

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Рябчин Владимир Васильевич
Должность: Директор
Дата подписания: 18.06.2025 10:49:59
Уникальный программный ключ:
937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТИ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ОДОБРЕНО
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ
Протокол № 4 от 08.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

(наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
Профиль подготовки Компьютерное проектирование и технологии производства изделий

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная и др.)

Семестр	7	Итого
Трудоемкость, кред.	3	3
Общий объем курса, час.	108	108
Лекции, час.	24	24
Практич. занятия, час.	24	24
Лаборат. работы, час.	-	-
В форме практической подготовки, час.	16	16
СРС, час.	33	33
КСР, час.	-	-
Форма контроля – экзамен	27	27

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Киберфизические производственные системы» дает практическое представление о типах и конструкциях современных роботов-манипуляторов. О расчете их элементов и новых областях применения. Дается представление об организации роботизированного обслуживания станков. Рассматриваются дополнительные возможности по обработке деталей на многофункциональных станках с ЧПУ. Даются понятия о применении Искусственного интеллекта на производстве. Показан переход от автоматизированных производств к Умным производствам.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины «Киберфизические производственные системы» является подготовка высококвалифицированного специалиста к профессиональной деятельности, включающей совокупность средств, приёмов, способов и методов человеческой деятельности, направленной на формирование интеллектуальных и специальных умений, подготовку к самостоятельной работе студента в нестандартных условиях рынка, создание конкурентно-способной продукции машиностроения и близких к ней.

Главной задачей дисциплины является приобретение студентами структурных знаний в вопросах построения станочных систем, скомпонованных из многофункциональных станков, транспортно-накопительных систем и робототехнических комплексов, а также комплексных знаний об устройстве основных узлов.

Учебные задачи дисциплины:

- овладение навыками подбирать станок для обработки заданной детали; разбираться в конструкциях и назначении основных узлов станков; анализировать работу станка;
- формирование знаний по основам конструкций промышленных роботов, их возможностей, принципов использования; видов и возможности транспортно-накопительных систем, правила размещения на производстве и совмещения с промышленными роботами;
- формирование навыков оценивать необходимость применения транспортно-накопительных систем и промышленных роботов на различных типах производства, выбирать необходимый тип роботов и транспортно-накопительных систем, необходимых инженеру для работы на предприятиях ЯОК.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Киберфизические производственные системы» изучается студентами четвертого курса, входит в теоретический блок профессионального модуля раздела Б.1, в блок дисциплин по выбору, части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» профиля подготовки «Компьютерное проектирование и технологии производства изделий».

Для изучения дисциплины необходимы знания и умения, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин: "Теория механизмов и машин", "Процессы и операции формообразования", "Технологические процессы в машиностроении", "Основы технологии машиностроения", "Детали машин и основы конструирования", "Оборудование машиностроительных производств". Входной контроль знаний не предусматривается.

Входные компетенции учебной дисциплины:

Код компетенции	Компетенция
УКЦ-2	Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
ПК-1	Способен разрабатывать проекты технологических процессов изготовления типовых деталей машин
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ОПК-5	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ПК-2	Способен выполнять технологическую подготовку производства деталей машиностроения
ПК-5	Способен участвовать в разработке проектов изделий машиностроения с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров
ПК-7	Способен участвовать в приемке и освоении вводимых в эксплуатацию средств и систем машиностроительных производств

Как учебная дисциплина, данная дисциплина связана с такими дисциплинами ООП направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» как: "Технология обработки металлов резанием", "Оборудование машиностроительных производств", "Программирование станков с ЧПУ", "Автоматизация производственных процессов в машиностроении", "Проектирование механосборочного цеха", с производственными практиками, с выполнением курсового проектирования, с выполнением выпускной квалификационной работы. Таким образом, дисциплина «Киберфизические производственные системы» обеспечивает логическую взаимосвязь в изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин.

Указанные связи и содержание дисциплины «Киберфизические производственные системы» дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии ОС ВО НИЯУ МИФИ, что обеспечивает соответственный теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения будущей деятельности бакалавра.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Процесс освоения дисциплины «Киберфизические производственные системы» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-2.3; ПК-2.4.

