

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

О. В. Агеев

**РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕХАТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов, обуча-
ющихся в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии
продуктов питания ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Агеев, О. В.

Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование / О. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 84 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» 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, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения.

Табл. 3, рис. 8, список лит. – 10 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой Инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 20 февраля 2025 г., протокол № 6

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию методической комиссией Института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 марта 2025 г., протокол № 3

УДК 658.512.26

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Агеев О. В., 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	60
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Одним из характерных отличительных черт современного уровня технического прогресса является то, что во многих сферах деятельности человека применяется техника, управляемая с помощью средств электроники и микроэлектроники. Окружение «умных» кибернетических машин стало сейчас само собой подразумеваемой повседневностью. Электронные средства для управления широко используются в пищевых и транспортных машинах, например, в конвейерах, хладотранспорте, рефрижераторах, судах, поездах и грузоподъемных устройствах. Без электронных устройств управления движением трудно представить современные технологические машины, такие как компрессоры, холодильники, машины, краны, промышленные роботы, а также энергетические машины, к которым относятся турбины, двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели. Практически во всех отраслях промышленности используются кибернетические устройства и машины, имеющие для выполнения заданных функций, определенные свойства интеллекта благодаря встроенной электронной и микроэлектронной аппаратуре и компьютерного (микропроцессорного) управления.

Современные технические устройства имеют в своем составе мехатронные системы или являются непосредственно мехатронными устройствами. Мехатронными устройствами являются технические системы, в которых для успешного выполнения предназначенных функций движения используются интегрированные средства микроэлектроники. Наука, занимающаяся анализом и синтезом мехатронных устройств, называется мехатроникой.

Мехатроника представляет совокупность двух научно-технических направлений. Как легко заметить, термин МЕХАТРОНИКА происходит от названий этих направлений: МЕХАника и электРОНИКА. Основные идеи мехатроники начали формироваться по мере того, как в состав обычных технических систем при проектировании стали входить электронные устройства. После того, как в 1984 г. японское общество инженеров-механиков выпустило семитомное издание, посвященное мехатронике, можно сказать, что мехатроника формально утвердилась как научное направление.

Одним из разновидностей роботов являются промышленные роботы (ПР). Причем под промышленным роботом понимается автоматическая технологическая машина, стационарная или передвижная, имеющая несколько степеней подвижности, и перепрограммируемое устройство программного управления для выполнения в производственном процессе некоторых функций человека. Перепрограммирование в ПР достигается автоматически (в более совершенных роботах) или при помощи человека-оператора. Роботы представляют сложные технические системы, имеющие в своем составе электронные средства. Поэтому роботы относятся к типичным мехатронным устройствам. Робототехника является самостоятельным разделом науки, посвященной конкретно роботам. Так, как робототехника как научное направление сформировалась ранее чем мехатроника, то можно сказать, что мехатроника начинается с робототехники.

Одно из главных преимуществ робототехники состоит в относительно

простой и быстрой переналадке на решение разных технологических задач и в использовании в различных типах пищевого производства – от мелкосерийного до крупносерийного и даже массового. Во многих случаях роботизация является самой доступной формой автоматизации производственных процессов. По сравнению с другими средствами автоматизации использование ПР обеспечивает высокую организационную и техническую гибкость. Наиболее эффективно применение ПР в условиях частой смены объектов пищевого производства. Сокращение затрат человеческого труда, возможность его полной замены машинным способствуют решению сложнейшей проблемы изменения социальных условий труда – переходу от малоквалифицированного, тяжелого, монотонного, порой опасного и вредного для здоровья людей труда к интеллектуальному, к повышению его престижа.

Эффективность роботизации обеспечивается только при комплексном подходе к внедрению роботов, обрабатывающего оборудования, устройств управления и т. д. Часто используемое на предприятиях «точечное» внедрение ПР нерентабельно и дискредитирует идею гибкой автоматизации. Таким образом, применение ПР обеспечивает повышение производительности труда и качества продукции, освобождение работающих от неблагоприятных условий труда, снижение потерь рабочего времени от производственного травматизма и профессионально-технических заболеваний. Проектирование роботизированных комплексов создает предпосылки постепенного перехода к модульному принципу построения более сложных гибких производственных систем: автоматизированных линий, участков и цехов.

«Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» – дисциплина образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Дисциплина «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области технологического оборудования пищевой и рыбной промышленности.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний в области современной мехатронной техники и промышленных роботов, применяемых на пищевых производствах, а также по вопросам компоновки и эксплуатации мехатронных комплексов и роботизированных линий.

Задачами дисциплины являются следующие:

- изучение основ построения робототехнических и мехатронных комплексов в пищевых системах;
- освоение методов разработки конструкций робототехнических и мехатронных производственных установок;
- изучение средств моделирования электромеханических, электропневматических и электрогидравлических систем роботами;
- освоение методов и подходов к исследованию динамики приводов робототехнических и мехатронных комплексов;
- приобретение навыков самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины и решения типовых задач;
- приобретение навыков работы и способности разрабатывать предложе-

ния по совершенствованию пищевых систем путем внедрения робототехнических и мехатронных комплексов;

– усвоение полученных знаний студентами, а также формирование у них мотивации к самообразованию за счет активизации самостоятельной познавательной деятельности;

– изучение перспектив развития и совершенствования технологических процессов пищевой отрасли на основе робототехнических и мехатронных систем.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

При реализации дисциплины «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– основные направления механизации, автоматизации, роботизации и информатизации технологических процессов в пищевой и перерабатывающей промышленности;

– назначения, принципы действия и устройство оборудования, систем безопасности и сигнализации, контрольно-измерительных приборов и автоматики на автоматизированных технологических линиях по производству пищевой продукции;

– технические характеристики и правила эксплуатации средств и систем механизации, автоматизации и роботизации технологических машин и линий по производству пищевой продукции;

уметь:

– производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием;

– формировать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями;

– использовать современные методы и средства механизации, автоматизации и роботизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами при проектировании технологического оборудования и линий пищевых производств;

владеть:

– навыками проверки и отладки систем и средств механизации, автоматизации и роботизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами;

– навыками выполнения работ по освоению и внедрению новых технологий механизации, автоматизации и роботизации технологического оборудования и процессов в пищевой и перерабатывающей промышленности;

– навыками выбора мехатронных модулей и компоновки мехатронных комплексов и линий.

