

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 08.07.2026 12:39:12
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Рязанский институт (филиал)

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Программирование роботизированных комплексов»**

Специальность

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация № 2

«Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование»

Квалификация выпускника: инженер

Форма обучения: очная / заочная

Год набора: 2026

Рязань, 2026

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - специалитет по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», утверждённым приказом Минобрнауки России от 11.08.2020 № 935, с изменениями (приказ от 24.02.2023 № 196);
- Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования»;
- учебным планом специальности 23.05.01, специализация № 2 «ПТСДО», год набора 2026.

Автор: Ретюнских В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»

(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» (протокол № __ от __.06.2026).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Программирование роботизированных комплексов» является формирование системных знаний и практических навыков в области разработки, программирования и интеграции роботизированных комплексов (РК), применяемых в составе подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования (ПТСДО), а также наземных транспортно-технологических средств (НТТС).

Дисциплина направлена на развитие способности самостоятельно ставить и решать инженерные задачи по автоматизации рабочих процессов ПТСДО с использованием современных платформ промышленной робототехники, микроконтроллерных систем, операционной системы роботов (ROS 2) и цифровых технологий в соответствии с требованиями ФГОС ВО и актуальными задачами отрасли (Национальная программа «Цифровая экономика РФ», Постановление Правительства РФ от 02.03.2019 № 234).

1.2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины у обучающегося формируются компетенции ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2. Таблица 1.

Таблица 1 - Содержание осваиваемых компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знает / умеет / владеет)
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей	ОПК-1.3. Применяет математические модели (кинематические, динамические, алгоритмические) для постановки и решения инженерных задач по проектированию и программированию роботизированных комплексов НТТС и ПТСДО	Знает: математические модели кинематики и динамики манипуляторов и мобильных роботов; алгоритмы планирования траектории. Умеет: формулировать инженерные задачи автоматизации рабочих процессов ПТСДО; выбирать математические модели для описания движения РК. Владеет: методами кинематического анализа и синтеза механизмов РК.
ОПК-2. Способен решать профессиональные задачи с использованием методов получения, хранения и переработки информации; использовать информационные и цифровые технологии в профессиональной деятельности	ОПК-2.2. Применяет информационные и цифровые технологии, языки программирования и специализированное ПО для разработки систем управления роботизированными комплексами НТТС и ПТСДО	Знает: языки программирования (C++, Python) и фреймворки (ROS 2, MATLAB/Simulink); архитектуру промышленных ПЛК и микроконтроллеров (Arduino, STM32, Raspberry Pi). Умеет: разрабатывать ПО для систем управления РК; использовать средства симуляции (Gazebo, CoppeliaSim). Владеет: навыками программирования промышленных роботов и мобильных платформ для ПТСДО.
ОПК-5. Способен применять инструментальный формализации инженерных и научно-технических задач, использовать прикладное ПО при расчёте, моделировании и проектировании технических объектов	ОПК-5.1. Использует CAD/CAE-системы и специализированное ПО для проектирования, моделирования и верификации алгоритмов управления роботизированными комплексами ПТСДО	Знает: принципы моделирования РК в CAD/CAE-системах и средах Gazebo, RViz; методы верификации алгоритмов управления. Умеет: верифицировать алгоритмы управления в виртуальной среде; применять ПЛК-программирование (IEC 61131-3). Владеет: навыками работы с САПР,

		средами симуляции и программными стендами для РК ПТСДО.
ПК-1. Способен разрабатывать техническую документацию по модернизации и эксплуатации НТТС и их технологического оборудования, включая ПТСДО	ПК-1.2. Разрабатывает техническую и программную документацию на роботизированные комплексы НТТС и ПТСДО в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД, ЕСПД и профессиональных стандартов	Знает: требования ГОСТ ЕСКД, ЕСПД, ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, ГОСТ Р ИСО 10218 к документации на РК. Умеет: разрабатывать конструкторскую документацию, алгоритмические описания и ТЗ на РК для ПТСДО. Владеет: навыками оформления полного комплекта технической документации на РК НТТС.
ПК-2. Способен проводить анализ технических характеристик НТТС и ПТСДО, определять соответствие параметров условиям эксплуатации	ПК-2.1. Анализирует технические характеристики роботизированных комплексов ПТСДО, определяет соответствие параметров РК условиям и режимам работы, требованиям производительности и безопасности	Знает: методы оценки характеристик РК (грузоподъемность, точность позиционирования, рабочее пространство); стандарты безопасности (ГОСТ Р ИСО 10218, ИСО/ТС 15066). Умеет: проводить анализ соответствия параметров РК условиям ПТСДО; рассчитывать производительность роботизированного комплекса. Владеет: методами диагностики и оценки технического состояния РК ПТСДО.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Программирование роботизированных комплексов» (шифр Б1.В.21) относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» программы специалитета по специальности 23.05.01 (ФГОС ВО, приказ № 935 от 11.08.2020). Трудоёмкость - 3 з.е. (108 ч.). Форма промежуточной аттестации - экзамен. Освоение предусмотрено в 8-м семестре (очная форма) / 9-м семестре (заочная форма).

Предшествующие дисциплины: информатика, высшая математика, физика, теоретическая механика, электротехника и электроника, САПР ПТСДО, конструкция ПТСДО, теория ПТСДО.

Последующие дисциплины: дипломное проектирование, преддипломная практика, государственная итоговая аттестация.

Таблица 2 - Структурно-логическая схема формирования компетенций

Компетенция	Предшествующие дисциплины	Данная дисциплина	Последующие дисциплины
ОПК-1	Теоретическая механика, математика, теория ПТСДО	Программирование РК	Дипломное проектирование, ГИА
ОПК-2	Информатика, САПР ПТСДО, электротехника	Программирование РК	Дипломное проектирование
ОПК-5	САПР ПТСДО, информатика, математика	Программирование РК	Дипломное проектирование, ГИА
ПК-1	Конструкция ПТСДО, САПР ПТСДО	Программирование РК	Преддипломная практика, ГИА
ПК-2	Теория ПТСДО, диагностика ПТСДО	Программирование РК	Преддипломная практика, ГИА

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость - 3 з.е. (108 ч.).

Таблица 3 - Объём дисциплины и виды работ

Общая трудоёмкость дисциплины, ч	108
Контактная работа (всего), в т.ч.:	56
занятия лекционного типа, ч	28
занятия практического типа (практикум), ч	28
Самостоятельная работа (всего), в т.ч.:	52
самоподготовка по разделам дисциплины, ч	30
подготовка к промежуточной аттестации, ч	22
Промежуточная аттестация	Экзамен
Зачётных единиц	3

3.1. Тематический план

Таблица 4 - Разделы дисциплины и трудоёмкость

№	Раздел дисциплины	Коды компетенций	Всего ч	Лекции ч
1	Введение в робототехнику. Классификация РК для ПТСДО	ОПК-1, ОПК-2	12	4
2	Кинематика и динамика манипуляционных роботов	ОПК-1	12	4
3	Архитектура систем управления. Микроконтроллеры и ПЛК	ОПК-2, ОПК-5	12	4
4	Программирование промышленных роботов и ПЛК (IEC 61131-3)	ОПК-2, ОПК-5, ПК-1	14	6
5	Операционная система роботов ROS 2	ОПК-2, ОПК-5	12	4
6	Мобильные роботизированные платформы для ПТСДО	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	12	4
7	Техническое зрение и сенсорная интеграция для РК ПТСДО	ОПК-2, ОПК-5, ПК-2	10	2
8	Безопасность РК. Нормативная база. Документирование	ПК-1, ПК-2	10	0
	ИТОГО		94	28

3.2. Содержание лекционных занятий

Таблица 5 - Содержание лекций

№	Наименование темы	Содержание
1	Введение в робототехнику. Классификация РК для ПТСДО	Понятие роботизированного комплекса (РК). Классификация роботов по конструктивной схеме (манипуляционные, мобильные, гибридные) и степени автономности. Применение РК в ПТСДО: автономные экскаваторы,

		роботизированные краны, беспилотные строительные машины. Российские разработки: ЧЕТРА, БЕЛАЗ, ГК "Ростех", МосПолитех. Нормативные документы: ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, ГОСТ Р ИСО 8373-2014, ГОСТ Р 60.0.0.2-2016. Нац. программа "Цифровая экономика РФ".
2	Кинематика манипуляционных роботов	Степени свободы манипулятора. Системы координат Денавита-Хартенберга (ДН). Прямая задача кинематики (ПЗК): однородные матрицы преобразования. Обратная задача кинематики (ОЗК): аналитические и итерационные методы. Якобиан манипулятора. Сингулярные положения. Динамика манипулятора: уравнения Лагранжа-Эйлера. Пример: роботизированный стреловой кран.
3	Архитектура систем управления РК. Микроконтроллеры и ПЛК	Архитектура системы управления РК: уровни полевой шины, контроллера, SCADA/HMI. Промышленные контроллеры (ПЛК): структура, языки МЭК 61131-3 (LD, FBD, SFC, ST, IL). Промышленные сети: PROFIBUS, PROFINET, EtherCAT, CAN, CANopen. Микроконтроллерные платформы: STM32, Arduino, ESP32. Одноплатные компьютеры: Raspberry Pi, Jetson Nano.
4	Программирование промышленных роботов и ПЛК	Языки программирования промышленных роботов: RAPID (ABB), KRL (KUKA), TP/KAREL (Fanuc). Синтаксис: движение (MOVEJ, MOVEL, MOVEC), управление I/O, циклы. Программирование ПЛК на ST: типы данных, функциональные блоки. Безопасное программирование: категории останова по EN 60204-1, Safety ПЛК. Примеры для роботизированного погрузчика.
5	Операционная система роботов ROS 2	Архитектура ROS 2: ноды, топики, сервисы, действия, параметры. DDS как транспортный уровень. Пакеты и рабочие пространства (colcon build). Инструменты: rviz2, rqt, ros2 bag, ros2 launch. Управление движением: Nav2 (мобильная навигация), MoveIt 2 (манипуляторы). Симуляция в Gazebo: URDF/SDF-модели ПТСДО.
6	Мобильные роботизированные платформы для ПТСДО	Кинематические схемы: дифференциальный привод, схема Аккермана, колёса Mecanum. Навигационный стек: одометрия, IMU, GNSS, лидар; SLAM - GMapping, Cartographer, RTAB-Map. Планирование пути: A*, RRT, D* Lite. Управление: PID, MPC. Архитектура беспилотного карьерного самосвала БЕЛАЗ.
7	Техническое зрение и сенсорная интеграция	Обработка изображений: фильтрация, сегментация, детектирование объектов (YOLO, SSD). Стереозрение и RGBD-

		камеры (Intel RealSense, ZED). Лидар и облака точек (PCL, Open3D). Слияние данных: фильтр Калмана, EKF, фильтр частиц. Применение: распознавание грузов краном, обнаружение препятствий дорожным катком.
8	Безопасность ПК. Нормативная база. Документирование	Стандарты безопасности: ГОСТ Р ИСО 10218-1:2017, ГОСТ Р ИСО 10218-2:2017, ГОСТ Р ИСО/ТС 15066-2017. Оценка рисков: FMEA, функциональная безопасность ГОСТ Р МЭК 61508, ИСО 13849. Документирование ПК: ТУ, РЭ, программная документация по ГОСТ ЕСПД. ТР ТС 018/2011, ГОСТ Р 58940-2020.

3.3. Содержание практических занятий

Занятия проводятся в формате практикума с использованием ПК, симуляторов (Gazebo, CoppeliaSim) и физических платформ (Arduino, Raspberry Pi, ПЛК) при наличии материальной базы. Таблица 6.

No	Наименование занятия	Содержание
1	Кинематический анализ манипулятора	Расчёт прямой задачи кинематики 6-DOF манипулятора методом ДН-параметров. Построение матриц преобразования в MATLAB/Python (NumPy). Визуализация рабочего пространства. Оформление расчётно-пояснительной записки.
2	Программирование ПЛК (IEC 61131-3)	Разработка программы управления исполнительным механизмом ПТСДО (гидроцилиндр, лебёдка) на языке Structured Text в CODESYS или TIA Portal. Реализация автоматической последовательности движений, блокировок и аварийного останова.
3	Программирование промышленного робота (симулятор)	Создание программы движения манипулятора в RobotStudio (ABB) или KUKA.Sim: траектория захвата и укладки груза. Проверка столкновений, оптимизация времени цикла.
4	Разработка ROS 2 пакета	Создание ROS 2 пакета (Python/C++): реализация ноды-паблишера и ноды-подписчика. Визуализация топиков в rqt_graph. Запись и воспроизведение данных (ros2 bag).
5	SLAM и навигация в Gazebo	Симуляция мобильной платформы (дифференциальный привод) в Gazebo. Построение карты методом GMapping (SLAM). Навигация с использованием стека Nav2: постановка цели, обход препятствий. Оценка точности навигации.
6	Техническое зрение: детектирование объектов	Алгоритм детектирования строительного груза на изображении (OpenCV, Python): сегментация по цвету, контурный анализ, определение центра масс. Интеграция с ROS 2 через топик /image_raw.
7	Оценка рисков и документирование ПК	Анализ рисков (FMEA) для роботизированного захватного устройства крана. Разработка мер защиты по ИСО 13849. Составление фрагмента технической документации по ГОСТ ЕСКД. Нормативные требования ГОСТ Р ИСО 10218.

4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1. Лекционные занятия

Лекции посвящены системному изложению теоретических основ робототехники применительно к ПТСДО. Рекомендуется вести конспект с фиксацией нормативных ссылок, структурных схем, алгоритмов и математических выражений. Необходимо разграничивать уровни абстракции: кинематическую модель, систему управления и программный уровень.

4.2. Практические занятия

На занятиях обучающиеся самостоятельно разрабатывают программы и алгоритмы управления ПК в программных средах (CODESYS, RobotStudio, ROS 2, Gazebo, OpenCV).

Перед занятием необходимо установить ПО (либо использовать ЭИОС) и изучить методические указания. Результат каждого занятия - отчёт с листингами кода, скриншотами симуляции и выводами.

4.3. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает: проработку учебных пособий и документации на используемые инструменты (ROS 2, CODESYS); изучение нормативных документов (ГОСТ Р ИСО 10218, ГОСТ Р МЭК 61508); выполнение домашних расчётных заданий; подготовку к экзамену. Для заочной формы СРС является основным видом учебной деятельности. Рекомендуется использовать ресурсы ЭИОС, ЭБС, платформы ROS 2 Docs и CODESYS Store.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

1. Спонг М.В., Хатчинсон С., Видьясагар М. Роботы: моделирование и управление / пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 560 с.
2. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: справочник. - 3-е изд. - М.: Машиностроение, 2016. - 479 с.
3. Лукьянов А.В. Программирование контроллеров на языке ST (МЭК 61131-3). - М.: СОЛОН-Пресс, 2018. - 240 с.
4. Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Манипуляционные системы роботов. - М.: Машиностроение, 1989. - 472 с.

5.2. Дополнительная литература

5. ГОСТ Р ИСО 8373-2014. Роботы и робототехнические устройства. Словарь. - М.: Стандартинформ, 2015.
6. ГОСТ Р ИСО 10218-1-2017. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 1. - М.: Стандартинформ, 2018.
7. ГОСТ Р ИСО 10218-2-2017. Требования безопасности для промышленных роботов. Часть 2. - М.: Стандартинформ, 2018.
8. ГОСТ Р ИСО/ТС 15066-2017. Роботы и робототехнические устройства. Коллаборативные роботы. - М.: Стандартинформ, 2018.
9. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019. Роботы и робототехнические устройства. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2019.
10. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012. Функциональная безопасность систем. - М.: Стандартинформ, 2012.
11. МЭК 61131-3 (IEC 61131-3:2013). Программируемые контроллеры. Языки программирования.
12. Кравченко П.А. Конструкция и расчёт ПТСДО. - М.: Машиностроение, 2012. - 432 с.
13. Quigley M., Gerkey B., Smart W.D. Programming Robots with ROS. - O'Reilly Media, 2015. - 448 p.

5.3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. КонсультантПлюс - <https://www.consultant.ru/>
2. Техэксперт / ФГИС КРИС - <https://docs.cntd.ru/>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
4. ЭБС «Лань» - <https://lanbook.com/>
5. ЭБС Юрайт - <https://urait.ru/>
6. ROS 2 Documentation - <https://docs.ros.org/>

7. ФИПС (Роспатент) - <https://fips.ru/>

8. Электронная библиотека Рязанского института - <http://bibl.rimsou.loc/>

5.4. Программное обеспечение

№	Наименование ПО	Условия доступа
1	Microsoft Windows / Linux Ubuntu	Лицензионный договор / свободно
2	Microsoft Office	Лицензионный договор
3	CODESYS (ПЛК, IEC 61131-3)	Свободно - https://www.codesys.com/
4	ROS 2 (Jazzy Jalisco / Humble)	Свободно - https://docs.ros.org/
5	Gazebo Harmonic / Classic	Свободно - https://gazebo.org/
6	RobotStudio (ABB)	Бесплатная версия - https://new.abb.com/
7	Python 3 + NumPy + OpenCV	Свободно
8	MATLAB/Simulink + Robotics System Toolbox	Лицензионный договор
9	MOODLE (ЭИОС)	Лицензионный договор - https://do.rimsou.ru

6. Описание материально-технической базы

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
Ауд. 221. Лекционная аудитория	Лекции, консультации	Столы, стулья, доска, экран, проектор, ноутбук. Демонстрационные стенды: модели механизмов РК, наглядные пособия по архитектуре систем управления.
Ауд. 208. Компьютерный класс / лаборатория программирования РК	Практические занятия, СРС, контроль, экзамен	ПК с ОС Linux Ubuntu + Windows. ПО: ROS 2, Gazebo, CODESYS, RobotStudio, Python 3 + OpenCV, MATLAB. Микроконтроллерные платформы (Arduino Mega, Raspberry Pi). Промышленный ПЛК (при наличии). Web-камера для задач технического зрения. Доступ к ЭИОС, ЭБС, КонсультантПлюс.
Самостоятельная работа	СРС	ПК или ноутбук обучающегося (BYOD). Удалённый доступ к ЭИОС, ЭБС. Свободно распространяемое ПО: ROS 2, Gazebo, CODESYS, Python 3, RobotStudio.

7. Оценочные материалы (ФОС) для текущего контроля и промежуточной аттестации

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Таблица 7 - Паспорт ФОС

№	Контролируемые разделы	Коды компетенций	Оценочное средство
1	Введение. Классификация РК для ПТСДО	ОПК-1, ОПК-2	Устный опрос
2	Кинематика и динамика манипуляторов	ОПК-1	Расчётное задание, отчёт
3	Архитектура систем управления. Микроконтроллеры и ПЛК	ОПК-2, ОПК-5	Опрос, отчёт
4	Программирование промышленных роботов и ПЛК	ОПК-2, ОПК-5, ПК-1	Отчёт (листинг + симуляция)
5	ROS 2	ОПК-2, ОПК-5	Отчёт (листинг + демонстрация)
6	Мобильные роботизированные	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Отчёт (симуляция SLAM/Nav2)

	платформы		
7	Техническое зрение и сенсорная интеграция	ОПК-2, ОПК-5, ПК-2	Отчёт (OpenCV + ROS 2)
8	Безопасность РК. Нормативная база. Документирование	ПК-1, ПК-2	Практическое задание (FMEA + документ)
9	Промежуточная аттестация (экзамен)	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2	Экзаменационный билет

7.2. Критерии оценивания

Оценка	Критерий
Отлично (5)	Полные системные знания по всем разделам; правильное и самостоятельное выполнение практических заданий (листинги кода, симуляция); знание нормативной базы (ГОСТ Р ИСО 10218, ГОСТ Р МЭК 61508). Все компетенции сформированы в полном объеме.
Хорошо (4)	Твёрдые знания по большинству разделов; выполнение практических заданий с незначительными замечаниями. Все компетенции освоены.
Удовлетворительно (3)	Знания в объёме обязательного минимума; практические задания выполнены частично или с ошибками. Основные компетенции освоены.
Неудовлетворительно (2)	Незнание ключевых разделов; практические задания не выполнены или содержат принципиальные ошибки. Компетенции не сформированы.

7.3. Вопросы для текущего контроля

1. Дайте классификацию роботизированных комплексов для ПТСДО.
2. Что такое степень свободы манипулятора?
3. Опишите метод Денавита-Хартенберга.
4. В чём отличие прямой и обратной задач кинематики?
5. Перечислите языки программирования ПЛК по МЭК 61131-3.
6. Что такое ROS 2? Назовите ключевые отличия от ROS 1.
7. Объясните принцип SLAM. Какие алгоритмы применяются?
8. Каковы требования ГОСТ Р ИСО 10218-1 к безопасности роботов?
9. Что такое функциональная безопасность? Уровни SIL по ГОСТ Р МЭК 61508.
10. Какие сенсоры применяются для навигации автономного строительного экскаватора?

7.4. Практические задания для текущего контроля

1. Рассчитайте прямую задачу кинематики 3-DOF манипулятора. Постройте ДН-таблицу и матрицы преобразования.
2. Напишите программу на ST (IEC 61131-3) для управления двухпозиционным гидроцилиндром с выдержкой времени и блокировкой.
3. Создайте ROS 2 пакет с нодой, публикующей geometry_msgs/Twist для мобильной платформы.
4. Разработайте алгоритм детектирования строительного блока на изображении (OpenCV): сегментация, контуры, центр масс.

5. Проведите FMEA для роботизированного захватного устройства крана. Предложите меры снижения риска по ИСО 13849.

7.5. Вопросы к экзамену

1. Классификация роботизированных комплексов для ПТСДО. Примеры отечественных разработок.
2. Кинематические схемы манипуляционных роботов: SCARA, RRR, PUMA.
3. Метод Денавита-Хартенберга: параметры, матрицы преобразования.
4. Прямая задача кинематики: алгоритм решения.
5. Обратная задача кинематики: аналитический и итерационный методы.
6. Якобиан манипулятора. Сингулярные положения.
7. Динамика манипулятора: уравнения Лагранжа-Эйлера.
8. Архитектура системы управления РК: полевой уровень, контроллер, SCADA.
9. ПЛК: структура, промышленные сети (EtherCAT, PROFINET, CANopen).
10. МЭК 61131-3: языки программирования ПЛК. Structured Text - синтаксис.
11. Безопасное программирование ПЛК: категории останова, Safety ПЛК.
12. Программирование промышленных роботов: RAPID (ABB). Основные команды движения.
13. ROS 2: архитектура, ноды, топики, сервисы, действия, DDS.
14. Инструменты ROS 2: RViz2, rqt, ros2 bag, ros2 launch.
15. MoveIt 2: планирование движения манипулятора.
16. Nav2: навигационный стек. Costmap, планировщики.
17. Кинематика мобильных платформ: дифференциальный привод, Аккерман, Mecanum.
18. SLAM: принцип, алгоритмы GMapping, Cartographer, RTAB-Map.
19. Планирование пути: A*, RRT, D* Lite.
20. Техническое зрение: обработка изображений, YOLO/SSD, стереозрение.
21. Лидар и облака точек: PCL, Open3D.
22. Слияние данных: фильтр Калмана, EKF.
23. ГОСТ Р ИСО 10218-1 и -2: требования безопасности промышленных роботов.
24. Коллаборативные роботы: ГОСТ Р ИСО/ТС 15066, зоны безопасности.
25. Функциональная безопасность: ГОСТ Р МЭК 61508, ИСО 13849, уровни SIL/PL.

26. Анализ рисков (FMEA) для РК ПТСДО: этапы, критерии.

27. Документирование РК: ТУ, РЭ, программная документация по ГОСТ ЕСПД.

28. Автономные строительные машины: архитектура, отечественный и мировой опыт.

7.6. Процедура проведения экзамена

Форма: Письменный экзамен по билетам. Каждый билет: 2 теоретических вопроса + 1 практическое задание. Продолжительность - 90 минут. Допускается использование нормативных документов и справочников, согласованных кафедрой.

Допуск: К экзамену допускаются студенты, сдавшие все лабораторные/практические работы.

Порядок: Студент выбирает билет, готовится 20 минут. Ответ представляется письменно.

8. Особенности организации обучения для лиц с ОВЗ и инвалидов

При необходимости рабочая программа адаптируется для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ОВЗ на основании заявления обучающегося и заключения ПМПК (п. 2.11 ФГОС ВО, приказ № 935 от 11.08.2020).

- **для лиц с нарушениями зрения:** материалы предоставляются увеличенным шрифтом (не менее 18 пт) или в аудиоформате; ПО с поддержкой экранного чтения.
- **для лиц с нарушениями слуха:** материалы в печатной и электронной форме; видеоматериалы с субтитрами; при необходимости - сурдопереводчик.
- **для лиц с нарушениями ОДА:** материалы в электронной форме; адаптированное рабочее место; промежуточная аттестация возможна в дистанционном формате.