Код компетенции	Компетенция
ПК-2.3	Способен осваивать современные методы производственно-технологического обеспечения машиностроительных производств и выполнять работы по корректировке, освоению и оптимизации технологических процессов с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса
ПК-2.4	Способен осуществлять исследовательскую деятельность по подготовке исходных данных, проведению расчетов, обработке и анализу результатов исследований, составлению отчетов в области ядерноэнергетических технологий

Индикаторами достижения компетенций являются:

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
ПК-2.3	З-ПК-2.3	Знать: технические характеристики технологического оборудования, используемого в технологических процессах изготовления деталей; принципы выбора типовых технологических процессов и технологических процессов-аналогов с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса
	У-ПК-2.3	Уметь: выбирать технологическое, основное и вспомогательное оборудование для организации гибких производственных систем; уметь проводить работу по корректировке, освоению и оптимизации технологических процессов машиностроительных производств с целью повышения качества изделий и эффективности производства с учетом его специфики на объектах ядерного оружейного комплекса
	В-ПК-2.3	Владеть: навыками выбора технологического оборудования, необходимого для реализации разработанного технологического процесса; методов и средств контроля правильности эксплуатации технологического оборудования; умеет выполнять расчеты применительно к условиям конкретного типа производства с учетом специфики производства на объектах ядерного оружейного комплекса
ПК-2.4	З-ПК-2.4	Знать: цели и задачи проводимых исследований; назначение и принцип работы приборов и экспериментальных установок, используемых при проведении исследований; условия безопасной эксплуатации приборов и установок; нормы и правила ядерной, радиационной безопасности и электробезопасности; способы оценки научно-технического уровня достигнутых результатов; методы и средства математической обработки результатов расчетных и экспериментальных данных; основы прикладной метрологии в атомной науке и технике
	У-ПК-2.4	Уметь: производить литературный поиск необходимых научно-технических материалов по тематике исследований; пользоваться сертифицированными программными кодами; пользоваться современными методами и приборами для решения поставленных

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
		задач; применять современные математические и графические методы обработки расчетных и экспериментальных результатов; производить оценки погрешностей получаемых результатов
	В-ПК-2.4	Владеть: навыками составления рабочих планов выполнения заданий; выбора методики исследования и испытаний, используемых в атомной отрасли; проведения тестовых расчетов и поверочных измерений на установках и стендах; подготовки отчетов по результатам исследований

4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
В18	Профессиональное и трудовое воспитание	Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин совместных проектов.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- интерактивные практические занятия, подготавливающие студента к выполнению задач из домашнего задания.
- работа по выполнению домашнего задания, развивающая способность самостоятельно находить рациональные технические решения в области расчета элементов промышленного робота.

Перечисленные мероприятия направлены на:

- выявление проблем, связанных с надежностью и ремонтпригодностью технических элементов и систем; навыками разработки и оформления документации по эксплуатации оборудования;
- формирование у студентов трудовой мотивации и активной профессиональной позиции, личного трудолюбия;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 часов.

№	Раздел учебной дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Обязательный текущий контроль успеваемости (форма, неделя)	Аттестация раздела (форма, неделя)	Максимальный балл за раздел
				Лекции	Лабораторная работа	Практические занятия	Самостоятельная работа			
1	Раздел 1	7	1...8	12	-	12	12	БДЗ1.1-4, БДЗ1.2-6 или проектное ДЗ - 4-6	ОП1-7	30 баллов
2	Раздел 2	7	9...16	12	-	12	21	БДЗ1.3 – 9, БДЗ1.4 –11 или проектное ДЗ - 9-11	ОП2-15	30 баллов
	Итого в течении семестра			24	-	24	33			60 баллов
	Экзамен									40 баллов
	Итого за 7-й семестр									100 баллов

Условные обозначения:

БДЗ – большое домашнее задание из 4-х задач, с указанием, через дефис, недели начала выполнения.

*ОП – письменный опрос с указанием, через дефис, недели проведения занятия.
Проектное ДЗ – альтернативное задание.*

НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1 Промышленные роботы.

Тема 1.1. Концепция роботизированных систем. Их возникновение и развитие.

Тема 1.2 Поколения роботов и основные производители. Виды промышленных роботов.

Тема 1.3 Классификация и основные типы станочных систем. Робототехнический комплекс.

Тема 1.4 Сферы применения индустриальных роботов. Дельта робот. Робот SCARA.

Тема 1.5 Коллаборативные роботы - коботы. Отличие промышленных роботов-манипуляторов от коботов. Транспортные роботы. Технология LiDAR.