Для успешного освоения дисциплины «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств», 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:

- тестовые задания открытого и закрытого типов.
- задания по контрольным работам (для заочной формы обучения).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации относятся:

- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

Промежуточная аттестация в форме зачета в 7-м семестре проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при непрохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования.

К промежуточной аттестации в форме экзамена в 8-м семестре допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- положительно аттестованные по результатам выполнения практических работ;
- получившие положительную оценку при выполнении контрольной работы (для заочной формы обучения).

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»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерий				
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для си-	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изу-	Обладает полной системой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	стемного взгляда на изучаемый объект	чаемый 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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые 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 «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» 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. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств», 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 робототехнических и мехатронных комплексов, расчета приводов и систем роботов и мехатронных машин, 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 контрольной работы для заочной формы обучения.

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 проектированию технологических линий в рыбной промышленности. 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.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях.

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	Основные понятия, определения, структура и состав робототехнических производственных комплексов
2	Основные виды и характеристики промышленных роботов для производственных комплексов
3	Захватные устройства промышленных роботов
4	Транспортно-накопительные и загрузочные устройства робототехнических производственных комплексов
5	Организация и проведение безопасного монтажа робототехнических и мехатронных комплексов
6	Наладка и настройка робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов
7	Испытания и диагностика робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов
8	Организация эффективной эксплуатации робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов
9	Средства очувствления, системы управления и цифровые приводы робототехнических и мехатронных комплексов

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. Основные понятия, определения, структура и состав робототехнических производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Основные понятия и определения робототехники.
2. Структура роботизированных технологических комплексов.
3. Виды компоновок роботизированных технологических линий.
4. Виды компоновок роботизированных участков.

Ключевые понятия: промышленный робот, исполнительное устройство, рабочий орган, цикловое управление, контурное управление, адаптивное управление, рабочая зона, роботизированная технологическая линия, роботизированный участок, компоновка роботизированной линии.

Литература: [1, с. 10–25].

Методические рекомендации

Первая тема курса направлена на получение у обучающихся представления о базовых понятиях дисциплины, определении места дисциплины в структуре образовательной программы, планируемых результатов освоения дисциплины, возможных рисках освоения дисциплины, знакомит обучающихся с формами текущего и промежуточного контроля.

Манипулятор – управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом. Автооператор – автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и перепрограммируемого устройства управления. Промышленный робот – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Стандартом определено, что перепрограммируемость – свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека. К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций с помощью средства управления.

Таким образом, принципиальное отличие промышленного робота от автооператора состоит в возможности его перенастраиваемости на выполнение самых разнообразных манипуляционных действий, в то время как автооператор изначально спроектирован для выполнения строго определенного («жесткого») алгоритма действий. Этим обстоятельством, главным образом, определяется область рационального применения промышленных роботов и автооператоров

в различных типах пищевого производства. Так, в условия массового пищевого производства коэффициент закрепления операций приближается к единице, т. е. на одном рабочем месте длительное время выполняется одна и та же технологическая операция и надобность в переналадке отсутствует. Следовательно, при этом наиболее целесообразно использовать автооператор. В серийном производстве, напротив, коэффициент закрепления операций нормируется значениями 10...40, что означает частую смену выполняемых на одном рабочем месте в течение месяца технологических операций при наличии переналадок оборудования. В этих условиях более предпочтительно использование промышленных роботов.

Исполнительное устройство – устройство, выполняющее все двигательные функции. Образно можно сказать, что исполнительное устройство – это механическая рука. Рабочий орган – составная часть исполнительного устройства для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов.

Важной характеристикой ПР является тип системы управления. Стандартом определены следующие типы систем управления промышленными роботами.

Цикловое управление – управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором осуществляется программирование последовательности выполнения его движений. Цикловое управление применяется для ПР, выполняющих несложные вспомогательные операции по обслуживанию технологического оборудования при простых повторяющихся циклах движений. Примером может служить операция по загрузке машины заготовками, взятыми в ориентированном положении из определенной позиции устройства поштучной выдачи заготовок (тара, упаковка). Более того, такая схема предполагает строго определенное расположение всех устройств с тем, чтобы обеспечить минимум однообразных перемещений рабочего органа ПР. Для роботов с цикловым управлением характерны простые алгоритмы управления, невысокая стоимость, но малый объем информации управляющих программ и низкие функциональные возможности.

Позиционное управление – управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними. Позиционное программное управление широко применяют в самых различных ПР, так как оно отличается более высокой универсальностью и гибкостью, возможностью автоматической отработки циклов движений с тысячами точек позиционирования. В устройствах позиционного управления реализуются алгоритмы перемещений рабочих органов «от точки к точке» с автоматическим разгоном и торможением. К примеру, с помощью позиционной системы управления можно организовать загрузку станка ориентированными заготовками из кассет. Кроме того, возможно обслуживание нескольких машин без особых требований к траектории перемещения рабочего органа ПР.

Контурное управление – управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданной траектории с установленным распределением во времени значений

скорости. Многие роботизированные производственные операции требуют контурного управления, например, резание, обвалка.

