

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. Б. Перетятко

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки
15.04.01 Машиностроение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 62-529

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» И. Т. Сычев

Перетятко, С. Б.

Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. магистратуры по напр. подгот. 15.04.01 Машиностроение / С. Б. Перетятко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 32 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям
Табл. 3, список лит. – 21 наименование

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 18 января 2023 г., протокол № 4

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 марта 2023 г., протокол № 3

УДК 62-529

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Перетятко С. Б., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	20
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Роботы как новый класс машин появились в конце 30-х годов прошлого столетия. Первым термин «робот» употребил чешский писатель Карел Чапек в 1920 г. в произведении о механических людях. Смысловая нагрузка этого термина была определена чешским словом *robota*, означающим работу. Однако изначально применение роботов носило характер развлечений и никак не связывалось с возможностью их промышленного использования, чем и определялось стремление придать им внешний вид аналогичный внешности человека. Промышленные роботы в Советском Союзе серийно впервые стали выпускать в 1972-1973 гг. [7]. В период с 1980 по 1981 года выпускалось примерно 50 различных моделей роботов.

Основная задача создания промышленных роботов заключается в комплексной автоматизации производства [2–4]. Суть комплексной автоматизации состоит в автоматизации различных видов деятельности, т.е. как автоматизации процессов по совершению полезной работы, связанной с затратами механической энергии, так и автоматизация операций по сбору, переработке и передачи информации, выработке на основании этой информации управляющих воздействий, т.е. процессов управления, связанных с использованием «интеллекта». Еще одной важной структурной особенностью является, как правило, незамкнутость кинематической цепи, что обуславливает определенные дополнительные требования к приводам этих машин. При этом, в процессе функционирования кинематическая структура этих машин способна изменяться с точки зрения количества кинематических пар и их подвижности. Так, например, в процессе торможения подвижная кинематическая пара может стать неподвижной [19].

Помимо широты диапазонов скоростей и перемещений этих машин, а также точности, отметим режимы функционирования приводов, которые, как правило, работают в переходных режимах, чередующих разгоны и торможения.

Основной проблемы роботизации производства является формирование самого технологического процесса с участием этих машин. Говоря о состоянии робототехнических систем, следует отметить, что робототехника является одним из знаковых направлений развития науки и техники XXI века. Как машина-автомат принципиально нового типа, робот может быть и технологической машиной, и транспортной, и информационной, а может и вообще выпадать из этой категории, выполняя функции технологического приспособления или средства автоматизации [19].

Основу современной робототехники составляют компьютерные технологии. Современные роботы используются человеком в различных областях: в производстве, дома, в офисе, в центрах реабилитации, в больницах, школах и университетах, их используют в военных целях и в работе спецслужб. Сегодня роботы прочно освоили нишу производственных процессов, используются для работы в опасных для жизни человека условиях или в тех условиях, где возможности человека ограничены его природой. Современные достижения во всех отраслях человеческой деятельности обусловлены

использованием роботов и немислимы без них, как немислимы уже без них сегодня сами эти отрасли. К примеру, в промышленном производстве, автомобиле- и самолетостроении роботы сегодня автоматизируют как основные операции технологического процесса (гибка, сварка, сборка, обработка и т.д.), так и как вспомогательные, обеспечивая значительное сокращение необходимой численности рабочих. Достижения современной медицины тоже в значительной степени обязаны роботам. Медики получили в свои руки инструмент, который значительно расширил возможности врача в хирургии, кардиологии, гинекологии, урологии, офтальмологии. Элементы роботов активно внедряются реабилитационную деятельность, восстанавливающую утерянные способности людей, потерявших конечности. Ведутся активные работы по созданию роботов для использования в военной и космической отраслях [19].

Однако у современных роботов существуют и нерешённые пока еще проблемы, к которым можно отнести такие, как оцувствление, интеллектуализация, энергопотребление и энергосбережение. Среди перспектив развития роботов необходимо отметить такие, как переход от использования индивидуальных роботов к коллективному использованию, создание самокоординирующих систем, переход от жестких к мягким системам (био- и хемогибриды, нейро- и клеточные интерфейсы), использование свойств новых материалов (жидкостные, молекулярные и коллоидные роботы), создание технологических клеток, интегрирование компьютеров в специальные мобильные устройства, способные самостоятельно передвигаться, создание RFID – радиоидентификационных имплантатов для людей и животных.

Все перечисленное относится и к робототехническим системам, используемым в промышленном производстве с учетом соответствующих поправок на их специфику [19].

В условиях крупносерийного и массового производства основным оборудованием для механической обработки являются *автоматические линии* (АЛ) или состоящие из них системы. В средне- и крупносерийном производствах используются *гибкие автоматические линии*, так как предъявляются специфические требования к металлорежущему оборудованию. Обычные АЛ в среднесерийном производстве нерентабельны вследствие малого коэффициента загрузки, а использование одношпиндельных многоцелевых станков с ЧПУ невыгодно, так как для изготовления больших партий деталей требуется значительное количество этого дорогостоящего оборудования. Поэтому используют ГАЛ на базе станков со *сменными шпиндельными коробками* (СШК), имеющие высокую производительность. В оборудовании со СШК заготовка остается неподвижной во время всего цикла обработки, а инструмент, установленный в СШК, подается в последовательности, соответствующей ходу технологического процесса обработки. Число наименований деталей, изготавливаемых на ГАЛ со СШК, зависит от программы их выпуска и трудоемкости обработки. В единичном и мелкосерийном производстве применяется *локальная автоматизация*. Необходимым элементом перехода от локальной автоматизации к *гибким производственным системам* (ГПС) являются *роботизированные*

технологические комплексы (РТК). Организационно РТК могут функционировать отдельно, как самостоятельный вид оборудования, или могут быть объединены в роботизированные технологические линии (РТЛ) и роботизированные технологические участки (ОТУ) [20].

Технологическое оборудование можно различать по степени автоматизации. Нулевая степень автоматизации – это неавтоматизированные машины, где без участия человека выполняются лишь основные технологические функции. Первая степень автоматизации – это автоматизация отдельных машин-автоматов и полуавтоматов. Вторая степень автоматизации – это автоматизация в масштабах системы машин, создание автоматических и автоматизированных линий, гибких производственных систем (ГПС) и др. Третья степень автоматизации – комплексная автоматизация на уровне участков и цехов, предприятий в целом [20].

Дисциплина «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области машиностроения.