Тема 1.6 Классификация промышленных роботов – по назначению и характеру операций, по степени специализации. Технические характеристики робота. Типовые компоновки. Рабочие органы промышленных роботов.

Тема 1.7 Захватные устройства промышленных роботов. Классификация. Механические хватные устройства. Электропневматические захваты.

Тема 1.8 Захватные устройства для хрупких предметов и объектов произвольной формы. Захватные устройства с эластичными камерами. Адаптивные хватные устройства.

Тема 1.9 Антропоморфные хватные устройства. Притягивающие хватные устройства – электромагнитные, вакуумные.

Тема 1.10 Инструменты промышленных роботов. Промышленные роботы для различных операций.

Тема 1.11 Типы механических конструкций роботов. Состав промышленного робота. Механическая система промышленного робота. Система управления.

Тема 1.12 Общее устройство манипуляторов промышленных роботов. Система уравнивания масс (система вывешивания). Основные узлы и кинематические пары, применяемые в манипуляторах. Увеличение рабочей зоны промышленного робота.

Тема 1.13 Структурный анализ и синтез механизмов промышленных роботов. Кинематический и силовой расчет.

Тема 1.14 Механизмы промышленных роботов. Волновые зубчатые передачи в механизме главного поворота и движения схвата руки робота. Шарико-винтовые передачи. Направляющие рельсовые.

Тема 1.15 Режимы работы, особенности и основы расчета механизмов приводов промышленных роботов.

Раздел 2 Киберфизические системы. Умное производство.

Тема 2.1 Системы технического зрения. Компьютерное зрение (CV) и искусственный интеллект (AI). Технологии CV. Контурный анализ. Поиск по шаблону. Искусственные нейронные сети.

Тема 2.2 Глубокое обучение (DL) в системах CV. Поиск вне шаблонов. Совмещение данных. Машинное зрение для роботов.

Тема 2.3 Роботизированное обслуживание станков с ЧПУ. Роботизированные посты загрузки станков. Примеры внедрения.

Тема 2.4 Многоцелевые токарные станки с ЧПУ. Виды выполняемых операций. Токарный станок с контршпинделем. Примеры компоновки.

Тема 2.5 Многоцелевые токарно-фрезерные станки с ЧПУ. Виды компоновок. Виды выполняемых операций.

Тема 2.6 Приводной инструмент для станков токарной группы.

Тема 2.7 Многоцелевые фрезерные станки с ЧПУ. Виды выполняемых операций. Компоновки станков: с вертикальным расположением шпинделя; с двойным рабочим пространством; с горизонтальным расположением шпинделя; с универсальными фрезерными головками.

Тема 2.8 Продольно-фрезерные станки с ЧПУ. Шпиндельная оснастка для расширения технологических возможностей станков фрезерно-расточной группы.

Тема 2.9 Измерительные системы для станков с ЧПУ. Датчики для измерения размеров инструмента. Датчики для определения состояния инструмента. Датчики для определения размеров.

Тема 2.10 Киберфизические системы (CPS) и Интернет вещей (IoT). Архитектура, характеристики CPS. Применение (IoT) в производстве. Промышленный интернет вещей (IIoT). Сенсорика и сбор данных. Облачные технологии. Примеры киберфизических систем на производстве.

Тема 2.11 Искусственный интеллект в управлении производством. Машинное обучение и его роль оптимизации процессов. Применений нейронных сетей. Типы нейросетей: рекуррентные (RNN), свёрточные (CNN), глубокие (DNN).

Тема 2.12 Методы (алгоритмы) искусственного интеллекта: искусственные нейронные сети; нечёткая логика, экспертные системы, генетические алгоритмы, многоагентные системы, машинное обучение (ML).

Тема 2.13 Предиктивное (предсказательное) обслуживание (PdM) и анализ данных. Кейсы использования ИИ в промышленности.

Тема 2.14 Концепция Умного производства (Smart Manufacturing). Тенденции развития: Искусственный интеллект общего применения (AGI); Агентный ИИ - Agentic AI; Окружающий невидимый интеллект - Ambient Invisible Intelligence (AmI).

Тема 2.15 Многофункциональные роботы-гуманоиды на производстве. Сферы применения. Роевой интеллект роботов - Swarm intelligence (SI). Обучение роботов в промышленной Метавселенной (industrial metaverse) на базе ИИ.