При автоматизации таких технологических процессов ПР обычно представляет собой единицу основного технологического оборудования, выполняющего операции по изменению качественных характеристик изделий. При контурном управлении реализуется непрерывная обработка перемещений рабочего органа ПР по двум и более координатам одновременно.

Адаптивное управление – управление исполнительным устройством промышленного робота с автоматическим изменением управляющей программы в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды. ПР с адаптивным управлением оснащены устройствами очувствления (системами технического зрения, сенсорными и другими устройствами) для получения информации об окружающей среде, предмете пищевого производства и состоянии механизмов робота. Они выполняют сложные операции в условиях с заранее неизвестными изменениями производственной ситуации, к которым должны приспособляться.

Рабочее пространство – пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота). Рабочая зона – пространство, в котором может находиться рабочий орган при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

Зона обслуживания – пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением манипулятора (автооператора, промышленного робота) и установленными значениями их характеристик. Заметим, что при выборе роботов для автоматизации загрузки оборудования в первую очередь следует учитывать форму и размеры именно зоны обслуживания.

Погрешность позиционирования рабочего органа – отклонение положения рабочего органа манипулятора (автооператора, промышленного робота) от заданного управляющей программой.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) представляет автономно действующую совокупность одной или нескольких единиц технологического оборудования, а также одного или нескольких промышленных роботов и средств оснащения, осуществляющую многократные автоматические циклы.

Таким образом, РТК может быть образован на основе одного промышленного робота, обеспечивающего индивидуальное или групповое обслуживание технологического оборудования или выполнение основной технологической операции изготовления изделия (например, сварки, окраски), а также на базе нескольких промышленных роботов, выполняющих взаимосвязанные или взаимно дополняющие операции над объектом пищевого производства. РТК, предназначенные для работы в гибких производственных системах (ГПС), должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему.

К средствам оснащения относятся: устройства накопления, ориентации и поштучной выдачи предметов пищевого производства, средства контроля и измерения, устройства межоперационного транспортирования, система управле-

ния и др.

Разработка структуры РТК включает определение качественного и количественного состава основного технологического и вспомогательного оборудования, дополнительных средств оснащения.

В зависимости от сочетания количества ПР и обслуживаемого технологического оборудования различают три разновидности РТК:

- однопозиционные, в которых один ПР обслуживает единицу технологического оборудования;
- групповые, включающие один ПР, который обслуживает группу однотипного или разнотипного технологического оборудования;
- многопозиционные, включающие группу роботов, выполняющих взаимосвязанные или взаимодополняющие функции по обслуживанию одной или нескольких единиц технологического оборудования.

По организационному признаку роботизированные системы разделяются на роботизированные технологические линии и роботизированные технологические участки.

Роботизированная технологическая линия (РТЛ) – совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

Роботизированный технологический участок (РТУ) – совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

В линейных компоновках используются ПР напольного или подвесного типов. Компоновки с подвесными роботами занимают минимальную производственную площадь, обеспечивают удобное обслуживание трех и более машин, безопасные условия труда. В линейно-параллельных компоновках обычно один ПР (чаще всего напольного типа) обслуживает две единицы технологического оборудования. Отличительной особенностью круговых схем является применение напольного ПР, обслуживающего несколько единиц технологического оборудования. При компактном расположении оснащения одновременно усложняется техническое обслуживание и ремонт.

Конкретный состав и структура роботизированных комплексов определяются содержанием производственного процесса; номенклатурой и конструктивно-технологическими параметрами изделий, программой их выпуска, составом технологического оборудования, организацией подсистем обслуживания, контроля, управления и др.

Вопросы для контроля

1. В чем состоит принципиальное отличие промышленного робота от манипулятора?

2. Приведите примеры рабочих органов ПР.
3. Дать определение цикловой, позиционной, контурной и адаптивной системам управления ПР.
4. Привести примеры применения ПР с различными системами управления при загрузке машин.
5. Что дает использование робота с адаптивной системой управления?
6. Назовите принципиальное отличие рабочей зоны от зоны обслуживания?
7. Дайте определение роботизированного технологического комплекса.
8. Как классифицируются РТК по количеству обслуживаемого оборудования?
9. К какому типу относится РТК, в котором кроме вспомогательных выполняются технологические операции?
10. Чем роботизированная технологическая линия отличается от роботизированного технологического участка?

Тема 2. Основные виды и характеристики промышленных роботов для производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Основное технологическое оборудование производственных комплексов.
2. Декартовы (картезианские) роботы.
3. Роботы SCARA.
4. Параллельные роботы.
5. Шарнирные роботы.

Ключевые понятия: декартов робот, робот SCARA, параллельный робот, дельта-робот, платформа Стюарта, шарнирный робот.

Литература: [2, с. 36–56].

Методические рекомендации

Основным критерием, определяющим возможность включения машин и агрегатов в состав РТК, является степень их автоматизации, позволяющая осуществлять работу в автоматическом режиме в комплексе с ПР. Основное технологическое оборудование в гибком автоматизированном производстве должно удовлетворять ряду требований:

- а) изготовление в автоматическом режиме широкой номенклатуры изделий при максимальной концентрации операций;
- б) возможность быстрой переналадки при смене объектов пищевого производства;
- в) широкие технологические возможности, способствующие реализации принципа комплексности (завершенности) производственного цикла;
- г) максимальная унификация отдельных узлов и комплектующих изделий, крепежной и инструментальной оснастки;
- д) высокий уровень автоматизации основных и вспомогательных функций (контроль и коррекция режимов технологического процесса, контроль геометрических размеров обработанных изделий и соответствующая коррекция,

контроль за состоянием инструмента и замена изношенного инструмента, сбор и удаление отходов и др.);

е) компоновочная и программная стыковка с различными подсистемами, осуществление связи с верхним уровнем управления по передаче управляющих воздействий и учетной информации;

ж) обеспечение необходимой производительности и требований по качеству изделий;

з) высокая экономичность, эксплуатационная и технологическая надежность.