Целью освоения дисциплины является получение знаний по современным техническим средствам автоматизации технологических процессов – промышленным манипуляторам, роботам и автоматическим линиям.

Задачами дисциплины являются следующие:

- изучение технологических функций, выполняемые производственными манипуляторами, роботами и автоматическими линиями;
- изучение вопросов проектирования и расчета основных параметров промышленных манипуляторов, роботов и автоматических линий;
- изучение различных типов и видов средств автоматизации, основные конструкции промышленных манипуляторов, роботов и автоматических линий;
- изучение условий создания гибких производственных комплексов современного промышленного производства;
- усвоение навыков правильного выбора и рационального использования промышленных манипуляторов, роботов и автоматических линий при автоматизации технологических процессов, организации их взаимодействия с технологическим оборудованием.
- изучение основ функционирования промышленных роботов и робототехнических систем;
- изучение принципов действия и схем элементов конструкции промышленных манипуляторов, роботов и автоматических линий;
- ознакомление с методологией применения промышленных роботов и автоматических линий на современных автоматизированных производствах.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

«Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» – дисциплина образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение».

При реализации дисциплины «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» организуется практическая подготовка путем прове-

дения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- технологические функции, выполняемые машинами,
- вопросы проектирования и расчета основных параметров промышленных манипуляторов;
- различные типы и виды средств автоматизации;
- основные конструкции промышленных манипуляторов;
- условия создания гибких производственных комплексов современного промышленного производства;

уметь:

- выбирать оптимальные условия работы комплексов с использованием различных типов управления,
- производить расчеты основных параметров промышленных манипуляторов,
- выдвигать и обосновывать предложения по модернизации и проектированию данных средств автоматизации;

владеть навыками:

- использования методов и приборов исследований манипуляторов в условиях действующего производства;
- компетентного выбора по рациональным режимам эксплуатации манипуляторов;
- в определении экономически целесообразного уровня роботизации и автоматизации.
- представлять современное состояние и перспективы технического и технологического развития роботизированных комплексов технологических машин и оборудования;
- математического и физического моделирования систем в области технологических машин и оборудовании.

Для успешного освоения дисциплины «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические задания. Решение практических задач обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) относятся:

- опросы по теоретическому материалу;

- контроль на практических занятиях.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- вопросы к экзамену по дисциплине.

Промежуточная аттестации по дисциплине проводится в виде:

- курсовой работы;

- экзамена.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;

- получившие положительную оценку при выполнении курсовой работы.

Универсальная система оценивания результатов обучения приведена в таблице 1 и включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«незачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ра-

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«незачтено»	«зачтено»		
			задаче данные	курсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области проектирования технологических линий, подбора оборудования пищевых производств, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия, консультирование по решению практических заданий, выполнение курсовой работы.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить

самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по изучению промышленных манипуляторов, роботов и автоматических линий в машиностроении. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Промышленные манипуляторы, роботы. Основные понятия, определения и классификация.
2	Структура промышленных роботов
3	Компоновки промышленных роботов
4	Конструкции промышленных роботов
5	Захватные устройства промышленных роботов
6	Автоматизированное оборудование в машиностроении
7	Автоматические линии в машиностроении

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

Тема 1. Промышленные манипуляторы, роботы. Основные понятия, определения и классификация

Ключевые вопросы темы

1. Появление роботов, как класс систем.
2. Комплексная автоматизация производства.
3. Роботизация производства.
4. Основные понятия и определения.
5. Робототехнологические комплексы.
6. Классификация промышленных роботов.
7. Поколения роботов.
8. Универсальные промышленные роботы.
9. Виды систем программного управления роботом.
10. Обозначение промышленных роботов согласно ЭНИМС.

Ключевые понятия: робот, манипулятор, роботизация, роботизированная технологическая система, поколение роботов, адаптивный робот, промышленный робот, манипуляционный робот, обозначение робота.

Литература: [12, с. 3–19]

Методические рекомендации

Первая тема курса дисциплины «Производственные манипуляторы, роботы, автоматические линии» позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого ма-

териала в системе научного знания и его взаимосвязь с другими дисциплинами, определении места дисциплины в структуре образовательной программы, планируемых результатов освоения дисциплины, возможных рисках освоения дисциплины, знакомит обучающихся с формами текущего и промежуточного контроля.

При изучении данной темы курса необходимо уделить внимание основным терминам и определениям, особенностям видов роботов и манипуляторов. Понять важность и необходимость разработки роботизированных технологических систем.

Вопросы для контроля

1. Назовите основную задачу создания промышленных роботов?
2. Что такое комплексная автоматизация?
3. Назовите основную проблему роботизации производства.
4. Перечислите области, где применяют роботы.
5. Дайте определение понятию «Промышленный робот (ПР)».
6. Что из себя представляет роботизированная техническая система (РТС)?
7. Дайте классификацию РТС.
8. Что такое «Информационные (управляющие) РТС»?
9. Область применения мобильных РТС?
10. Классификация манипуляционных робототехнических систем?
11. В чём отличие между роботами первого и третьего поколения?
12. В соответствии с чем определяют тип робота?
13. Перечислите основные признаки промышленных роботов.
14. Область применения технологических промышленных роботов?
15. Перечислите системы основных координатных перемещений ПР.
16. В чём различие между линейной и ангулярной (угловой) системой?
17. Назовите формы задания информации ПР.
18. В чём заключается суть аналоговых систем программного управления ПР?
19. Объясните маркировку моделей ПР предложенную ЭНИМС.

Тема 2. Структура промышленных роботов

Ключевые вопросы темы

1. Основные элементы роботов и манипуляторов.
2. Структура промышленного робота.
3. Функциональное назначение манипулятора.
4. Функциональная схема промышленного робота.
5. Обозначения кинематических пар.
6. Прямоугольная и полярная системы координат.
7. Функциональная схема механической системы промышленного робота.
8. Приводы промышленного робота.
9. Требования к приводам промышленного робота.
10. Функциональная схема привода робота.

11. Структура привода промышленного робота.

12. Исполнительный механизм робота.

13. Кинематические пары роботов.

Ключевые понятия: исполнительное устройство, манипулятор, устройство программного управления, промышленный робот, степень свободы робота, функциональная схема промышленного робота, звено, рабочее пространство манипулятора, система координат, привод робота, исполнительный механизм робота, кинематическая пара.