Аудиторные занятия и бюджет времени на самостоятельную подготовку студента

Учебная неделя	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Практическая подготовка	Самостоятельная работа
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1	<i>Раздел 1 Промышленные роботы.</i> Концепция роботизированных систем. Поколения роботов. Виды промышленных роботов.	2	-	-	-	1

Учебная неделя	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Практическ ая подготовка	Самостоятель ная работа
2	Классификация и типы станочных систем. Сферы применения промышленных роботов. Коллаборативные роботы - коботы. Транспортные роботы.	2	-	-	-	2
3	Классификация промышленных роботов. Рабочие органы промышленных роботов. Захватные устройства промышленных роботов. Механические захватные устройства.	-	4	-	-	2
4	Захватные устройства с эластичными камерами. Адаптивные захватные устройства. Захватные устройства, оснащенные датчиками. Антропоморфные.	4	-	-	-	2
5	Притягивающие захватные устройства. Инструменты промышленных роботов для различных операций.	-	2	-	-	2
6	Состав промышленного робота. Механическая система промышленного робота. Система управления. Общее устройство манипуляторов промышленных роботов. Основные узлы и кинематические пары, применяемые в манипуляторах.	4	-	-	-	2
7	Структурный анализ и синтез механизмов промышленных роботов. Кинематический и силовой расчет.	-	2	-	2	2
8	Механизмы промышленных роботов. Волновые зубчатые передачи. Шарико-винтовые передачи. Режимы работы, особенности и основы расчета механизмов приводов роботов.	-	2	-	2	2
9	<i>Раздел 2 Киберфизические системы. Умное производство.</i> Системы технического зрения. Компьютерное зрение (CV) и искусственный интеллект (AI). Технологии CV. Глубокое обучение в системах CV. Машинное зрение для роботов.	4	-	-	-	2
10	Роботизированное обслуживание станков с ЧПУ. Роботизированные посты загрузки станков. Многоцелевые токарные станки с ЧПУ. Виды выполняемых операций. Токарный станок с контршпинделем.	-	2	-	-	2
11	Многоцелевые токарно-фрезерные станки с ЧПУ. Виды компоновок. Виды	2	-	-	-	2

Учебная неделя	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Практическ ая подготовка	Самостоятель ная работа
	выполняемых операций. Приводной инструмент для станков токарной группы.					
12	Многоцелевые фрезерные станки с ЧПУ. Виды выполняемых операций. Компоновки станков.	2	-	-	-	2
13	Шпиндельная оснастка станков фрезерно-расточной группы. Измерительные системы для станков с ЧПУ. Станки с ИИ.	-	4	-	4	4
14	Киберфизические системы (CPS) и Интернет вещей (IoT). Сенсорика и сбор данных. Облачные технологии.	4	-	-	-	2
15	Искусственный интеллект в управлении производством. Машинное обучение и его роль оптимизации процессов. Типы нейросетей. Методы (алгоритмы) ИИ. Предсказательное обслуживание (PdM).	-	4	-	4	2
16	Промпт-инжиниринг для производственных задач. Многофункциональные роботы-гуманоиды. Роевой интеллект (SI). Обучение роботов в промышленной Метавселенной (industrial metaverse) на базе ИИ.	-	4	-	4	2
	Итого	24	24	-	16	33

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Киберфизические производственные системы» используются различные образовательные технологии: **традиционные технологии обучения**, предполагающие аудиторные занятия, проводимые в форме лекций и практических занятий, ориентированных на инженерные задачи; **интерактивные технологии обучения**, предполагающие взаимодействие студентов друг с другом.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ

Интерактивные образовательные технологии обучения предполагают организацию обучения в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем.

Для контроля усвоения студентом изученного материала дисциплины используются тестовые технологии, то есть специальный банк вопросов, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом базовых понятий.

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, на развитие его практических умений и подразумевает:

- проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, учебных материалов электронных библиотек, интернет-ресурсов;
- подготовку к опросам;

- выполнение Большого домашнего задания;
- подготовку к экзамену.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, LMS ресурсов; выполнение Большого домашнего задания, направленного на закрепление полученных знаний и реализацию самостоятельных технических решений.

Большое домашнее задание (БДЗ). Тематика задания – расчет элементов промышленных роботов.