Оборудование, входящее в РТК, по возможности должно быть однотипным, что упрощает комплекс и удешевляет его эксплуатацию. При технологической проработке комплекса необходимо оценить, можно ли использовать действующее оборудование в новых условиях. Для этой цели производится оценка физического состояния оборудования и его технических показателей (производительности, точности, возможности модернизации для обеспечения стыковки с ПР и другими средствами автоматизации).

Компоновки оборудования должны быть удобными для обслуживания как операторами, так и роботами. Во всех случаях оператор должен работать в условиях, когда соблюдены требования безопасности, обеспечен удобный доступ к зоне обработки и органам управления машины.

Эффективность использования оборудования автоматизированного пищевого производства определяется его загрузкой и рациональным использованием заложенных в оборудовании технологических возможностей. В свою очередь, эффективное использование технологических возможностей машин будет получено при наиболее полном соответствии технологических параметров обрабатываемых изделий техническим характеристикам машин. В этом случае наиболее рационально будут использованы мощность главного привода, жесткость, точность и другие показатели оборудования.

Основные преимущества промышленных роботов следующие:

– повышение производительности выполнения операций по сравнению с использованием ручного труда рабочих;

– возможность многократно выполнять повторяющиеся операции с высокой точностью, что обеспечивает высокое качество изделия;

– способность работать в неблагоприятных для человека условиях (например, при выполнении тяжелых и монотонных работ, в запыленных и загрязненных средах), отсутствие ограничений, свойственных человеку: утомляемости, потребности в питании и сне.

Декартовые (картезианские) роботы. Обычно имеют три взаимно перпендикулярные линейные оси перемещения. Рабочее пространство ПР в этом случае имеет форму параллелепипеда. Эта группа роботов отличается простотой конструкции. Благодаря малому количеству шарниров достигается высокая жесткость конструкции и достаточно низкая стоимость.

К недостаткам можно отнести низкое соотношение размеров обслуживаемого и занимаемого роботом пространств, ограниченные возможности ориентирования инструмента и сложность выполнения операций в ограниченном пространстве.

Ввиду малого числа управляемых осей (обычно их три) такие роботы нашли наибольшее применение при выполнении таких операций, как работа с листовым материалом (например, сверление, разрезание, склеивание), разливка жидкостей, укладка и фасовка изделий и т. п. Таким образом, для обслуживания металлообрабатывающих машин такие роботы практически не пригодны.

Роботы SCARA впервые представлены японскими компаниями SankyoSeiki, Pentel и NEC в 1981 г. Роботы получили название «сборочная роботизированная рука с избирательной гибкостью» (Selective Compliance Assembly Robot Arm), или сокращенно SCARA. Достоинство роботов заключается в параллельном расположении осей соединений, обеспечивающем легкую подвижность руки. Другой особенностью роботов SCARA является двухзвенная конструкция соединения элементов манипулятора, позволяющая ему, подобно руке человека, вытягиваться, втягиваться или поворачиваться. Это особенно удобно для загрузки изделий в рабочую зону станка с ограниченными размерами. Роботы SCARA обладают более высокой скоростью выполнения операций, чем декартовые манипуляторы равного класса. Так, монтируемый на потолке или стене робот TH 450 фирмы Toshiba Machine при длине руки 450 мм и допустимой нагрузке 5 кг выполняет единичный операционный цикл за 0,3 с с точностью повторения $\pm 0,01$ мм.

Параллельные роботы основаны на использовании платформы Стюарта, позволяющей с помощью линейных приводов осуществлять перемещение платформы относительно основания по шести независимым координатам. Такие механизмы позволяют параллельно управлять усилием, скоростью и перемещением по одной координате выходного звена. Благодаря особенностям конструкции они получили общее название «дельта-роботы». Роботы этого типа выполняют перемещения со сверхвысокими скоростями. Так, они способны выполнять до 150 захватов изделий в минуту. Примером является робот Adept Quatro фирмы Adept Technology, который смонтирован на вращающейся платформе, рассчитанной на нагрузку до 2 кг и обслуживание зоны диаметром 1,3 м. Adept Quatro способен развивать максимальную скорость 10 м/с.

Шарнирные роботы по возможностям перемещения напоминают действия руки человека. Конструкция робота содержит как минимум три поворотных соединения, образующих полярную систему координат. Три управляемые координаты обеспечивают поворот руки (J1), ее наклон в «плечевом» соединении (J2) и сгибание в «локтевом» звене (J3). Три дополнительные поворотные оси (J4, J5, J6) позволяют манипулятору перемещаться в любом направлении на требуемое расстояние. Подобная конструкция позволяет манипулятору обходить препятствия, занимать любое положение и направление внутри зоны обслуживания. Роботы с шарнирной рукой используются в самых различных целях.

Определенный недостаток шарнирных роботов заключается в повышенной сложности управления, когда для перемещения каждого звена используется принцип минимального значения требуемого угла. Это означает, что траектория перемещения инструмента не является прямой линией.

Приведенная классификация роботов по типу их конструкции достаточно условна. Так, роботы с шарнирной рукой могут устанавливаться на платформе

с декартовой системой перемещения, роботы SCARA часто дополняются шарнирными манипуляторами. Технологические возможности ПР определяются рядом показателей: номинальной грузоподъемностью, типом системы управления, геометрическими, скоростными и точностными характеристиками.