Литература: [12, с. 20–52]

Методические рекомендации:

При освоении данной темы курса необходимо рассмотреть структуру промышленного робота. Определить понятие манипулятор в соответствии с ГОСТ. Рассмотреть функциональное назначение манипулятора, которое заключается в обеспечении движений выходного звена и, закрепленного на нем, рабочего органа в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией. Изучить понятие числа степеней подвижности промышленного робота, которое определяется количеством возможных независимых перемещений его рабочего органа вдоль или вокруг координатных осей. Необходимо ознакомиться с условными графическими обозначениями кинематических пар, применяемые для изображения структурно-кинематических схем ПР. Захватные устройства промышленных роботов предназначены для захватывания и удержания в определенном положении объектов манипулирования, которыми могут быть технологическая оснастка, заготовка, инструмент и т.д. Поскольку перемещение объекта должно осуществляться по заданному закону движения робот так же должен иметь систему управления приводами. С конструктивной точки зрения механическая система, собственно, и называемая манипулятором, представляющая собой пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью, состоит из несущей конструкции, приводов, передаточных и исполнительных механизмов и хватных устройств. Привод промышленного робота – это механизмы перемещения, обеспечивающие движение ПР и его элементов. Решая задачи производства, рабочий орган манипулятора промышленного робота совершает требуемые движения, транспортируя объект или выполняя технологическую операцию. Перемещение рабочего органа осуществляется исполнительным механизмом, являющимся механической частью исполнительного устройства промышленного робота. Исполнительный механизм (ИМ) представляет собой систему твердых упругих тел, соединенных между собой.

Вопросы для контроля

1. Из каких двух крупных основных частей состоит ПР?
2. В чем заключается функциональное назначение манипулятора ПР?
3. Опишите структуру трехподвижного рычажного механизма манипулятора.
4. Как определяется число степеней подвижности (свободы) ПР?

5. Как графически обозначается цилиндрическое соединение звеньев и шаровой шарнир?
6. Перечислите структурные кинематические схемы ПР.
7. Назовите виды движений, которые могут быть реализованы захватными устройствами ПР.
8. Что используют для обозначения кинематических пар в структурно-кинематических схемах ПР?
9. Перечислите типы приводов, которые нашли применение в ПР.
10. Из каких элементов состоит привод ПР?
11. От чего зависит выбор типа привода ПР?
12. Перечислите требования к приводам ПР?
13. Область применения и недостатки пневматического привода.
14. Назовите достоинства гидравлических приводов.
15. Перечислите электродвигатели, используемые в приводах ПР.
16. Что входит в структуру электропривода роботов?
17. Для чего предназначен исполнительный механизм?
18. Что понимается под пространственно-кинематической связью?
19. В чем различие между "рукой" и "кистью" манипулятора?
20. Как влияет место размещения привода на кинематическую структуру ПР?
21. В чем заключается суть кинематического анализа на этапе проектирования?
22. Назовите требования, предъявляемые к кинематическим цепям ПР.
23. Что является важным условием функционирования ПР?

Тема 3. Компоновки промышленных роботов

Ключевые вопросы темы

1. Линейная система координат промышленного робота.
2. Полярная система координат промышленного робота.
3. Классификация и типы компоновочных схем различных роботов в машиностроении.
4. Выбор компоновочной схемы.
5. Достоинства и недостатки разных компоновочных схем.

Ключевые понятия: компоновка манипулятора промышленного робота, ЭНИСМ, классификация и типы компоновочных схем, мобильность робота, роботизированная ячейка.

Литература: [12, с. 53–60]

Методические рекомендации:

В изучаемой теме необходимо рассмотреть подробно варианты компоновок промышленных роботов. Ознакомится с параметрами выбора оптимальной компоновки манипулятора промышленного робота. Необходимо обратить внимание на классификацию и типы компоновочных схем в машиностроении, предложенные ЭНИМС (Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков). Компоновка и конструктивное исполнение робота, прежде всего, зависят от того, какие движения и в какой последовательности

должен выполнять манипулятор при функционировании. Для переноса объекта манипулирования без его ориентации (в любое место рабочей зоны) необходимо и достаточно наделить манипулятор тремя степенями подвижности, каждая из которых может быть как поступательной, так и вращательной. Эти степени подвижности, называемые переносными, или региональными, определяют систему координат, в которых осуществляются основные движения исполнительного устройства робота по переносу объекта. В зависимости от характера каждой из переносимых степеней подвижности (поступательной или вращательной), их последовательности и взаимной ориентации в пространстве формируется та или иная базовая система координат манипулятора со своими особенностями и формой пространственной фигуры, описываемой рабочим органом ПР.

Вопросы для контроля

1. Перечислите варианты компоновок манипуляторов ПР.
2. Какие движения манипулятор ПР реализуются при ангулярной системе координатных перемещений?
3. От чего зависит выбор оптимальной компоновки ПР?
4. Назовите компоновочные схемы ПР предложенные ЭНИМС.
5. Перечислите факторы, влияющие на выбор компоновочной схемы для конкретного робота.
6. Сравните компоновки роботов, работающих в разных системах координат?

Тема 4. Конструкции промышленных роботов

Ключевые вопросы темы

1. Общие сведения о конструкциях промышленных роботов.
2. Маневренность манипулятора.
3. Угол сервиса.
4. Требования к промышленным роботам.
5. Группы роботов по конструктивным признакам.
6. Модульное построение робота.
7. Агрегатно – модульные конструкции роботов.
8. Принципы конструирования и расчетов промышленных роботов.
9. Выбор компоновки робота.
10. Этапы проектирования промышленных роботов.

Ключевые понятия: конструкция робота, несущая механическая система, исполнительная механическая система, маневренность манипулятора, угол сервиса, требования к промышленным роботам, конструктивные признаки, модульная конструкция.

Литература: [12, с. 61–71]

Методические рекомендации:

При изучении рассматриваемой темы обучающимся необходимо ознакомиться с общими сведениями о конструкциях промышленных роботов. Понять такие понятия, как маневренность манипулятора, угол сервиса и т.д. Изучить требования к промышленным роботам и деление их на группы. Необходимо

рассмотреть принципы конструирования и расчетов промышленных роботов. Параметры робота определяют, руководствуясь результатами функционального анализа технологических факторов. Базируясь на экономической эффективности, следует минимизировать число степеней подвижности и перемещения при максимально допустимой погрешности позиционирования. Выбор рациональной кинематической схемы и компоновки ПР следует выполнять совмещая рабочие зоны технологического оборудования и уменьшая число вариантов подхода в эти зоны рабочего органа манипулятора ПР. При выборе компоновки и кинематики ПР пользуются методом многокритериальной оценки.