Учебно-методическим обеспечением самостоятельной работы студента является разработка доцента Ромашина Р.В.:

Ромашин Р.В. Расчёт элементов промышленных роботов: Домашнее задание / Методическое руководство. г. Лесной: изд-во ТИ НИЯУ МИФИ. 2025– 34 с.

Задачи домашнего задания:

Задача №1

Рассчитать теоретический диаметр и определить фактический диаметр поршня цилиндра пневмопривода захватного устройства для управления зажимом перемещаемого предмета.

Задача №2

Рассчитать фактический диаметр поршня цилиндра пневмопривода захватного устройства для управления режимом схватов, когда усилие привода захватного устройства создает пружина в пневмоцилиндре, причем это усилие принимают на 10-15% больше по отношению к одному из аналогичных значений, рассчитанных при выполнении задачи №1.

Задача №3

Рассчитать фактический диаметр поршня цилиндра горизонтального перемещения механической руки, которая должна развивать достаточное усилие для поштучного изъятия из накопителя сосредоточенных в нем предметов обработки, с целью перемещения отсеченного (изъятых) предмета в другую позицию рабочей сцены.

Задача №4

Рассчитать фактический диаметр поршня цилиндра вертикального перемещения механической руки манипулятора, для подъема детали вакуумным захватом из питателя.

Рекомендуется использовать отечественное программное обеспечение.

Выполненное Большое домашнее задание сдаётся в виде единого отчета, в бумажном виде – индивидуально для каждого студента. Объём ПЗ – 10...25 листов формата А4.

Альтернативное домашнее задание – проектное, на оба раздела дисциплины. Тематика задания – модернизация роботизированных технологических комплексов – РТК.

Учебно-методическим обеспечением самостоятельной работы студента является разработка доцента Ромашина Р.В.:

Ромашин Р.В. Выбор промышленного робота: Домашнее задание / Методическое руководство. г. Лесной: изд-во ТИ НИЯУ МИФИ. 2025– 41 с.

Задачи проектного домашнего задания:

1. Модернизация РТК, представленного в каталоге 1985 года, советско-чехословацкого проектно-конструкторского и технологического бюро "Робот".
2. Выбор новой модели промышленного робота на рынке современной робототехники.
3. Выбор модели современного станка с ЧПУ, вместо устаревшего.
4. Проектирование участка современного РТК – чертеж.

Альтернативное домашнее задание является творческим заданием и может быть выбрано индивидуально каждым студентом по желанию - вместо БДЗ.

По итогам раздела 1 проводится письменный опрос.

По итогам раздела 2 проводится письменный опрос.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО, ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ПК-2.4	З-ПК-2.4	У-ПК-2.4	В-ПК-2.4	БДЗ, ОП1, Экз.
ПК-2.3	З-ПК-2.3	У-ПК-2.3	В-ПК-2.3	БДЗ, ОП2, Экз.

Шкала оценки за текущую аттестацию

Раздел дисциплины	Формы обязательной текущей аттестации и аттестации раздела	Баллы за контрольное мероприятие		Максимальная сумма баллов за раздел
		Минимальное значение	Максимальное значение	
Раздел 1	БДЗ1.1	7	12	30
	БДЗ1.2	7	12	
Аттестация раздела	ОП1	4	6	
Раздел 2	БДЗ1.3	7	12	30
	БДЗ1.4	7	12	
Аттестация раздела	ОП2	4	6	
Итого за текущий контроль		36	60	60

Критерии оценки большого домашнего задания:

Максимальный балл выставляется каждому студенту при условии правильности решения задач и в полном объеме.

Минимальный балл выставляется каждому студенту, если решение задач содержит негрубые ошибки или выполнен не полный объём задания.

Работа не считается выполненной, если результаты заимствованы у другого студента и выдавались как свой вариант задания, или студент показал полное незнание большим количеством грубых ошибок.

Критерии оценки опросов:

Максимальный балл выставляется каждому студенту при условии правильности ответов на вопросы, указанных в методических рекомендациях большого домашнего задания и на дополнительные вопросы по разделу.

Минимальный балл выставляется каждому студенту при условии количества правильных ответов на вопросы, указанных в методических рекомендациях большого домашнего задания и на дополнительные вопросы по разделу в соотношении 60% от заданных.

При количестве правильных ответов менее 60% – раздел не считается закрытым, и студент не допускается до сдачи текущих контрольных мероприятий следующего раздела, пока не закроет предыдущий.

Шкала оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

Критерии оценивания	Балл
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя.	40
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике, что может выражаться в неполных ответах на дополнительные вопросы преподавателя.	35
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике. Не ответил на один из нескольких дополнительных вопросов.	30
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике. Не ответил на два из нескольких дополнительных вопросов.	27
Неполное знание основных понятий и определений, специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике. Не ответил на два из нескольких дополнительных вопросов.	24
ИТОГО максимум	40
ИТОГО минимум	24

Шкала итоговой оценки за семестр

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в

соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 4-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	F
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
90-100	A	«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85-89	B	«Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	C	«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	D	«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	E	«Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	«Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Контрольные мероприятия, за которые студент получил 0 баллов (неявка в установленный срок), подлежат обязательной пересдаче. Сроки пересдач контрольных мероприятий в течение семестра определяет кафедра.

Студент, пропустивший контрольное мероприятие без уважительной причины или получивший за него неудовлетворительную оценку, после пересдачи контрольного мероприятия получает балл ниже установленного на 25%.

Итоговая оценка дисциплины складывается из баллов, полученных в течение семестра и баллов, оставшихся на экзамен.

Итоговый контроль дисциплины

Промежуточная аттестация	Баллы за контрольное мероприятие	
	Минимальное значение	Максимальное значение
Текущий контроль	36	60
Экзамен	24	40
Итого, с учётом текущего контроля:	60	100

Вопросы к экзамену по дисциплине

«КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ»

1. Роботизированные системы. Общая концепция.
2. Поколения роботов. Виды промышленных роботов.
3. Классификация и основные типы станочных систем. Робототехнический комплекс.
4. Сферы применения индустриальных роботов.
5. Коллаборативные роботы - коботы. Их отличие от промышленных.
6. Транспортные роботы. Их ориентация в пространстве. Технология LiDAR.
7. Классификация промышленных роботов. Типовые компоновки.
8. Рабочие органы промышленных роботов.
9. Захватные устройства промышленных роботов. Классификация.
10. Механические хватные устройства.
11. Захватные устройства с эластичными камерами.
12. Адаптивные хватные устройства. Хватные устройства, оснащенные датчиками.
13. Антропоморфные хватные устройства.
14. Притягивающие хватные устройства.
15. Инструменты промышленных роботов. Для каких операций они предназначены?
16. Состав промышленного робота. Механическая система и система управления робота.
17. Общее устройство манипуляторов промышленных роботов. Система вывешивания.
18. Основные узлы и кинематические пары промышленных роботов.
19. Серийные узлы роботов.
20. Увеличение рабочей зоны промышленного робота.
21. Структурный анализ и синтез механизмов промышленных роботов. Общие принципы.
22. Кинематический и силовой расчет роботов-манипуляторов.
23. Механизмы промышленных роботов. Волновые зубчатые передачи.
24. Шарико-винтовые передачи. Рельсовые направляющие.
25. Режимы работы, особенности и основы расчета механизмов приводов роботов.
26. Системы технического зрения. Разновидности.

27. Технологии компьютерного зрения (CV).
28. Контурный анализ в системах компьютерного зрения (CV).
29. Поиск по шаблону в системах компьютерного зрения (CV).
30. Искусственные нейронные сети и глубокое обучение (DL)
31. Компьютерное зрение вне шаблонов.
32. Совмещение данных (Data Fusion) в системах CV.
33. Машинное зрение для роботов.
34. Роботизированные посты загрузки станков.
35. Дополнительные виды работ на многоцелевом токарном станке с ЧПУ с приводным инструментом.
36. Токарный станок с контршпинделем. Типовые компоновки.
37. Многоцелевые токарно-фрезерные станки с ЧПУ. Виды компоновок. Виды выполняемых операций.
38. Приводной инструмент для станков токарной группы.
39. Многоцелевые фрезерные станки с ЧПУ. Виды выполняемых операций. Компоновки станков.
40. Шпиндельная оснастка для расширения технологических возможностей станков фрезерно-расточной группы.
41. Измерительные системы для станков с ЧПУ. Сферы применения датчиков.
42. Архитектура и характеристики Киберфизических систем (CPS).
43. Применение Интернета вещей (IoT) в производстве. Промышленный интернет вещей (IIoT).
44. Сенсорика и сбор данных. Облачные технологии. Примеры киберфизических систем на производстве.
45. Искусственный интеллект в управлении производством.
46. Машинное обучение и его роль оптимизации процессов. Типы нейросетей.
47. Методы (алгоритмы) ИИ. Предиктивное (предсказательное) обслуживание (PdM) и анализ данных.
48. Концепция Умного производства (Smart Manufacturing). Тенденции развития ИИ.
49. Многофункциональные роботы-гуманоиды на производстве. Сферы применения.
50. Роевой интеллект роботов - Swarm intelligence (SI). Обучение роботов в промышленной Метавселенной на базе ИИ.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов : учебное пособие. – Москва: КноРус, 2025. – 310 с.: ил.
2. Чихачева, О.А., Бровкина, Ю.И. Механизмы промышленных роботов : учебное пособие. – Москва: Инфра-Инженерия, 2025. – 105 с.: ил.
3. Псигина, Ю. В., Рязанова, С. И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Робототехника, робототехнические комплексы : учебное пособие. – Москва: Инфра-Инженерия, 2023. – 157 с.: ил.
4. Балла, О. М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник для вузов / О. М. Балла. – 2-е изд., стер.— Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 392 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. Балла, О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология : учебное пособие для вузов / О. М. Балла. – 6-е изд., стер.— Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 368 с. : ил. – Текст : непосредственный.

6. Баланов, А. Н. Автоматизация производства. Разработка и внедрение систем управления : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 392 с. — Текст : непосредственный.
7. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : Справочник-учебник в 3-х т. Т. 3: Проектирование станочных систем / Под общей ред. А. С. Проникова — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; Изд-во МГТУ "Станкин", 2000. — 584 с.
8. ГОСТ 12.2.072—98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний. — Минск : Стандартиформ, 2001. — 20 с.
9. ГОСТ Р 60.0.0.1-2016 Роботы и робототехнические устройства. Общие положения. — Москва : Стандартиформ, 2016. — 12 с.
10. ГОСТ Р 60.0.0.2-2016 Роботы и робототехнические устройства. Классификация. — Москва : Стандартиформ, 2016. — 15 с.
11. ГОСТ Р 60.0.0.4-2023/ИСО 8373:2021 Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения. — Москва : Стандартиформ, 2023. — 28 с.
12. ГОСТ Р 60.0.0.5-2019/ИСО 19649:2017 Роботы и робототехнические устройства. Мобильные роботы. Термины и определения. -Москва: Стандартиформ, 2019. — 15 с.
13. ГОСТ Р 60.0.0.6-2023 Роботы и робототехнические устройства. Жизненный цикл. Основные положения. — Москва : Стандартиформ, 2023. — 8 с.
14. ГОСТ Р 60.0.0.7-2023 Роботы и робототехнические устройства. Жизненный цикл. Общие требования. — Москва : Российский институт стандартизации, 2023. — 12 с.
15. ГОСТ Р 60.0.0.9-2023 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие составные части робота. — Москва : Российский институт стандартизации, 2023. — 16 с.
16. ГОСТ Р 60.0.0.10-2023 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие действия и взаимодействие в физической среде. — Москва : Российский институт стандартизации, 2023. — 20 с.
17. ГОСТ Р 60.0.0.11-2023 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие функциональность и поведение. — Москва : Российский институт стандартизации, 2023. — 16 с.
18. ГОСТ Р 60.0.0.12-2023 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие групповое взаимодействие. — Москва : Российский институт стандартизации, 2024. — 16 с.
19. Industrial Robots Could Be Programmed with Motion-Capture Systems [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <https://www.engineering.com/industrial-robots-could-be-programmed-with-motion-capture-systems/>.
20. Artificial Intelligence Enhanced Smart Manufacturing [Электронный ресурс]. — 2024. — Режим доступа: <https://link.springer.com/collections/bjcbiddaca>.
21. Tran, K.P. Artificial Intelligence for Smart Manufacturing: Methods and Applications. Sensors 2021, 21, 5584. <https://doi.org/10.3390/s21165584>.
22. UBTECH、複数台のヒューマノイドがEVメーカー「Zeekr」のスマート工場で働く動画を公開 Zeekrは2025年に日本市場へ参入予定 [Электронный ресурс]. — 2025. — Режим доступа: <https://robotstart.info/2025/03/05/ubtech-humanoid-zeekr.html>.
23. UBTECH New Generation of Industrial Humanoid Robot Walker S2 [Электронный ресурс]. — 2025. — Режим доступа: <https://www.ubtrobot.com/en/humanoid/products/WalkerS2>.
24. The Role of IoT in Robotics: How IoRT is Changing the Future of Manufacturing? [Электронный ресурс]. — 2025. — Режим доступа: <https://www.appventurez.com/blog/role-of-iot-in-robotics>.
25. Machines for Aerospace, Automotive, Wood, Construction, Sport Industry | Fill [Электронный ресурс]. — 2025. — Режим доступа: <https://www.fill.co.at/en/products>.