Следует также отметить, что для автоматизированной загрузки технологического оборудования наиболее эффективны шарнирные промышленные роботы, обладающие широкими технологическими возможностями. Промышленные роботы SCARA в основном применимы для паллетирования (складирования, фасовки); для обслуживания загрузки машин используются довольно редко ввиду ограниченных манипуляционных возможностей (уменьшенное число степеней подвижности, малый диапазон перемещений, особенно по вертикальной оси). Дельта-роботы отличаются высоким быстродействием и также наиболее эффективны для выполнения операций расфасовки, перекладки, в меньшей степени пригодны для загрузки машин.

Вопросы для контроля

1. Каким основным требованиям должно удовлетворять основное технологическое оборудование в составе РТК?
2. По каким параметрам производится выбор машин для роботизированного пищевого производства?
3. Какие компоновки промышленных роботов наиболее пригодны для загрузки машин?
4. По каким параметрам производится выбор промышленных роботов?
5. Назвать требования к захватным устройствам ПР.
6. Какие функции выполняют в РТК транспортно-накопительные и загрузочные устройства?
7. Перечислить основные разновидности транспортно-накопительных и загрузочных устройств РТК.
8. Дать характеристику бункерным и магазинным загрузочным устройствам РТК.
9. На чем основан расчет емкости накопительных устройств РТК?
10. Перечислить основные требования к транспортно-накопительным и загрузочным устройствам при проектировании РТК.

Тема 3. Захватные устройства промышленных роботов

Ключевые вопросы темы

1. Требования к захватным устройствам.
2. Структура захватных устройств.
3. Виды приводов захватных устройств.
4. Способы крепления захватных устройств.
5. Последовательность проектирования захватного устройства.

Ключевые понятия: привод, передаточный механизм, захватный элемент, схват, фланец, сменное захватное устройство, быстросменное захватное устройство.

Литература: [4, с. 10–26].

Методические рекомендации

Захватные устройства (ЗУ) промышленных роботов служат для захвата и удержания в определенном положении объектов манипулирования. Промышленные роботы могут комплектоваться набором штатных типовых ЗУ. Расширение возможностей промышленных роботов непосредственно связано с возможностью быстрой переналадки хватных устройств, т. е. гибкость ПР в значительной мере определяется номенклатурой и гибкостью хватных устройств.

К ЗУ предъявляются общие требования:

- соответствие технологическому назначению и техническим показателям робота;
- надежность захвата и удержания объекта манипулирования при заданных скоростных характеристиках робота, особенно во время разгона или торможения;
- точность и стабильность базирования объекта в хватном устройстве, недопустимость его повреждения или разрушения;
- максимальная жесткость и прочность хватного устройства при малых габаритах и массе (поскольку масса ЗУ входит в грузоподъемность робота, то несоблюдение данного требования ведет к снижению полезной нагрузки);
- высокое быстродействие;
- соответствие точности позиционирования точности технологического оборудования;
- простота конструкции, системы управления;
- высокая надежность в эксплуатации, удобство технического обслуживания, замены и ремонта;
- общие требования безопасности, предъявляемые к промышленным роботам и роботизированным технологическим комплексам.

К ЗУ для роботов, работающих в условиях пищевого автоматизированного пищевого производства, дополнительно предъявляются требования по возможности захвата изделий в широком диапазоне формы, размеров и массы, легкости и скорости замены ЗУ (вплоть до автоматической смены рабочего органа).

Захватные устройства состоят из привода, передаточного механизма и хватных элементов (пальцев, губок, планок, зажимов, пневмокамер, кулачков и т. д.). Приводы хватных устройств подразделяются на следующие виды: пневматические, гидравлические, электромеханические, пружинные, электромагнитные, магнитные, вакуумные. Наибольшее распространение в хватных устройствах получил пневматический привод, отличающийся простотой конструкции, удобством подвода энергии, легкостью регулирования, возможностью использования в зоне высоких температур. Его недостаток – большие габариты при сравнительно малых силах из-за низкого давления сжатого воздуха (0,4–0,5 МПа), поэтому пневматические приводы используются для захвата заготовок малых и средних размеров.

Гидравлический привод характеризуется высоким отношением мощности к массе, обеспечивает высокую точность позиционирования при любых нагрузках благодаря высокой жесткости системы.

Электромеханический привод может работать в системах силового и по-

зиционного управления, удобен для применения в антропоморфных и адаптивных ЗУ, однако не применим во взрывоопасных средах.

Передаточные механизмы обычно выполняют функции механизмов-усилителей, способных увеличить силу, развиваемую приводом. Передаточные механизмы подразделяются на клиновые, рычажные, кулачковые, реечные и т. п.

По типу захватов ЗУ подразделяются на механические, магнитные, вакуумные, с эластичными камерами. По числу рабочих позиций различают одно- и многопозиционные ЗУ.

Однопозиционные ЗУ позволяют манипулировать только одним объектом; многопозиционные – двумя и более. По характеру работы многопозиционные ЗУ могут быть последовательного, параллельного и комбинированного действия. К ЗУ последовательного действия относятся двухпозиционные, имеющие загрузочную и разгрузочную позиции. Зажимные элементы на каждой позиции действуют независимо. Многопозиционные ЗУ параллельного действия имеют несколько позиций для одновременного захвата нескольких объектов. Устройства комбинированного действия оснащены группами параллельно и независимо работающих позиций.

По рабочему диапазону ЗУ делятся на узкодиапазонные с ограниченным диапазоном размеров захватываемых поверхностей (обычно выполняются на базе клиновых и рычажных механизмов) и широкодиапазонные, которые основаны на использовании реечных, рычажных и тому подобных механизмов.

Важным признаком, во многом определяющим гибкость роботизированного процесса, является характер крепления ЗУ к руке робота. Несменяемые (постоянные) ЗУ предназначены для взаимодействия с одним определенным объектом, не требуют переналадки и характерны для крупносерийного пищевого производства. В качестве несменяемых ЗУ применяют специализированные широкодиапазонные устройства. В механических сменных ЗУ для расширения их технологических возможностей используют различные технические решения:

1. Сменным является все захватное устройство целиком, вместе с приводом. Так, если ПР используется как технологический, то предусматриваются сменные рабочие органы. При этом появляется возможность вводить в комплект ЗУ с двигателями, имеющими различные энергетические характеристики и значения хода выходного звена, включать в комплекты захватные устройства, имеющие другие принципы действия. Основным недостатком способа замены всего рабочего органа является громоздкость заменяемого блока.

2. Сменными являются механизмы ЗУ, а привод, размещенный в руке ПР, остается постоянным. При этом принцип действия ЗУ остается тем же, но выбором механизма передачи можно задавать различные направления перемещений рабочих элементов, регулировать диапазон раскрытия ЗУ за счет изменения усилия захватывания. При смене ЗУ не возникает трудностей, связанных со стыковкой силовых магистралей; вследствие этого не снижается надежность соединений и уплотнений. Этот способ является наиболее распространенным.

3. Сменными являются звенья механизма ЗУ.

4. Сменными являются захватные элементы (губки) ЗУ. При этом обеспе-

чивается переналаживаемость ЗУ при смене объекта манипулирования, в определенных пределах можно изменять диапазон раскрытия. Сменные элементы крепятся к захватному устройству винтами.

Фланцевый способ крепления является более предпочтительным для легких и средних роботов грузоподъемностью 1...200 кг. Для сверхлегких роботов (грузоподъемностью до 1 кг) используется крепление захватных устройств посредством клеммового соединения, цанговых и тангенциальных зажимов, переходных втулок. Такие способы крепления предполагают наличие у захватных устройств цилиндрических хвостовиков. Однако в обычных конструкциях смена ЗУ с его базированием и закреплением, производимая вручную, является трудоемкой, развинчивание и свинчивание при приложении больших усилий приводят к снижению надежности соединений.

Сменные захватные устройства по способу замены подразделяют на заменяемые вручную и заменяемые автоматически. Быстросменные ЗУ применяют в мелкосерийном производстве при обработке изделий небольшими партиями и рассчитаны на быструю замену устройств.

К быстросменным относятся ЗУ с цилиндрическими хвостовиками. Диаметры цилиндрических хвостовиков захватных устройств следует выбирать из ряда: 6,0; 10,0; 12,5; (14,0); 20,0; 25,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0; 80,0; 100,0; 125,0; 160,0. К настоящему времени разработано немало конструкций быстросменных ЗУ, узлы крепления которых позволяют соединять ЗУ с рукой ПР простейшими движениями и часто без применения специального инструмента.

ПР, предназначенных для работы в гибких производственных системах, замена ЗУ должна осуществляться автоматически. При проектировании ПР с автоматической заменой ЗУ наибольшие сложности вызывает конструирование достаточно простых и надежных узлов стыковки ЗУ с рукой ПР. Автоматизированные ЗУ применяются в многономенклатурном производстве и могут быть автоматически переналаживаемыми и автоматически заменяемыми. Для хранения сменных ЗУ могут быть использованы магазины стационарного, подвижного и комбинированного типов.

Выбор (проектирование) конструкции захватного устройства зависит от следующих основных факторов:

1. Условия эксплуатации (предельно допустимые параметры окружающей среды: температура, влажность, вибрации и т. д.), которые определяют исполнение ЗУ (нормальное, пылезащитное, взрывозащищенное, жаропрочное и т. п.).

2. Характеристики объекта (форма, размеры, масса, жесткость, хрупкость, шероховатость и взаимное положение поверхностей объекта для его ориентации и захвата). Предпочтительно использовать предварительно обработанные поверхности, что уменьшает погрешности базирования и закрепления.

3. Характеристики (размеры, расположение) рабочих зон технологического оборудования, которые определяют требования к траектории движения рабочего органа при вводе объекта в зону установки.

4. Требования к точности позиционирования объекта перед захватыванием, а также к способу и точности установки объекта в рабочей зоне оборудования.

Последовательность проектирования захватного устройства складывается из следующих этапов:

1. Сбор и обработка исходных данных, необходимых для проектирования (построение траектории перемещений, оценка скоростей перемещений и допустимой погрешности позиционирования; оценка допустимой жесткости и податливости манипулятора, выбор способа захватывания и удержания объекта манипулирования).

2. Анализ внешних сил, действующих на ЗУ и элементы его конструкции.

3. Построение кинематической схемы (для клещевых ЗУ).

4. Расчет усилия зажима или удержания объекта.

5. Расчет конструктивных элементов ЗУ на прочность.

6. Расчет усилий привода (для механических ЗУ) и энергетических затрат (для электромагнитных, пневматических и вакуумных ЗУ).

7. Выбор типа привода ЗУ.

8. Определение геометрических параметров ЗУ (в том числе проектирование профиля зажимных губок для клещевых ЗУ).

9. Обоснование технических требований к конструкции ЗУ.

10. Выбор характера (сменное, быстросменное, с автоматической сменой) и конструктивных параметров места крепления ЗУ к руке манипулятора.

Траектория перемещений объекта устанавливается, исходя из принципов наименьшего пути и минимизации числа степеней подвижности робота. Она зависит от формы, размеров и расположения рабочих зон обслуживаемого оборудования, числа роботизированных позиций и планировки комплекса, а также от способа подачи объекта на позицию загрузки и его положения на ней. По принятой траектории уточняют структурно-кинематическую схему робота, выбирают его компоновку и устанавливают величины рабочих ходов. Скорости перемещений рабочего органа при отработке отдельных степеней подвижности устанавливают в соответствии с требуемой производительностью и для обеспечения минимального времени рабочего цикла. Скорости перемещений зависят от траектории перемещений объекта, планировки комплекса, ограничений по времени возможных простоев оборудования, от количества рук и захватных устройств. Для уменьшения динамических нагрузок целесообразно принимать по возможности наименьшие значения скоростей, добиваясь минимального времени рабочего цикла за счет одновременной отработки перемещений звеньев по всем координатам.