Вопросы для контроля

1. Назовите основные элементы входящие в конструкцию ПР.
2. Перечислите требования, предъявляемые к конструкциям ПР.
3. На какие группы делятся ПР по конструктивным признакам?
4. Что такое "модуль" и "агрегат"?
5. Достоинства и недостатки модульного принципа построения ПР.
6. Назовите недостатки агрегатно-модульных конструкций ПР?
7. Перечислите технические требования при проектировании ПР?
8. Назовите порядок, применяемый при расчете несущей механической системы?
9. Перечислите этапы проектирования ПР.

Тема 5. Захватные устройства промышленных роботов

Ключевые вопросы темы

1. варианты конструкций хватных механизмов роботов.
2. Классификация хватных устройств.
3. Вакуумные захваты.
4. Электромагнитные захваты.
5. Клещевые захваты.

Ключевые понятия: классификация хватных устройств, вакуумный хват, электромагнитный хват.

Литература: [12, с. 72–77]

Методические рекомендации:

Захватные устройства (ЗУ) манипуляторов (М) промышленных роботов (ПР) предназначены для захватывания и надежного удержания в требуемом положении объектов манипулирования или манипулирования ими в процессе транспортировки, а также загрузки/разгрузки технологического оборудования. Объекты манипулирования имеют разнообразные форму, размеры и массу, обладают различными физическими свойствами и относятся к числу сменных элементов ПР. Необходимо изучить классификацию хватных устройств промышленных роботов.

Вопросы для контроля

1. Почему хватные устройства относятся к числу сменных элементов ПР?

2. Какие факторы влияют на правильный выбор захватного устройства?
3. Перечислите классификационные признаки захватных устройств.
4. Опишите конструкции захватных устройств для детали коробчатой формы.
5. Назовите основные элементы вакуумных захватных устройств.
6. Почему гидропривод не используют для зажима схватов при работе с нагретыми объектами?

Тема 6. Автоматизированное оборудование в машиностроении

Ключевые вопросы темы

1. Общие сведения о автоматизированном оборудовании в машиностроении.
2. Показатели производительности автоматизированных систем в машиностроении.
3. Коэффициенты оценки эффективности использования оборудования.
4. Концентрация операций.
5. Структурные схемы агрегатированных систем.
6. Структура автоматов в машиностроении.
7. Классификация автоматов в машиностроении.
8. Автоматы последовательного действия.
9. Автоматы параллельного действия.
10. Роторные машины.
11. Классификация и типовые компоновки агрегатных станков.
12. Агрегатные станки с ЧПУ.

Ключевые понятия: производительность, коэффициент оценки использования оборудования, концентрация операций, автомат, полуавтомат, классификация автоматов, роторные машины, агрегатные станки.

Литература: [12, с. 78–93]

Методические рекомендации:

Изучить показатели производительности автоматизированных систем.

Изучить коэффициенты эффективности использования оборудования. Ознакомится с понятием концентрация операций. В зависимости от количества и последовательности выполняемых технологических переходов структурные схемы агрегатированных систем могут быть подразделены на три группы. Изучить признаки каждой группы. На предварительной стадии проектирования агрегатированных систем выбор той или иной структурной схемы определяется в основном двумя факторами: конструкцией детали и производительностью, которую должно обеспечить оборудование. Размеры и количество поверхностей, обрабатываемых с одной стороны детали, влияют на мощность и размеры обрабатывающих силовых узлов – силовых головок, столов и бабок.

Автоматом называется самоуправляющая рабочая машина, которая самостоятельно выполняет все рабочие и холостые ходы и нуждается лишь в наладке и контроле функционирования. В соответствии с этим функциональная

схема кроме двигателя, привода и рабочих механизмов включает в себя комплект механизмов холостых ходов и управления.

Полуавтоматом называется машина, выполняющая автоматически цикл обработки, для повторения которого требуется вмешательство человека, конструктивный признак – отсутствие механизмов загрузки. Изучить классификацию автоматов. Изучить понятия роторная машина и агрегатный станок. Разобраться с классификацией и типовыми компоновками агрегатных станков.

Вопросы для контроля

1. На какие группы по форме концентрации операций делятся многопозиционные автоматы?
2. Какие станки называются агрегатные?
3. Из каких основных узлов состоит агрегатный станок?
4. В чем преимущество агрегатных станков?
5. Какие циклы обработки чаще всего реализуются в агрегатных станках?
6. Какие типовые компоновки однопозиционных агрегатных станков?
7. В каких станках применяются силовые головки?
8. В чем особенности агрегатных станков с ЧПУ?
9. В чем особенность агрегатного станка с ЧПУ со сменными шпиндельными коробками?

Тема 7. Автоматические линии в машиностроении

Ключевые вопросы темы

1. Автоматические линии.
2. Состав автоматической линии.
3. Структура автоматической линии.
4. Классификация автоматических линий.
5. Транспортно накопительные системы автоматических линий.
6. Виды транспортеров автоматических линий.
7. Основные виды механизмов и устройств групповых автоматических линий.
8. Автоматизация на базе агрегатных станков.
9. Автоматизация на базе роторных машин.

Ключевые понятия: автоматическая линия, накопитель, спутниковая автоматическая линия, транспортер роторная машина.

Литература: [12, с. 94–118]

Методические рекомендации:

Необходимо ознакомиться с общими сведениями об автоматических линиях в машиностроении. Автоматическими называют поточные линии станков и агрегатов, связанных в единую систему, в которой весь комплекс технологических процессов происходит без прямого участия рабочего; последний лишь контролирует и налаживает оборудование. Изучить состав автоматических линий. Познакомится со структурой автоматических линий в машиностроении. Изучить классификацию автоматических линий. Одним из основных элементов

АЛ является транспортно-накопительная система. Транспортно-накопительные системы автоматических линий по принципу действия, конструкции и компоновке зависят от вида обрабатываемых изделий, в меньшей степени - от выполняемых операций. Автоматические линии из агрегатных станков, как правило, относятся к линиям с жесткой межагрегатной связью, на которых станки и элементы транспортной системы должны работать в едином жестком ритме, а отказ любого элемента (инструмента, механизма, устройства) вызывает останов всей линии. В линиях, разделенных на отдельные секции межоперационными накопителями, жесткая связь осуществляется в пределах одной секции. Изучить основные виды механизмов и устройств групповых автоматических линий. Изучить автоматические линии на базе агрегатных станков и на базе роторных машин.

