической и численной моделями 3. Структурной и физической моделями 4. Структурной и математической моделями |

## 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 RobotExpert. Был сформирован отчет с описанием задания, приведены копии экранов программ. Даны логически последовательные, содержательные, полные, правильные и конкретные ответы на контрольные вопросы; даны рекомендации по использованию данных в будущем для аналогичных ситуаций. | 2 | 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). | 2 | 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. | 1 | 3 | |
| Обучающийся, не принимал участие в работе группы.  Группа не справилась с заданием на уровне, достаточном для проставления положительной оценки. | 0 | 2 | |
| Контрольная работа | Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала. Обучающийся показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике. | 9-10 | 5 | |
| Работа выполнена полностью, но обоснований шагов решения недостаточно. Допущена одна ошибка или два-три недочета. | 7-8 | 4 | |
| Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов. | 5-6 | 3 | |
| Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки. | 1-4 | 2 | |
| Работа не выполнена. | 0 |
| 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. | 8.5-10 | 5 | 85% - 100% |
| 6.5-8.4 | 4 | 65% - 84% |
| 4.1-6.4 | 3 | 41% - 64% |
| 0-4 | 2 | 40% и менее 40% |
| Эссе | Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала. Обучающийся показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике. | 9-10 | 5 | |
| Работа выполнена полностью, но обоснование выбранных методов и алгоритмов решения приведено недостаточно полно. Допущены незначительные ошибки. | 7-8 | 4 | |
| Работа выполнена не полностью, обоснование выбранных методов и алгоритмов решения приведено неполно. Допущены грубые ошибки. | 5-6 | 3 | |
| Работа выполнена не полностью, поставленная задача не решена, тема не раскрыта, обоснование выбранных методов и алгоритмов решения не приведено. Допущены грубые ошибки. | 1-4 балла | 2 | |
| Работа не выполнена. | 0 баллов |

## Промежуточная аттестация:

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

## Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины:

| **Форма промежуточной аттестации** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование оценочного средства** | **100-балльная система** | **Пятибалльная система** | |
| Зачет с оценкой | Обучающийся:  - 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  - демонстрирует уверенные навыки 3D моделирования и работы в программах для разработки цифрового двойника оборудования и процессов Technomatix Process Simulate и RobotExpert;  - применяет программные средства MS Office и др. для оформления технической документации и использует дистанционные среды (Moodle, Google meet) для представления проектов цифровой системы управления технологическим процессом.  - использует математический аппарат и программное обеспечение для оценки эффективности методов моделирования и выбора оптимальных решений систем управления технологическими объектами с учетом действующих критериев и ограничений;  - свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе;  - дает развернутые, исчерпывающие, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные.  Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами. | 34 – 40 баллов | 5 | 85% - 100% |
| Обучающийся:  - показывает достаточные знания законов и методов в области естественных и инженерных наук при решении задач моделирования, разработки цифрового двойника оборудования технологических процессов;  - использует на приемлемом уровне математический аппарат и цифровые информационные технологии, программы Technomatix Process Simulate или RobotExpert, для разработки цифрового двойника оборудования и процессов;  - - достаточно подробно, грамотно и по существу излагает изученный материал, приводит и раскрывает в тезисной форме основные понятия;  - допускает единичные негрубые ошибки;  - достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе;  - ответ отражает знание теоретического и практического материала, не допуская существенных неточностей.  В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы. | 28 –33 балла | 4 | 70% - 84% |
| Обучающийся:  - демонстрирует необходимые теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме;  - 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.  Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета. Неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно. | 20 – 27 баллов | 3 | 50% - 69% |
| Обучающийся:  - демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материал, допускает грубые ошибки при его изложении;  - испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами;  - ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.  На большую часть дополнительных вопросов затрудняется дать ответ или не дает верных ответов | 0 – 19 баллов | 2 | 49% и менее |

## 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 (15 работ) | 0-2 | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| - контрольная работа | 0-10 | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| - тест | 0-10 | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| - эссе | 0-10 | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| Промежуточная аттестация  Зачет с оценкой | 0-40 | отлично  хорошо  удовлетворительно  неудовлетворительно |
| **Итого за семестр**  Зачет с оценкой | 0-100 |

* + - 1. Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **100-балльная система** | **пятибалльная система** | |
| **Экзамен\зачет с оценкой** | **зачет** |
| 85 – 100 баллов | отлично  зачтено (отлично) | зачтено |
| 70 – 84 баллов | хорошо  зачтено (хорошо) |
| 50 – 69 баллов | удовлетворительно  зачтено (удовлетворительно) |
| 0 – 49 баллов | неудовлетворительно | не зачтено |

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

* + - 1. 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](https://www.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/poiskovye-sistemy-i-bazy-dannykh.php), [PatSearch](https://www.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/poiskovye-sistemy-i-bazy-dannykh.php) 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);

# ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

* + - 1. Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины не реализуется.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

* + - 1. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидовиспользуются 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.
      2. При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.
      3. Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:
      4. Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.
      5. 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.).
      6. 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.
      7. 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.

# МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. 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, * принтер, * ноутбук, * проектор |
| **Помещения для самостоятельной работы обучающихся** | **Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся** |
| читальный зал библиотеки | * компьютерная техника; * подключение к сети Интернет |

* + - 1. 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 | 640х480, 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.

# 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 Груп» | 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, технологии, платформы, перспективы. Часть 2. Ключевые технологии цифровых двойников. Типы моделирования физического объекта | Статья | Журнал «Автоматизация в промышленности» | 2020 |  | 5 |

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

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

|  |  |
| --- | --- |
| **№ пп** | **Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы** |
|  | Материалы и ресурсы по системам Siemens PLM  https://ideal-plm.ru/uPage/Besplatnie\_materiali\_i\_resursi\_po\_sistemam\_Siemens\_PLM |
|  | Каталог ГОСТ [www.internet-law.ru](http://www.internet-law.ru/) |
|  | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» <http://znanium.com/> |
|  | КонсультантПлюс: Законодательство:  <https://xn--80atdbhcdmofgci1kob.xn--80aswg/zakonodatelstvo> |
|  | **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы** |
|  | Информационно-правовой портал Гарант.ру <https://www.garant.ru/> |
|  | [Национальная электронная библиотека (НЭБ)](https://www.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/poiskovye-sistemy-i-bazy-dannykh.php) |
|  | [База данных Global Patent Index (GPI)](https://www.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tekhnicheskaya-biblioteka/poiskovye-sistemy-i-bazy-dannykh.php) |

## Перечень программного обеспечения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Программное обеспечение** | **Реквизиты подтверждающего документа/ Свободно распространяемое** |
|  | Windows 10 Pro, MS Office 2019 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | NX MCD Siemens, WinCC Advanced, | Свободно распространяемое |
|  | Tia Portal Siemens, Simatic PLCSim, | Свободно распространяемое |
|  | Tecnomatix Plant Simulation | Свободно распространяемое |
|  | 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** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |