

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
Электростальский институт (филиал)
Московского политехнического университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Электростальского института (филиала)

Московского политехнического

университета



/О.Д. Филиппова/

27.06.2025

Рабочая программа дисциплины
«Промышленные роботы и робототехнические комплексы»

Направление подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль)
«Роботизированные комплексы»
(набор 2025-2026 гг.)

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная, очно-заочная

Электросталь 2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- 1) Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями);
- 2) Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень бакалавриата) по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 августа 2021 года № 730 (далее – ФГОС ВО).
- 3) Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программа бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры».
- 4) Учебным планом (очной, очно-заочной форм обучения) по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Рабочая программа дисциплины включает в себя оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины).

Автор: С.А. Ревин, профессор, д.т.н., кафедры ПМИИ
(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры ПМИИ (протокол № 8 от 27.06.2025 г.).

1 Цель и задачи освоения дисциплины

К основным **целям** освоения дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» следует отнести: изучение теории и методов построения промышленных роботов и роботизированных технологических комплексов.

К основным **задачам** освоения дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» следует отнести:

ознакомление с прямой и обратной задачами кинематики и динамики роботов, состав приводов и систем управления роботов, программное обеспечение роботов и РТК, технологические аспекты разработки РТК.

2 Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» относится к числу элективных дисциплин основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ОП:

- Компьютерные технологии в автоматизации отрасли;
- Программирование и основы алгоритмизации;
- Теоретическая и прикладная механика;
- Теория автоматического управления;
- Основы робототехники;
- Управление электромеханическими системами;
- Проектирование робототехнических систем;
- Технологические операции в робототехнических системах.

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-6 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ИОПК-6.1. Решает задачи профессиональной деятельности с применением информационно-коммуникационных технологий	Знать: основы функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принцип действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципы построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основные понятия РТК. Уметь: осуществлять рациональный выбор промышленных роботов. Владеть: методологией применения промышленных роботов на современных автоматизированных производствах

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа (из них 90 часов – самостоятельная работа студентов очной формы обучения и 108 часов очно-заочной формы обучения).

Разделы дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» очной формы обучения изучаются в 7-м семестре: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 36 часов, форма контроля – экзамен.

Разделы дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» очно-заочной формы обучения изучаются в 9-м семестре: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 18 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» по срокам и видам работы отражены в Приложении А.

Содержание разделов дисциплины

Лекции

Введение

Предмет курса, его задачи, методы изучения, связь курса с другими дисциплинами учебного плана. Робототехника. Понятие о роботах. Промышленные роботы (ПР), определение, классификация, область применения в производственных условиях. Основные этапы развития теории и практики создания промышленных роботов и роботизации производства; анализ важнейших трудов отечественных и зарубежных ученых в этой области. Современное состояние робототехники. Перспективы и основные направления развития робототехники и роботизированных систем как одного из важных факторов повышения производительности труда и эффективности производства. Социально-экономические аспекты роботизации производства.

Раздел 1. Устройство и технические характеристики промышленных роботов

Тема 1.1. Устройство ПР и модульный принцип его построения

Определения ПР, манипулятора. Основные элементы ПР. Типовые схемы и компоновка манипуляционных (промышленных) роботов, стационарных и подвижных. Структурная и функциональная схемы ПР. Модульное построение конструкций промышленных роботов. Функциональные устройства (механизмы), их назначение: тележка, основание, рука (манипулятор), ориентирующий механизм (кость), схват, приводные и программные устройства.

Тема 1.2. Классификация и характеристики ПР

Геометро-кинематические характеристики ПР: формула строения, рабочее пространство, зона обслуживания, маневренность манипулятора. Системы координат ПР. Методы статического уравнивания манипуляторов ПР. Типоразмерный ряд промышленных роботов. Технические характеристики: рабочее пространство, грузоподъемность, скорость перемещения (линейная и угловая), точность позиционирования. Степени подвижности, связь между количеством степеней подвижности и универсальностью. Технические требования, предъявляемые к промышленным роботам.

Раздел 2. Конструкция промышленных роботов

Тема 2.1. Механика манипуляторов ПР

Кинематическая структура манипуляторов промышленных роботов. Типовые кинематические схемы. Кинематические цепи многозвенных манипуляторов с четырьмя, пятью, шестью и более степенями подвижности. Механика манипуляционных устройств. Анализ кинематики в специальных системах координат. Динамические свойства. Расчет жесткости конструкции. Расчет точности позиционирования. Принцип обеспечения оптимального по быстродействию движения по заданной траектории. Обеспечение требуемой точности позиционирования. Уравнивание звеньев. Ориентирование объекта (детали) в пространстве. Кисти. Кинематика кисти. Типовые схемы кисти: с одним, двумя, тремя вращательными движениями. Расчет типовых звеньев. Обеспечение заданной точности ориентации. Кисти с двумя схватами.

Тема 2.2. Устройства перемещения ПР

Устройство ходовой части ПР для напольного и подвешного перемещения. Виды системы позиционирования мобильных промышленных роботов. Замкнутый по положению привод с

контролем положения робота на всем пути его перемещения. Разомкнутый привод со ступенчатым регулированием скорости. Комбинированный привод: между заданными для остановки позициями – разомкнутого, а вблизи этих позиций – замкнутого по положению. Разомкнутый привод с механизмом уточнения положения и фиксации.

Тема 2.3. Рабочие устройства ПР

Технологические устройства промышленных роботов: сварочные головки и клещи, устройства безвоздушного распыления и нанесения герметиков. Схваты: клещевые, грейферные, рычажно-кулачковые, цанговые. Схваты для крупногабаритных, тяжелых и длинномерных деталей. Широ- и узкодиапазонные схваты. Расчет схватов. Приводы механических захватных устройств. Расчет устройств. Вакуумные схваты, область применения. Расчет и конструирование. Магнитные и электромагнитные схваты, область применения. Расчет и конструирование. Схваты с сенсорными устройствами. Виды сенсорных устройств, их характеристики и применение.

Раздел 3. Приводы и системы управления промышленных роботов

Тема 3.1. Приводы ПР

Требования, предъявляемые к приводам и приводным устройствам промышленных роботов. Сравнительная характеристика приводов: гидравлических, пневматических, электрических. Их достоинства и недостатки. Выбор типа привода. Выбор схемы передачи движения, типов звеньев манипуляторов и их приводов. Передаточные устройства приводов: тросовые, цепные, реечные, винтовые, зубчатые (планетарные, волновые), сельсинные. Гидропривод: типовые схемы промышленных роботов, способы повышения точности позиционирования. Пневмопривод: типовые схемы промышленных роботов, способы уменьшения переходного процесса и повышения точности позиционирования. Демпфирующие и корректирующие устройства. Электропривод: типовые схемы промышленных роботов, обеспечение повышенной точности позиционирования. Компоновка приводных устройств, модульный принцип. Привод в едином «моторном» блоке, в звеньях и шарнирах манипулятора. Комбинированная компоновка. Новые виды приводов и приводных устройств.

Тема 3.2. Системы управления ПР

Обобщенная схема управления неочувствленным промышленным роботом. Цикловые управляющие устройства. Область применения цикловых управляющих устройств. Схемы циклового управления, унифицированное устройство циклового программного управления, структурные схемы. Позиционные управляющие устройства. Область применения позиционных управляющих устройств. Схемы позиционного управления унифицированного управляющего устройства, блока позиционирования, обучения, обработки системы. Программирование позиционной системы управления. Контурные управляющие устройства. Назначение и область применения контурных управляющих устройств. Схемы контурного управления с записью информации о положении и виде траектории, контурного управления с интерполятором. Программирование неочувствленных роботов. Способы программирования. Этапы и способы программирования методом обучения, схемы полуавтоматического обучения. Адаптивное управление промышленными роботами. Принципы управления интеллектуальными роботами (третьего поколения).

Тема 3.3. Сенсорные средства ПР

Общая схема информационной системы ПР. Средства контроля состояния и окружающей среды ПР. Датчики обратной связи, встройка их в конструкцию манипулятора. Распознавание объекта. Тактильные датчики и их конструкция. Системы распознавания образов.

Раздел 4. Робототехнические комплексы

Задачи РТК. Основные понятия: роботизированная позиция, участок, линия. Необходимость создания робототехнических комплексов. Классификация робототехнических комплексов. Основная и вспомогательная рабочие зоны. Расчет производственной площади робототехнического комплекса. Типовые структуры робототехнических комплексов на участках станков с ЧПУ-ЭВМ. Структуры робототехнических комплексов в машиностроении. Стык промышленных роботов с технологическим оборудованием. Типовые компоновки сборочных робототехнических комплексов.

Лабораторные занятия

Тема 1.2. Лабораторная работа 1. Изучение технических характеристик макета электромеханического робота

Тема 2.1. Лабораторная работа 2. Расчет траектории перемещения промышленного робота
Тема 3.1. Лабораторная работа 3. Проверка характеристик пневматического привода робота на соответствие техническим данным
Лабораторная работа 4. Электропривод постоянного тока.
Раздел 4. Лабораторная работа 5. Изучение элементов автоматизированной производственной линии.
Лабораторная работа 6. Имитационная модель РТК.

Темы для самостоятельного изучения

- 1) Задачи РТК.
- 2) Основные понятия: роботизированная позиция, участок, линия.
- 3) Необходимость создания робототехнических комплексов.
- 4) Классификация робототехнических комплексов.
- 5) Основная и вспомогательная рабочие зоны.
- 6) Расчет производственной площади робототехнического комплекса.
- 7) Типовые структуры робототехнических комплексов на участках станков с ЧПУ-ЭВМ.
- 8) Структуры робототехнических комплексов в машиностроении.
- 9) Стык промышленных роботов с технологическим оборудованием.
- 10) Типовые компоновки сборочных робототехнических комплексов.

5 Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка, представление и обсуждение презентаций на занятиях;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;
- выполнение лабораторных работ.

6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита лабораторных работ,
- тест,
- экзамен.

6.1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-6	Готовностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
ОПК-6 - способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий				
Знать: основы функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принцип действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципы построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основные понятия РТК.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний основ функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принципов действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципов построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основных понятий РТК.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний основ функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принципов действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципов построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основных понятий РТК. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний основ функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принципов действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципов построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основных понятий РТК. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие необходимых знаний основ функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принципов действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципов построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основных понятий РТК. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: осуществлять рациональный выбор промышленных роботов.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет осуществлять рациональный выбор промышленных роботов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений осуществлять рациональный выбор промышленных роботов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений осуществлять рациональный выбор промышленных роботов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений осуществлять рациональный выбор промышленных роботов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Владеть: методологией применения промышленных роботов на современных автома-	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методологией применения промышленных роботов на современных ав-	Обучающийся частично владеет методологией применения промышленных роботов на современных автоматизированных производствах. Обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся владеет методологией применения промышленных роботов на современных автоматизированных производствах. Навыки освое-	Обучающийся в полном объеме владеет методологией применения промышленных роботов на современных автоматизированных произ-

тизированных производств.	томатизированных производств.	применении навыков в новых ситуациях.	ны, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	водства. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
---------------------------	-------------------------------	---------------------------------------	--	---

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине (прошли промежуточный контроль, выполнили практические работы).

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении Б к рабочей программе.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств / А.П. Лукинов. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. – 608 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com/view/book/2765>.

б) дополнительная литература

1 Робототехника. Инженерно-технические кадры инновационной России [Электронный ресурс] - режим доступа <http://robosport.ru/> - свободный
2 Сайт центра информационных технологий и учебного оборудования (ЦИТО) [Электронный ресурс] - режим доступа: learning.9151394.ru/course/view.php?id=280 - свободный

в) программное обеспечение:

Операционная система Windows 7 DreamSpark № 9d0e9d49-31d1-494a-b303-612508131616
Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – Microsoft Open License. Лицензия № 61984042
Microsoft Project 2013 Standart 32-bit/x64 Russian. Антивирусное ПО Avast (бесплатная версия)

г) электронные ресурсы:

1. Национальная электронная библиотека (<http://нэб.рф>)
2. Электронно-библиотечная система «Лань» (www.e.lanbook.com)
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<https://biblioclub.ru>)
4. ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru)

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория лекционного типа № 1508, учебно-лабораторный корпус, 144000, Московская область, г. Электросталь, ул. Первомайская, д.7	Комплект мебели, переносной мультимедийный комплекс (проекционный экран, проектор, ноутбук)

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. При подготовке лекции преподаватель руководствуется рабочей программой дисциплины. В процессе лекций рекомендуется вести конспект, что позволит впоследствии вспомнить изученный учебный материал, дополнить содержание при самостоятельной работе с литературой, подготовиться к зачёту.

Следует также обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Выводы по лекции подытоживают размышления преподавателя по учебным вопросам. Преподаватель приводит список используемых и рекомендуемых источников для изучения конкретной темы. В конце лекции обучающиеся имеют возможность задать вопросы преподавателю по теме лекции. При чтении лекций по дисциплине могут использоваться электронные мультимедийные презентации.

Методические рекомендации к лабораторным занятиям

Лабораторные работы, как вид учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений, формирование практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

Выполнение обучающимися лабораторных работ проводится с целью:

формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам или темам дисциплины;

обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;

совершенствования умений применять полученные знания на практике;

выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач.

В процессе лабораторного занятия обучающиеся выполняют одну или несколько лабораторных работ под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

При подготовке к лабораторным занятиям обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение лабораторного занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем. После выполнения работы студент должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- план выполнения работы по пунктам;
- структурированное изложение хода выполнения с указанием кратких теоретических сведений, выполненных практических действий и результатов по каждому пункту плана;
- общие выводы.

Окончательная оценка за выполнение лабораторной работы студенту ставится в результате защиты лабораторной работы, в ходе которой контролируется выполнение лабораторной работы с представлением отчета и выполняется персональное собеседование по теоретическим и практическим вопросам темы работы.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся направлена на самостоятельное изучение отдельной темы учебной дисциплины. Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется учебным планом. При самостоятельной работе студент взаимодействует с рекомендованными материалами при участии преподавателя в виде консультаций. Для выполнения самостоятельной работы предусмотрено методическое обеспечение. Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) обеспечивает возможность индивидуального доступа каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.

10 Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив ее характер, тему и круг тех вопросов, которые в ее ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их про-

текания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на занятии с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на занятиях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме устного ответа с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе контрольных вопросов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачет или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

11 Особенности реализации дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение по дисциплине «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее ОВЗ) осуществляется преподавателем с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Приложение А

**Структура и содержание дисциплины «Промышленные роботы и робототехнические комплексы»
по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (бакалавр)**

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел	Семестр	Виды учебной работы, включа- ющая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в ча- сах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттеста- ции			
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	УО	ЗЛР	Т	Р	Э	З	
1.	Введение	7	2	-	-							+				
Раздел 1. Устройство и технические характеристики промышленных роботов				-	-								+			
1.1	Устройство ПР и модульный принцип его построения			-	-	8							+			
1.2	Классификация и характеристики ПР		2	-	8	8					+	+				
Раздел 2. Конструкция промышленных роботов				-	-							+				
2.1	Механика манипуляторов ПР		2	-	8	8					+	+				
2.2	Устройства перемещения ПР		2	-	-	8						+				
2.3	Рабочие устройства ПР		2	-	-	8						+				
Раздел 3. Приводы и системы управления промышленных роботов				-	-							+				
3.1	Приводы ПР		2	-	10	8					+	+				
3.2	Системы управления ПР		2	-	-	8						+				
3.3	Сенсорные средства ПР		2	-	-	8						+				
Раздел 4. Робототехнические комплексы			2	-	10	8					+	+				
	Форма аттестации	7										1		Э		
	Всего часов по дисциплине		18	-	36	90										

Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Раздел	Семестр	Виды учебной работы, включа- ющая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в ча- сах					Виды самостоятельной работы студентов						Формы аттеста- ции		
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	УО	ЗЛР	Т	Р	Э	З	
1.	Введение	9	2	-	-	12						+				
Раздел 1. Устройство и технические характеристики промышленных роботов				-	-								+			
1.1	Устройство ПР и модульный принцип его построения			-	2	10						+				
1.2	Классификация и характеристики ПР			-	2	10					+	+				
Раздел 2. Конструкция промышленных роботов			-	-								+				
2.1	Механика манипуляторов ПР		4	-	2	10					+	+				
2.2	Устройства перемещения ПР			-	2	10						+				
2.3	Рабочие устройства ПР			-	2	10						+				
Раздел 3. Приводы и системы управления промышленных роботов			6	-	-							+				
3.1	Приводы ПР			-	2	10					+	+				
3.2	Системы управления ПР			-	2	10						+				
3.3	Сенсорные средства ПР			-	2	10						+				
Раздел 4. Робототехнические комплексы			6	-	2	16					+	+				
	Форма аттестации	9										1		Э		
	Всего часов по дисциплине		18	-	18	108										

Приложение Б к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
Электростальский институт (филиал)
Московского политехнического университета

Направление подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность образовательной программы
«Роботизированные комплексы»

Форма обучения: **очная, очно-заочная**

Вид профессиональной деятельности:
проектно-конструкторская.

Кафедра «Прикладная математика и информатика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
перечень вопросов к экзамену,
тест,
защита лабораторных работ

Составитель:

С.А. Ревин

Электросталь 2025

**Паспорт
фонда оценочных средств по дисциплине
«Промышленные роботы и робототехнические комплексы»**

Направление подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль)
«Роботизированные комплексы»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная, очно-заочная

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
	Введение	ОПК-6	ЗЛР, Т
1	Раздел 1. Устройство и технические характеристики промышленных роботов	ОПК-6	
1.1	Устройство ПР и модульный принцип его построения	ОПК-6	
1.2	Классификация и характеристики ПР	ОПК-6	
2	Раздел 2. Конструкция промышленных роботов	ОПК-6	
2.1	Механика манипуляторов ПР	ОПК-6	
2.2	Устройства перемещения ПР	ОПК-6	
2.3	Рабочие устройства ПР	ОПК-6	
3	Раздел 3. Приводы и системы управления промышленных роботов	ОПК-6	
3.1	Приводы ПР	ОПК-6	
3.2	Системы управления ПР	ОПК-6	
3.3	Сенсорные средства ПР	ОПК-6	
4	Раздел 4. Робототехнические комплексы	ОПК-6	
	Промежуточная аттестация		Экзамен

Таблица 1 – ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

«ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»				
ФГОС ВО 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:				
КОМПЕТЕНЦИИ ИНДЕКС ФОРМУЛИРОВКА	Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства	Степени уровней освоения компетенций
ОПК-6 - способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	Знать: основы функционирования промышленных роботов и робототехнических систем; принцип действия и схемы элементов конструкции промышленных роботов; принципы построения различных типов систем управления промышленных роботов, их особенности; основные понятия РТК. Уметь: осуществлять рациональный выбор промышленных роботов. Владеть: методологией применения промышленных роботов на современных автоматизированных производствах	лекция, самостоятельная работа, лабораторные занятия	ЗЛР, Т, экзамен	Базовый уровень: воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля Повышенный уровень: практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к выполнению и защите лабораторных работ

Перечень оценочных средств по дисциплине
«Промышленные роботы и робототехнические комплексы»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Защита лабораторных работ (ЗЛР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов, и их защита.	Отчет о лабораторных работах.
2.	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3.	Экзамен	Итоговая форма оценки знаний. В высших учебных заведениях проводятся во время экзаменационных сессий.	Вопросы к экзамену

Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации

Примерные вопросы к экзамену

формирование компетенции ОПК-6

1. Робототехника. Понятие о роботах и манипуляторах.
2. Классификация манипуляционных роботов по способу управления.
3. Промышленные роботы. Определение, классификация по назначению. Области применения.
4. Модульные принципы построения ПР.
5. Классификация ПР.
6. Виды движений ПР
7. Кинематические схемы ПР.
8. Структура ПР. Основные элементы.
9. Степени подвижности, связь между количеством степеней подвижности и универсальностью.
10. Системы координат, применяемые в робототехнике.
11. Технические характеристики ПР.
12. Конструктивные особенности манипуляторов.
13. Интерактивные манипуляционные роботы.
14. Автоматические манипуляционные роботы.
15. Рабочие органы ПР.
16. Кинематические схемы манипуляторов ПР.
17. Кинематические цепи многозвенных манипуляторов.
18. Захватные устройства. Классификация. Общие требования.
19. Механические хватные устройства.
20. Вакуумные хватные устройства.
21. Магнитные хватные устройства.
22. Рабочие органы в виде технологических инструментов.
23. Ориентация объекта (детали) в пространстве.
24. Привод ПР.
25. Приводные устройства. Классификация. Общие требования.
26. Компоновка приводных устройств. Модульный принцип.
27. Сравнительная характеристика приводов.
28. Гидравлический привод. Область применения.
29. Пневматический привод. Область применения.
30. Электрический привод. Область применения.
31. Системы управления ПР. Основные понятия, классификация.
32. Классификация ПР по виду управления. Функциональные схемы СУ.
33. Программное управление манипуляционных роботов. Общие понятия, классификация.
34. Системы программного управления.
35. Цикловые управляющие устройства.
36. Адаптивные роботы.
37. Информационная система ПР. Очувствление ПР.
38. Роботизированные комплексы (РК). Роботизированная позиция, участок, линия. Необходимость создания РК.
39. Возможные компоновки роботизированных комплексов.
40. Перспективные и основные направления развития робототехники.

Текущий контроль

Примерные вопросы для защиты лабораторных работ

формирование компетенции ОПК-6

Введение.

1. Охарактеризуйте место промышленного робота в современном производственном процессе.
 2. Какие социально-экономические проблемы решаются внедрением промышленных роботов?
- Тема 1.1.

1. Приведите определения манипулятора и промышленного робота.
2. Какие основные системы входят в состав ПР?
3. Изложите основные положения модульного принципа построения ПР.

Тема 1.2.

1. Какие основные классификационные признаки характеризуют ПР?
2. Какие виды движения может осуществлять манипулятор?
3. Перечислите основные геометрико-кинематические характеристики.
4. Какие базовые системы координат «руки» манипулятора используются?

Тема 2.1.

1. Перечислите основные составные части манипуляторов, работающих в различных системах координат.
2. Как определяются степени подвижности манипуляторов, для какой цели вводятся дополнительные степени подвижности? Приведите схему обхода препятствия в виде стенки.
3. Какими параметрами определяются динамические свойства манипуляционной системы? Как вычислить скорости и ускорения перемещения детали?
4. Как определяются оптимальные по быстродействию параметры движения манипуляционной системы?
5. Какие параметры манипуляционной системы определяют точность позиционирования? Какие способы повышения точности позиционирования вы знаете?
6. В чем заключается принцип ориентации деталей в пространстве? Как связана кинематика кисти со схемой манипулятора?

Тема 2.2.

1. Перечислите основные достоинства и недостатки разомкнутой и замкнутой систем позиционирования подвижных ПР.
2. Приведите примеры конструктивного исполнения систем перемещения ПР.

Тема 2.3.

1. Начертите схему типовых механических схватов с гидравлическими, пневматическими приводами. Определите необходимое усилие зажима деталей.
2. Приведите схему клещевого (безударного) схвата с электромагнитным приводом.
3. Охарактеризуйте область применения вакуумных схватов. Приведите принципиальную схему вакуумного схвата (присоски) и определите его подъемную силу с учетом коэффициента запаса. Можно ли такие схваты использовать для захвата деталей за цилиндрическую поверхность?
4. Приведите схемные решения электромагнитных схватов. По какой методике можно определить конструктивные параметры таких схватов?
5. Приведите типовые схемы и характеристики сенсорных (чувствительных) устройств. В каких случаях их целесообразно применять?

Тема 3.1.

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к приводным устройствам и приводам промышленных роботов.
2. Приведите сравнительную характеристику основных типов приводов, поясните, на каком принципе основан выбор типа приводов.
3. Представьте типовую схему гидропривода и поясните, какие меры можно принять для повышения точности позиционирования.
4. Приведите типовую схему пневмопривода, поясните, какие меры можно предпринять для обеспечения заданного закона движения звеньев манипулятора и перемещаемого объекта.
5. Какие вы знаете конструктивные способы уменьшения переходного процесса в пневмо- и гидросистеме при выводе объекта в заданную точку пространства?
6. Приведите обобщенную схему электропривода промышленного робота. Перечислите основные блоки системы и назовите их характеристики.
7. В чем заключается принцип низких скоростей, используемый для повышения точности позиционирования?
8. В чем заключаются современные направления уменьшения габаритных размеров приводных устройств звеньев манипуляторов?

Тема 3.2.

1. Приведите общую схему управления нечувствительным промышленным роботом.

2. Программное управление манипуляционных роботов. Общие понятия, классификация.
3. Системы программного управления.
4. Цикловые управляющие устройства.

Тема 3.3.

1. Информационная система ПР. Очувствление ПР.

2. Какие типы сенсорных устройств используются для определения внутреннего состояния ПР?

3. Какие типы сенсорных устройств используются для контроля внешней среды?

Раздел 4.

В чем сущность антропометрического подхода при построении робототехнических комплексов?

Что такое «активная рабочая зона»?

Приведите типовую структурную схему робототехнического комплекса на участках станков ЧПУ.

Критерии оценки лабораторной работы

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (неудовлетворительно): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Тесты

формирование компетенции ОПК-6

Тест №1 (раздел 1)

1. Промышленные роботы, которые могут самостоятельно в большей или меньшей степени ориентироваться в нестрого определенной обстановке, приспосабливаясь к ней, называются:

- а) интеллектными;
- б) адаптивными;
- в) программными;
- г) цикловыми.

2. Движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его «рукой», величина которых сопоставима с размерами механизма, называются

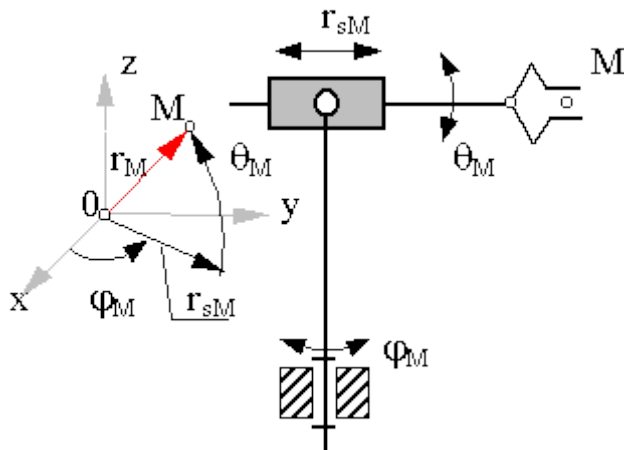
- а) региональными;
- б) глобальными;
- в) локальными;
- г) местными.

3. Зоной обслуживания манипулятора называется:

- а) подвижность манипулятора при зафиксированном (неподвижном) схвате;
- б) число независимых обобщенных координат, однозначно определяющее положение схвата в пространстве;
- в) часть пространства, ограниченная поверхностями, огибающими к множеству возможных положений его звеньев;
- г) часть пространства, соответствующая множеству возможных положений центра схвата манипулятора.

4. На схеме представлена система координат руки:

- а) декартова;
- б) цилиндрическая;
- в) сферическая;
- г) угловая.



5. ПР с абсолютной линейной погрешностью позиционирования центра схвата в диапазоне $0,2 \text{ мм} < D_{гМ} < 1 \text{ мм}$ относятся к группе:

- а) особовысокоточных;
- б) высокой точности;
- в) средней точности;
- г) малой точности.

Тест №2 (раздел 2)

1. Матрица вида соответствует:

- а) повороту вокруг оси x_i на угол $-\varphi_i$;
- б) переносу вдоль оси x_i на $-a_i$;
- в) переносу вдоль оси z_{i-1} на $-s_i$;
- г) повороту вокруг оси z_{i-1} на угол $-\varphi_i$.

$$M_i^{\varphi} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i & 0 & 0 \\ \sin \varphi_i & \cos \varphi_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Недостатком метода уравнивания манипуляторов выбором кинематической схемы, в которой силы веса звеньев воспринимаются подшипниками кинематических пар, является:

- а) значительное увеличение массы манипулятора и моментов инерции его звеньев;
- б) усложнение конструкции манипулятора;
- в) большие осевые нагрузки в подшипниках;
- г) увеличение мощности привода и моментов тормозных устройств.

3. Разомкнутый привод перемещения ПР со ступенчатым регулированием скорости используется при:

- а) высоких требованиях к точности позиционирования;
- б) средних требованиях к точности позиционирования;
- в) низких требованиях к точности позиционирования;
- г) использовании подвесных систем перемещения.

4. Для приведения в действие схватов чаще всего используются:

- а) гидроприводы
- б) пневмоприводы
- в) электроприводы
- г) комбинированные приводы.

5. Использование многоступенчатых захватных устройств последовательного действия:

- а) повышает точность позиционирования;
- б) позволяет манипулировать различными по форме объектами;
- в) позволяет манипулировать различными по размерам объектами;
- г) сокращает время загрузки.

Тест №3 (раздел 3)

1. Гидравлический привод используется для ПР:

- а) малой грузоподъемности;
- б) средней грузоподъемности;
- в) высокой грузоподъемности;
- г) во всем диапазоне грузоподъемности.

2. Из перечисленных преимуществ НЕ относится к пневмоприводам:

- а) простота и надежность конструкции;
- б) высокая скорость выходного звена привода: при линейном перемещении до 1000 мм/с, при вращении – до 60 об/мин;
- в) высокая стабильность скорости выходного звена
- г) высокий коэффициент полезного действия (до 0,8);

3. Для промышленных роботов с пневматическим приводом в основном используются системы управления:

- а) цикловые;
- б) позиционные;
- в) контурные;
- г) комбинированные.

4. Уровнем, на котором реализуется задача адаптивного управления, является:

- а) первый;
- б) второй;
- в) третий;
- г) четвертый.

5. К датчикам восприятия внешней среды ПР относятся:

- а) датчики прикосновения, проскальзывания, ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния;
- б) силомоментные датчики, датчики обеспечения перемещений исполнительных органов робота;
- в) ультразвуковые и светолокационные датчики расстояния, температурные датчики, датчики уровня;
- г) датчики скорости и положения исполнительных органов робота.

Тест №4 (раздел 4)

1. К основным промышленным роботам относятся:

- а) транспортные, сварочные;
- б) сварочные, сборочные, окрасочные, механообрабатывающие;
- в) механообрабатывающие, транспортные;
- г) транспортные, паллетирующие, комбинированные.

2. Совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемого одним или несколькими ПР для выполнения операций в принятой технологической последовательности, называется роботизированным (роботизированной):

- а) модулем;
- б) участком;
- в) технологической линией;
- г) цехом.

3. В РТК роботы могут использоваться для:

- а) доставки и установки-снятия заготовок;
- б) смены инструмента, установки-снятия заготовок;
- в) доставки и установки-снятия заготовок, смены инструмента;
- г) установки-снятия заготовок и удаления стружки.

4. Для обслуживания токарных станков могут быть использованы ПР:

- а) напольные;
- б) навесные и подвесные;
- в) подвесные и напольные;
- г) напольные, навесные, подвесные.

5. Особенностью круговой компоновки с напольными ПР является:

- а) меньшая материалоемкость, а также простота проведения профилактических работ и ремонта;
- б) меньшая занимаемая площадь;
- в) меньшая материалоемкость;
- г) меньшая стоимость.

ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ТЕСТОВ

№ теста	Раздел	Номера вопросов / Номера правильных ответов					
1	Раздел 1	Номер вопроса	1	2	3	4	5
		<i>Правильный ответ</i>	<i>б</i>	<i>а</i>	<i>г</i>	<i>в</i>	<i>в</i>
2	Раздел 2	Номер вопроса	1	2	3	4	5
		<i>Правильный ответ</i>	<i>г</i>	<i>в</i>	<i>в</i>	<i>б</i>	<i>г</i>
3	Раздел 3	Номер вопроса	1	2	3	4	5
		<i>Правильный ответ</i>	<i>в</i>	<i>в</i>	<i>а</i>	<i>в</i>	<i>а</i>
4	Раздел 4	Номер вопроса	1	2	3	4	5
		<i>Правильный ответ</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>а</i>

Критерии оценки теста:

отлично - от 90% до 100% правильных ответов;

хорошо - от 75% до 90% правильных ответов;

удовлетворительно - от 50% до 75% правильных ответов;

неудовлетворительно - менее 50% правильных ответов.