Вопросы для контроля

1. Что такое автоматическая линия и что входит в ее состав?
2. Для какого типа производства предназначены автоматические линии?
3. Чем отличается сблокированная АЛ от несблокированной?
4. Как классифицируются АЛ по характеру транспортирования изделий?
5. Как классифицируются АЛ по способу передачи изделий со станка на станок?
6. Какие особенности спутниковых АЛ?
7. Как различаются АЛ по расположению оборудования в линии?
8. Назовите средства автоматизации загрузки заготовок в автоматических линиях.
9. Какие механизмы и устройства входят в транспортную систему АЛ с жесткой межагрегатной связью?
10. Какие вы знаете типы конвейеров, применяемых в АЛ?
11. Как работает шаговый штанговый транспортер с собачками?
12. Как работает шаговый штанговый транспортер с флажками?
13. Как работает грейферный шаговый транспортер?
14. Как работают шаговые транспортеры?
15. Какие автоматические линии называются групповые?
16. Какие виды транспортных систем используются в групповых автоматических линиях?
17. Какие транспортеры применяются в АЛ с гибкой связью?
18. Какие транспортные устройства обслуживают АРЛ?
19. Расскажите о технологических и транспортных роторах.
20. Расшифруйте аббревиатуры АРЛ и АРКЛ. В чем разница между ними?
21. Какие преимущества АРКЛ перед АРЛ?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков компетентного выбора по рациональным режимам эксплуатации манипуляторов, представлять современное состояние и перспективы технического и технологического развития роботизированных комплексов технологических машин и оборудования.

Практические занятия по дисциплине «Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Мехатронные системы и робототехника. Классификация и особенности
2	Параллельные и движущиеся роботы. Принципы действия, структурные схемы и кинематика
3	Принципы уравнивания звеньев манипуляторов
4	Кинематический анализ промышленных роботов
5	Рабочие органы промышленных роботов. Схемы конструкций, кинематика рабочих органов
6	Привод промышленных роботов

Практическая работа № 1: Мехатронные системы и робототехника. Классификация и особенности.

Цель: формирование умений и навыков в области особенностей и классификации промышленных роботов (ПР).

Задание по практической работе: в изучении и освоении материала:

1. Исторические и технические аспекты появления промышленной робототехники.

2. Современная классификация промышленных роботов (поколения промышленных роботов).

3. Основные термины и определения, характеристики и классификация ПР.

4. Структура ПР.

Методические рекомендации:

Идеи создания "механических" людей возродились в начале 20 века. Это состоялось на основе появления электротехники, электроники и литературы.

Слово "РОБОТ" впервые появилось в произведении "R.U.R." чешского писателя Карла Чапека (1920).

Сейчас принято разделение роботов на 3 поколения. Первое поколение - ПР. Это автоматические устройства, оснащенные одной или несколькими руками. Движение руки робота осуществляется по нескольким управляемым координатам (2–8) с заданной скоростью и необходимой точностью. Оператор может перепрограммировать движения робота. После этого робот однообразно выполняет движения по жесткой программе. Такие роботы не имеют датчиков обратной связи и не могут реагировать на изменения внешней среды. Предполагается, что внешняя среда детерминирована и постоянна. Программирование движений осуществляется методом обучения. Программа предусматривает запись всех движений манипулятора. ПР применяются для автоматизации транспортных, вспомогательных и некоторых технологических операций в условиях мелкосерийного и серийного производств [1].

Второе поколение – адаптивные роботы. Адаптивные роботы – это роботы, управляемые устройством адаптивного управления. Эти роботы могут реагировать на изменения внешней среды. Роботы оснащены датчиками обратной связи. Область применения роботов расширена (по сравнению с роботами первого поколения) за счет возможности корректировать программу в зависимости от изменений внешней среды. Манипуляторы (механическая часть) роботов не имеют существенного отличия от роботов первого поколения. Область применения роботов – технологические процессы без строго организованной окружающей среды (разная ориентация деталей), изменяющаяся номенклатура деталей. Третье поколение – роботы с искусственным интеллектом. Задание на работу роботу вводится в более общей форме. Робот планирует свои действия в неопределенной и меняющейся обстановке. Робот действует аналогично человеку, который понял поставленную задачу, проанализировал окружающую среду и знает, какие движения необходимо сделать для выполнения задачи [1].

Необходимо изучить основные термины и определения.

Манипулятор – это управляемое устройство для выполнения двигательных функций при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом. Манипулятор с ручным управлением – манипулятор, управление которым осуществляет оператор. Сбалансированный манипулятор – манипулятор, содержащий систему уравнивания устройства рабочего органа. Автооператор – автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства – манипулятора и устройства передвижения. Промышленный робот – автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Адаптивный промышленный робот (АПР) – промышленный робот, управляемый устройством адаптивного управления. Исполнительное устройство промышленного робота – устройство, выполняющее все двигательные функции робота. Рабочий орган робота – часть исполнительного устройства ПР для выполнения технологических и вспомогательных операций [1].

К основным характеристикам робота можно отнести следующие:

Номинальная грузоподъемность манипулятора – наибольшее значение массы предметов производства (включая массу захватного устройства) при которой гарантируется их удержание и обеспечение значений эксплуатационных характеристик. Рабочее пространство манипулятора – пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при работе манипулятора. Рабочая зона манипулятора – пространство, в котором может находиться рабочий орган при функционировании манипулятора. Зона обслуживания – пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением манипулятора. Число степеней подвижности робота – сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно опорной системы. Погрешность позиционирования рабочего органа – отклонение положения рабочего органа манипулятора от заданного программой. Мобильность робота – определяется возможностью совершать движения [1].

Изучить классификации промышленных роботов по разным признакам. Промышленные роботы классифицируют по признакам: специализация; грузоподъемность; число степеней подвижности; возможность передвижения; способ установки на рабочем месте; вид системы координат; вид привода; вид управления; способ программирования; количество манипуляторов.

Робот состоит из манипулятора (механическая часть) и устройства управления (электронная часть).

Вопросы для контроля:

1. История и предпосылки появления автоматизированного производства.
2. Исторические этапы развития робототехники.
3. Особенности роботов 1-3 поколений.
4. Пояснить смысл понятий: манипулятор, сбалансированный манипулятор, автооператор.
5. Пояснить смысл понятий: промышленный робот (ПР), ПР с ЧПУ, адаптивный ПР.
6. Дать классификацию ПР.
7. Составные части и конструкция ПР.
8. Основные технические характеристики ПР.

Практическая работа № 2: Параллельные и движущиеся роботы. Принципы действия, структурные схемы и кинематика.

Цель: формирование умений и навыков в области конструктивных особенностей параллельных и движущихся роботов.

Задание по практической работе:

1. Ознакомление с конструктивными особенностями, структурными схемами параллельных роботов.
2. Ознакомление с конструктивными особенностями, структурными схемами перемещающихся роботов.

Методические рекомендации:

Параллельные роботы являются одной из современных разновидностей манипуляторов. Классические структуры роботов копируют структуру и кинематику движения руки человека. Они имеют ряд достоинств: небольшая величина рабочего пространства; гибкость элементов ПР, позволяющая осуществлять сложные движения; возможность различного исполнения. Однако, для определенных условий производства появилась необходимость в ПР, имеющих более высокие показатели кинематических характеристик (скорость движения и ускорение перемещения); точности позиционирования; отношения массы перемещаемых грузов к массе ПР; а также наиболее простую кинематику и приводные механизмы. Это обусловило появление (в конце 40-х) и производство (в конце 80-х годов) «параллельных» роботов. Кинематика этих роботов основана на анализе кинематики движений и условий равновесия тел животных, имеющих несколько лап, точно определяющих положение тела относительно окружающей среды [1].

Преимущества параллельных роботов: высокие кинематические характеристики (скорость перемещения, ускорения, достигающие 22 g); возможность упрощения кинематической цепи и исключения передаточных механизмов из привода; высокая точность позиционирования (до 0,01 мм) при использовании высоких скоростей перемещения управляемой рабочей площадки; идентичность конструкций параллельных кинематических пар [1].

Недостатки параллельных роботов: ограничение возможности подхода рабочего органа к труднодоступным элементам объекта; увеличенная площадь размещения робота; необходимость в сложных расчетах «обратных» задач кинематики движений.

Количество параллельных структур (имеющееся в настоящее время) можно разделить на три класса: 1) полностью параллельные с приводом поступательного типа; 2) полностью параллельные с приводом вращательного типа; 3) смешанные.

Вопросы для контроля:

1. Классификация параллельных роботов.
2. Структурные схемы параллельных роботов.
3. Достоинства и недостатки параллельных роботов.
4. Использование параллельных роботов.
5. Перемещающиеся роботы.

Практическая работа № 3: Принципы уравнивания звеньев манипуляторов

Цель: формирование умений и навыков в области принципов уравнивания звеньев манипуляторов.

Задание по практической работе:

1. Изучение принципов уравнивания подвижных звеньев манипуляторов.
2. Статическое уравнивание манипуляторов.

3. Динамическое уравнивание манипуляторов.
4. Кинематические схемы статического уравнивания манипуляторов.

Методические рекомендации:

Уравнивание манипуляторов имеет большое значение для улучшения функционирования роботов. Однако введение дополнительных механизмов уравнивания ведет к усложнению конструкции робота, повышает металлоемкость и инерционность, приводит к дополнительным нагрузкам в элементах конструкции. Системы уравнивания разделяются на активные и пассивные. Активные системы уравнивания используют основной или дополнительный приводы, а также информацию о положении системы. Эти системы осуществляют более точное уравнивание, но они применяются редко (ввиду их сложности). Пассивные системы используют неуправляемые источники энергии: гравитационное поле, силы упругости, сжатый газ. Системы уравнивания роботов разнообразны, как по принципу действия, так и по конструктивным особенностям. Однако, они подразделяются на две группы: статическое уравнивание; динамическая развязка движений [1].

Статическое уравнивание манипуляторов предназначено для разгрузки приводов от статических нагрузок, таких как силы тяжести звеньев и перемещаемого объекта. Уравнивание статических нагрузок в роботах осуществляется с помощью пружин, противовесов, путем распределения масс или непосредственно приводами робота.

Все механизмы уравнивания, использующие в качестве силового элемента пружину с линейной характеристикой, могут быть разделены на две группы. К первой относятся те, в которых требуемый закон изменения уравнивающего момента обеспечивается геометрией расположения упругого элемента и соответствующим выбором её жесткости. В механизмах второй группы уравнивающий момент создается введением промежуточного звена: зубчатой пары, кулисы, кулачка и т. д. [1].

Наряду со статическим уравниванием для быстродействующих манипуляторов необходимо решать задачу и динамического уравнивания системы.

Вопросы для контроля:

1. Для чего используется уравнивание роботов?
2. Как подразделяются системы уравнивания звеньев манипулятора?
3. Для чего предназначено статическое уравнивание манипуляторов?
4. Для чего предназначено динамическое уравнивание манипуляторов?

Практическая работа № 4: Кинематический анализ промышленных роботов.

Цель: приобретение умений и навыков проведения кинематического анализа промышленных роботов.

Задание по практической работе:

1. Ознакомление с методами решения кинематического анализа промышленных роботов.
2. Ознакомление с особенностями решения прямой задачи кинематики промышленных роботов.
3. Ознакомление с особенностями решения обратной задачи кинематики промышленных роботов.
4. Анализ полученных зависимостей при проведении кинематического анализа промышленных роботов

Методические рекомендации:

При изучении кинематических свойств многозвенных механизмов возникает необходимость описания движения звеньев без учета их масс и действующих на них сил. Конструкция манипуляторов чаще всего представляет собой сочленение N звеньев, состоящих из кинематических пар 5-го порядка (характеризуются наличием 1-й степени свободы) [1].

Определение взаимного положения звеньев манипулятора сводится к задаче преобразования одной системы координат в другую. Такое преобразование выполняется при помощи специальных матриц размером 4×4 . Эти матрицы носят название матриц винтовых смещений [1].

Прямая задача кинематики заключается в следующем: необходимо найти матрицу r_0 (радиус – вектор), которая определяет координаты захватного устройства робота в пространстве относительно неподвижной системы координат (обычно с основанием манипулятора) при известных конструктивных параметрах робота и значений обобщенных параметров q_i для всех кинематических пар [1].

Обратная задача кинематики – состоит в следующем: по известной матрице r_0 захватного устройства манипулятора в пространстве необходимо определить значение обобщенных координат q_i .

Вопросы для контроля:

1. Что собой представляет чаще всего конструкция манипулятора?
2. Как может быть описано положение одного звена манипулятора относительно другого?
3. В чем заключается прямая задача кинематики?
4. Как выглядит кинематическая схема манипулятора?
5. В чем заключается обратная задача кинематики?