Погрешность позиционирования рабочего органа определяет точность манипуляционных действий. Допустимая погрешность позиционирования определяется максимально возможным отклонением изделия при ее базировании в приспособлении. Погрешность позиционирования при обслуживании технологического оборудования можно существенно уменьшить подачей конечного звена манипулятора на жесткий упор (при этом используют различные демпферы: пневматические, гидравлические, пружинные, исключая ударные нагрузки) или за счет применения средств адаптации.

Манипулирование изделиями типа тел вращения обеспечивают роботы, оснащаемые широкодиапазонными центрирующими захватными устройствами. При необходимости роботы обеспечивают набором быстросменных захватных

устройств. Манипулирование изделиями сложных конфигураций с разнообразными формами и расположением базовых поверхностей (вилки, рычаги, корпусные изделия и т. п.) в условиях многономенклатурной обработки требует создания специальных установочных, базирующих и захватных устройств.

Вопросы для контроля

1. Каким основным требованиям должно удовлетворять основное технологическое оборудование в составе РТК?
2. По каким параметрам производится выбор машин и агрегатов для роботизированного пищевого производства?
3. Какие компоновки промышленных роботов наиболее пригодны для загрузки технологических машин?
4. По каким параметрам производится выбор промышленных роботов?
5. Назовите требования к захватным устройствам ПР.
6. Дайте классификацию захватных устройств промышленных роботов.

Тема 4. Транспортно-накопительные и загрузочные устройства робототехнических производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Виды вспомогательного оборудования РТК.
2. Транспортно-накопительные устройства.
3. Требования к загрузочным устройствам РТК.
4. Кассетные накопители.
5. Тактовые столы.
6. Бункерные устройства.
7. Магазинные устройства.

Ключевые понятия: конвейер, магазин, бункер, кассета, питатель, накопитель, тактовый стол, запас заготовок.

Литература: [5, с. 18–27].

Методические рекомендации

Важнейшими видами вспомогательного оборудования РТК, во многом определяющими компоновку и эффективное функционирование, являются транспортно-накопительные и загрузочные устройства. Транспортно-накопительные и загрузочные устройства предназначены для накопления ориентированных изделий, обеспечивающих работу РТК в течение заданного периода времени, для поштучной выдачи изделий в зону действия захватного устройства ПР, транспортирования изделий между станками внутри РТК и передачи их на последующие позиции, переориентации изделий, хранения межоперационных заделов.

Транспортно-накопительные устройства, входящие в состав РТК, не имеют, как правило, между собой информационных связей и получают команды от основного технологического оборудования и ПР. При выборе или разработке транспортно-накопительных устройств следует учитывать способ хранения и выдачи изделий, емкость накопителей, способ ориентации и комплектации заготовок на начальной позиции РТК. Необходимо обеспечивать сопряже-

ние транспортной системы РТК с общезаводским и внутрицеховым транспортом.

Требования к вспомогательному оборудованию, включаемому в состав РТК, определяются компоновкой РТК, типом, формой, материалом и размерами изделий, составом машин, серийностью пищевого производства и штучным временем обработки изделий на станках. Вспомогательное оборудование должно иметь широко унифицированные конструктивные элементы и допускать быструю переналадку.

К устройствам, выполняющим активные функции, относятся конвейеры, автоматические магазины и т. п. Накопительные устройства, выполняющие пассивные функции, как правило, представляют собой простейшую конструкцию с установленными в определенном порядке ложементами, на которых размещаются изделия. В РТК с адаптивными ПР обеспечивается возможность захватывания заготовок, находящихся в накопительных устройствах в неориентированном виде.

В составе роботизированных технологических комплексов могут применяться следующие разновидности загрузочных и транспортно-накопительных устройств:

1. Кассеты, стеллажи, ложементы и тому подобные устройства, выполняющие пассивные функции по хранению ориентированных заготовок. Упорядоченное размещение изделий в специальных кассетах особенно эффективно при партионной обработке. На технологических операциях с поштучной обработкой изделий кассеты можно использовать на входе и выходе оборудования для загрузки и разгрузки изделий. В производстве используется большое число типов кассет, разнообразных по форме и размерам, емкостью 50...2000 изделий. Кассеты очень быстро и легко заменяются, могут использоваться как тара для межоперационного транспортирования без потери ориентации.

Кассетные магазины предназначены для хранения, главным образом, крупных заготовок. Особенностью такого магазина является наличие съемной кассеты, что позволяет (для увеличения общей вместимости магазина) складировать кассеты с изделиями вне магазина и выдавать из этого запаса изделия через магазин. Кассеты и поддоны также могут использоваться отдельно, как самостоятельная накопительная система.

Тактовые столы для хранения и поштучной выдачи заготовок в зону захвата ПР предназначены для хранения заготовок и подачи их в зону захвата промышленного робота. Заготовку можно устанавливать непосредственно на пластину стола, если форма и размеры заготовки позволяют это сделать, либо на специальные приспособления-спутники, которые крепят к пластинам тактового стола. Готовое изделие можно ставить на тактовый стол или в специальную тару.

Отличительной особенностью многих конструкций конвейеров, наряду с выполнением функций по перемещению заготовок, является возможность образования небольших межоперационных заделов, обеспечивающих независимую работу нескольких машин в составе линий. Имеются конструкции конвейеров, которые при транспортировании производят распределение заготовок на несколько потоков.

По способу транспортирования конвейеры делят на конструкции непрерывного и прерывистого (дискретного) действия. Конвейеры непрерывного действия практически невозможно использовать в РТК, включающих технологическое оборудование дискретного действия.