26. AI-Powered Robotic Surface Finishing Total Solution [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://ds.technology/en/automation/ai>.
27. Training robots in the AI-powered industrial metaverse [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://www.technologyreview.com/2025/01/14/1109104/training-robots-in-the-ai-powered-industrial-metaverse/>.
28. Робота-гуманоида протестировали в МФТИ [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://наука.рф/news/robota-gumanoida-protestirovali-v-mfti/>.

Дополнительная литература

1. Украженко, К. А. Инструментальные системы машиностроительных производств : учебное пособие для вузов / К. А. Украженко. – 2-е изд., — Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 235 с. – Текст : непосредственный.
2. Балла, О. М. Измерительные системы для многоцелевых станков с ЧПУ : учебное пособие для вузов / О. М. Балла. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 164 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 60.0.0.3-2016 /ИСО 9787:2013 Роботы и робототехнические устройства. Системы координат и обозначение перемещений. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 16 с.
4. ГОСТ Р 60.0.0.8-2023 · Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Общие положения, основные понятия, термины и определения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 12 с.
5. ГОСТ Р 60.0.0.13-2023 ; Роботы и робототехнические устройства. Групповое управление роботами. Общие положения, основные понятия, термины и определения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 12 с.
6. ГОСТ Р 60.0.0.14-2024 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие навигацию роботов. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 8 с.
7. ГОСТ Р 60.0.0.15-2024 Роботы и робототехнические устройства. Онтологии робототехники. Понятия и отношения, описывающие взаимодействие роботов. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 12 с.
8. ГОСТ Р 60.0.0.16-2024 Роботы и робототехнические устройства. Жизненный цикл. Термины и определения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 8 с.
9. ГОСТ Р 60.0.0.17-2024 Роботы и робототехнические устройства. Управление жизненным циклом. Основные положения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 12 с.
10. Abdar Esfahani, M., Karimi, B. & Altintas, Y. Neural network-based modeling of CNC machines trajectory generation. Int J Adv Manuf Technol 139, 4029–4043 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00170-025-16149-8>.

Методические материалы

1. Ромашин Р.В. Расчёт элементов промышленных роботов: Домашнее задание / Методическое руководство. г. Лесной: изд-во ТИ НИЯУ МИФИ. 2025– 34 с.
2. Ромашин Р.В. Выбор промышленного робота: Домашнее задание / Методическое руководство. г. Лесной: изд-во ТИ НИЯУ МИФИ. 2025– 41 с.

LMS и Интернет-ресурсы:

1. Образовательный портал НИЯУ МИФИ URL: <https://online.mephi.ru/>
2. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ URL: <http://library.mephi.ru/>.
3. Электронная информационно-образовательная среда ТИ НИЯУ МИФИ URL <http://stud.mephi3.ru/>.
4. Электронно-библиотечная система Юрайт URL: <https://urait.ru>.
5. Электронно-библиотечная система IPRbooks URL: <https://www.iprbookshop.ru/>.
6. GSK - Производитель роботов из КНР. URL: <https://gsk.ru.com/case/>.
7. CRP - Производитель роботов из КНР. URL: <https://crp-robot.ru/> .

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией.

Лекционный материал изучается в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран

Учебная дисциплина обеспечена двумя лабораториями САПР с лицензионными программами:

Аудитория 218: содержит 18 компьютеров на базе процессора Intel (R) Core (TM) i5-3570, CPU 3.4 GHz и видеопроектор NEC M271X;

Аудитория 219: содержит 16 компьютеров на базе процессора Intel (R) Core (TM) i5-2310, CPU 2.9 GHz и видеопроектор BENQ W600+.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ (<http://stud.mephi3.ru/>)

Каждый студент имеет доступ к ЭБС IPRbooks (<http://www.mephi3.ru/students/elib.php>).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Автор: доцент кафедры «Технология машиностроения» Р.В. Ромашин.