Практическая работа № 5: Рабочие органы промышленных роботов. Схемы конструкций, кинематика рабочих органов.

Цель: получение навыков анализа схем и расчета захватных устройств промышленных роботов.

Задание по практической работе:

1. Ознакомление с классификацией и техническими характеристиками рабочих органов промышленных роботов.
2. Ознакомления с методикой и параметрами расчетов захватных и притяжных схватов.

3. Изучение особенностей адаптивных захватных устройств.

Методические рекомендации:

К рабочим органам ПР относятся захватные устройства (ЗУ), предназначенные для взятия и удержания детали или изделия. При обслуживании одним промышленным роботом нескольких единиц оборудования возможно применение широкодиапазонных ЗУ или с автоматической заменой элементов ЗУ (особенно если одновременно обрабатываются заготовки (детали) различных конфигурации и массы.) Поэтому к захватным устройствам ПР, работающих в условиях серийного производства, предъявляются дополнительные требования: широкодиапазонность (возможность захвата и базирования деталей в широком диапазоне их масс, размеров), обеспечение захвата близко расположенных деталей, легкость и быстрота замены. В ряде случаев необходимо автоматическое изменение усилия удержания объекта в зависимости от его массы. В роботах часто применяются технологические рабочие органы, предназначенные для выполнения конкретных технологических процессов. К ним относятся, например: клешни для контактной точечной сварки, горелка для дуговой сварки плавлением, распылитель для окраски и т.д. [1].

Зажимные ЗУ удерживают деталь благодаря кинематическому воздействию рабочих элементов (губок, пальцев, клещей и т. д.) с помощью сил трения или запирающих усилий. Притяжные ЗУ обеспечивают силовое воздействие на объект благодаря использованию различных физических принципов. Наиболее распространены вакуумные и магнитные ЗУ. Рабочие органы ПР в зависимости от их назначения могут оснащаться дополнительными приспособлениями для выполнения ориентирующих перемещений и некоторых технологических операции (гайковертом, сверлильным устройством и др.). По числу рабочих позиций захватные устройства делятся на однопозиционные и многопозиционные, а по характеру управления — на следующие четыре группы [1].

1. Неуправляемые ЗУ с постоянными магнитами или вакуумными присосками без принудительного разрежения. В таком ЗУ для снятия объекта требуется приложить большее усилие, чем для его удержания.

2. Командные ЗУ управляются только по командам на захват или отпускание объекта. К ним относятся устройства с пружинным приводом, которые оснащаются стопорным механизмом, срабатывающим через такт.

3. Жестко программируемые ЗУ управляются системой числового программного управления промышленным роботом. Перемещение губок, взаимное расположение рабочих элементов и усилие зажима в таких устройствах изменяются в зависимости от заданной программы, по которой может осуществляться также управление работой вспомогательных технологических приспособлений.

4. Адаптивные ЗУ – программируемые устройства, оснащенные различными датчиками внешней информации (формы изделия и состояния поверхности, массы объекта, усилия зажима и т. п.) [1].

По характеру крепления к руке промышленного робота все захватные устройства можно разделить на четыре группы: 1) несменяемые – являющиеся неотъемлемой частью конструкции робота, замена которых не предусмотрена;

2) сменные – самостоятельные узлы с базовыми поверхностями для крепления к руке робота (крепление таких устройств, например фланцевое с помощью болтов, не предусматривает их быстрой замены); 3) быстросменные, а в общем виде – рабочие органы крепятся с помощью специальных механизмов, как например, байонетный замок, и могут быстро заменяться; 4) автоматически заменяемые – оборудуются механизмами, позволяющими осуществить их автоматическую замену [1].

Технические характеристики захватных устройств делятся на четыре группы. В первую группу объединяются показатели, общие для всех типов захватных устройств, во-вторую показатели схватов, в третью – вакуумных захватных устройств, в четвертую – магнитных захватных устройств.

При конструировании зажимных ЗУ промышленных роботов необходимо учитывать конкретный тип детали или группы деталей, их форму, материал и условия технологического процесса. Важные критерии при этом – необходимая точность удержания детали и допустимое усилие на губках. Привод зажимных устройств осуществляется, как правило, с помощью пневматического или пневмогидравлического привода, расположенного в их основании. Эластичное зажимное ЗУ предназначено для захвата и удержания легкодеформируемых изделий (например, электрической лампы) и отличается от остальных механических ЗУ. Это устройство приводится в действие давлением воздуха. Расчет зажимных захватных устройств включает: нахождение сил, действующих в местах контакта заготовки и губок; определение усилий привода; проверку отсутствия повреждений поверхности детали при захватывании; расчет на прочность деталей устройств (по методикам расчета деталей машин) [1].

В ряде случаев манипулятор требуется оснащать датчиками внешней информации: о наличии объекта манипулирования, его форме, размерах, массе, состоянии поверхности, усилию его удержания, степени возможного проскальзывания и т.п. – в этом случае захватное устройство называют адаптивным. Адаптивные ЗУ широко применяют при автоматизации сборочных операций.

Вопросы для контроля:

1. Для чего используют вакуумные захватные устройства?
2. Для чего используют электромагнитные захватные устройства?
3. Перечислить варианты сменных механизмов захватных устройств.
4. Характеризовать варианты сменных механизмов захватных устройств.
5. Какие требования предъявляются к схватам роботов, работающих в гибких автоматизированных производствах?
6. Указать особенности конструкции байонетного соединения.
7. Привести особенности конструкции адаптивных захватных устройств.

Практическая работа № 6: Привод промышленных роботов.

Цель: формирование умений и навыков в области особенностей выбора привода промышленных роботов.

Задание по практической работе:

1. Ознакомление с теоретическими положениями точности позиционирования ПР.
2. Определение взаимосвязи точности позиционирования ПР и погрешности установки заготовки в приспособления технологического оборудования.
3. Изучение особенностей расчета погрешности позиционирования ПР.

Методические рекомендации:

Тип и конструкция привода влияет на эксплуатационные показатели, габаритные размеры, потребление энергии, уровень шумов, возможность эксплуатации роботов в различных средах.

По виду используемой энергии приводы разделяют на пневматические, гидравлические, электромеханические, комбинированные. Один из важных параметров привода промышленного робота – его способ отсчета координат. Существуют два способа отсчета координат – относительный (по приращениям) и абсолютный (эти понятия относятся главным образом к дискретным приводам). При относительном способе отрезки траектории пропорциональны соответствующим отсчетам импульсного датчика. Если на одном из участков появится ошибка Δu и перемещение произойдет на величину u_1 , то эта ошибка скажется и на последующих участках отработки программы. Отличие абсолютного отсчета координат, заключается в том, что датчик обратной связи всегда дает отсчет перемещения от начала координат. Для этого применяют так называемые кодовые датчики обратной связи. Если на одном из участков появится ошибка, то она не скажется на дальнейшей отработке программы, так как отсчет идет всегда от начала координат. К приводам с относительным отсчетом координат (по приращениям) относится шаговый привод, с абсолютным – большинство электроприводов с обратной связью по положению. Выбор типа привода – часть общей задачи проектирования и создания промышленного робота новой конструкции. При этом необходимо учитывать много различных факторов и соображений: характер нагрузки на рабочий орган манипулятора и его промежуточные звенья; кинематические характеристики манипулятора (необходимые угловые и линейные перемещения, скорости, ускорения, законы движения рабочего органа и переходные процессы разгона и торможения); число точек и точность позиционирования, или точность воспроизведения криволинейной траектории, и точность стабилизации контурной скорости; условия эксплуатации робота (характеристики окружающей среды – давление воздуха, температуру, влажность, пожароопасность, загрязнение), а также механические воздействия, необходимый ресурс, желательный КПД, и другие факторы [1].

Определенных границ использования приводов различного типа не существует. Пневматические приводы предпочтительно применять для простых роботов с цикловым управлением и небольшой грузоподъемностью (до 10 кг). Для роботов средней и большой грузоподъемности, как правило, используют гидропривод. В последние годы все более широко применяется электромеханический привод. Выбор типа привода во многом определяется существующим или предполагаемым к использованию устройством управления. Применение

приводов в робототехнике обусловлено рядом специфических особенностей и требований [1].

1. Современные промышленные роботы имеют большое количество управляемых координат (от 3 до 7), сложную кинематическую структуру, каждая из координат управляется отдельным приводом.

2. Необходимость обеспечения группового управления приводами координат.

3. Обеспечение высокой точности позиционирования по каждой координате при напряженном динамическом режиме работы и большом количестве кинематических пар.

4. Широко изменяемый диапазон нагрузок на привод.

5. Требования по минимальным габаритным размерам и массам.

6. Необходимость длительной работы в неподвижном, заторможенном состоянии.

7. Большой ресурс работы и высокая надежность.

Вопросы для контроля:

1. Как подразделяются приводы по виду используемой энергии?

2. Какие способы отсчета координат в роботах Вы знаете?

3. Указать отличия способов отсчета координат в ПР?

4. Какие факторы необходимо учитывать при выборе типа приводов?

5. Указать преимущества и недостатки пневматических приводов.

6. Привести схему пневматического привода и указать уравнение равновесия сил.

7. Привести варианты схем вращательного пневмопривода.

8. Указать преимущества и недостатки гидравлических приводов.

9. Привести гидравлическую схему ПР с 2 гидроцилиндрами.

10. По каким критериям определяют производительность гидравлического насоса привода ПР?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические указания к практическим работам дисциплины «Робототехника и мехатроника» (для студентов всех форм обучения магистратуры направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическая подготовка производства» / сост. И. А. Горобец. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – 68 с.
2. Шишмарев, В. Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. Ю. Шишмарев. – Москва: Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
3. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник / А. Г. Схиртладзе, В. Н. Воронов, В. П. Борискин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 612 с.
4. Житников, Ю. З. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Ю. З. Житников, Б. Ю. Житников, А. Г. Схиртладзе [и др.]; под общ. ред. проф. Ю. З. Житникова. – 2-е изд. Перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 656 с.
5. ГОСТ 25686 - 85. Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения. - Введ. 1986-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 6 с.
6. Юревич, Е. И. Основы робототехники: учеб. пособие для вузов / Е. И. Юревич. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: БВХ - Петербург, 2007. – 416 с.
7. Белянин, П. Н. Промышленные роботы и их применение: робототехника для машиностроения / П. Н. Белянин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1983. – 312 с.
8. ГОСТ 25685 - 83. Роботы промышленные. Классификация. - Введ. 1984-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 6 с.
9. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы: справочник / Ю. Г. Козырев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1988. – 392 с.
10. Карнаухов, Н. Ф. Электромеханические и мехатронные системы: учеб. пособие / Н. Ф. Карнаухов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 320 с.
11. Аншин, С. С. Проектирование и разработка промышленных роботов / под ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. – Москва: Машиностроение, 1989. – 272 с.
12. Перетятко, С. Б. Производственные манипуляторы, роботы и автоматические линии: учебное пособие / С. Б. Перетятко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 123 с.
13. Промышленные роботы в машиностроении: альбом схем и чертежей: учеб. пособие для технических вузов / Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов [и др.]; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва: Машиностроение, 1986. – 140 с.
14. Егоров, О. Д. Механика и конструирование роботов: учеб. для вузов / О. Д. Егоров. – Москва: Станкин, 1997. – 510 с.
15. ГОСТ Р 15.201 - 2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения.

Порядок разработки и постановки продукции на производство. Введ. 2001-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.

16. Москвичев, А. А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов: учеб. пособие / А. А. Москвичев, А. Р. Кварталов, Б. В. Устинов. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. – 176 с.

17. Челпанов, И. Б. Схваты промышленных роботов / И. Б. Челпанов, С. Н. Колпашников. – Ленинград: Машиностроение, 1989. – 288 с.

18. Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов: учеб. пособие / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2010. – 312 с.

19. Промышленные роботы: учеб. пособие / А. Г. Кравцов, К. В. Марусич; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 100 с. (<http://elib.osu.ru/handle/123456789/12018>)

20. Горшенин, Г. С. Оборудование автоматизированного производства: конспект лекций / Г. С. Горшенин. – Казань: Казанский гос. тех. ун-т имени А. Н. Туполева. 2008. – 154 с.

21. Гондин, Ю. Н. Производственное оборудование и его эксплуатация: комплекс учеб.-метод. материалов / Ю. Н. Гондин, Б. В. Устинов; Нижегород. гос. техн. ун-т. – Нижний Новгород, 2007. – 114 с.

Локальный электронный методический материал

Сергей Борисович Перетятко

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 2,5. Печ. л. 2,0

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1