Конвейеры дискретного действия имеют несколько разновидностей:

- а) шаговые конвейеры с убирающимися собачками;
- б) шаговые конвейеры с поворачивающимися захватными устройствами;
- в) переключивающие планочные конвейеры;
- г) пилообразные конвейеры;
- д) гребенчатые конвейеры;
- е) шаговые конвейеры (накопители с управляемыми собачками).

Среди конвейеров прерывистого действия наиболее распространены шаговые.

Бункерные загрузочные устройства (БЗУ) применяют преимущественно для загрузки мелких, сравнительно легко ориентируемых, изделий, допускающих активное ворошение при их хаотичном размещении.

Разновидности бункерных загрузочных устройств:

- а) ковшеобразные бункеры;
- б) цилиндрические с предбункером;
- в) ящичные ковшеобразные для стержневых заготовок;
- г) ящичные бункеры для плоских заготовок;
- д) цилиндрические бункеры для плоских заготовок;
- е) автоматические бункеры с дисковым захватным устройством;
- ж) автоматические бункеры с ножевым захватным устройством.

Бункерные загрузочные устройства при всех их преимуществах (возможность загрузки изделий в неориентированном состоянии, высокая производительность и др.) не применимы для накопления средних и крупных изделий, имеют сравнительно малый диапазон регулирования скорости. Они наиболее рациональны для автоматизации технологических операций с малой длительностью цикла при достаточно большом выпуске изделий (в крупносерийном и массовом производстве), поэтому для загрузки металлообрабатывающего оборудования используются редко.

Магазинные загрузочные устройства используют при производстве средних и мелких изделий, ориентация которых затруднена из-за формы, геометрических размеров и массы. Магазины загружаются изделиями в ориентированном положении вручную. Они отличаются простотой конструкции и высокой универсальностью.

Виды магазинных загрузочных устройств:

- а) магазины со спиральным лотком;
- б) многодисковые магазины для колец, фланцев;
- в) зигзагообразные магазины;
- г) спиральные магазины;
- д) стержневые магазины;
- е) лотковые магазины для колец, фланцев;
- ж) магазины с барабанным захватным устройством для валиков.

Магазины-накопители в роботизированном производстве используются

наиболее часто ввиду более высокой универсальности (гибкости). Их конструкция определяется, прежде всего, конфигурацией заготовок и методом их транспортирования посредством лотков различных видов. Угол наклона лотков для заготовок, перемещающихся скольжением, должен составлять не менее 25...30°, перемещающихся качением – не менее 7...10°.

Как уже отмечалось, для подачи произвольно ориентированных заготовок непосредственно из транспортно-складской тары ограниченное применение находят роботы с адаптивной системой управления. Выбор загрузочных и транспортно-накопительных устройств производится с учетом формы и размеров заготовок, длительности цикла изготовления изделий, сложности и трудоемкости переналадки, универсальности. Важнейшей характеристикой рассматриваемых устройств является вместимость (емкость), которая определяет время автоматического функционирования роботизированного комплекса, конструкцию и размеры устройств.

При определении емкости накопительных устройств приходится решать противоречивую задачу. С одной стороны, для повышения гибкости пищевого производства, времени автономной работы, а также коэффициента использования оборудования требуется большой запас заготовок. С другой стороны, наличие заготовок у машин, ожидающих очереди на обработку, увеличивает объем незавершенного пищевого производства, что экономически нецелесообразно, увеличивает размеры накопителей, требует увеличенной производственной площади. В основу определения емкости накопителей роботизированных технологических комплексов заложен принцип непрерывной автономной работы комплекса в автоматическом режиме не менее половины смены.

При разработке загрузочных и транспортно-накопительных устройств необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- габаритные размеры устройств должны допускать их стыковку с основным оборудованием и роботом;
- устройства должны иметь датчики, позволяющие производить контроль наличия заготовок, их положения и других параметров, а также их привязку к общей электрической схеме РТК;
- устройства должны обеспечивать надежную фиксацию заготовок, их рациональное перемещение, ориентацию, поштучную выдачу;
- должна быть учтена возможность сопряжения устройств с цеховым транспортом.

Вопросы для контроля

1. Какие функции выполняют в РТК транспортно-накопительные и загрузочные устройства?
2. Перечислить основные разновидности транспортно-накопительных и загрузочных устройств РТК.
3. Дайте характеристику бункерным и магазинным загрузочным устройствам РТК.
4. На чем основан расчет емкости накопительных устройств РТК?
5. Перечислите основные требования к транспортно-накопительным и загрузочным устройствам при проектировании РТК.

Тема 5. Организация и проведение безопасного монтажа робототехнических и мехатронных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Планирование и подготовка проведения монтажных работ производственных комплексов.
2. Безопасный монтаж механических систем промышленных роботов и мехатронных модулей.
3. Безопасный монтаж средств пневмо- и гидроавтоматики производственных комплексов.
4. Безопасный монтаж устройств управления и электрооборудования.

Ключевые понятия: монтаж; ревизия; фундамент; расконсервация; выверка; безопасность; ограждение; блокировка; кабельные линии; автоматика; пневматика; гидравлика.

Литература: [2, с. 38–60].

Методические рекомендации

Основное технологическое оборудование выбирают по параметру, в наибольшей степени выявляющему функциональное назначение и технические возможности данного типа оборудования. При разработке усовершенствованного технологического процесса выбор нового или сохранение действующего оборудования обусловлены увеличением объема выпуска продукции, повышением качества изделий, снижением уровня издержек, обеспечением гибкости производственного процесса, улучшением условий труда, техники безопасности и производственной санитарии.

Оборудование, входящее в состав РТК, по возможности, должно быть однотипным, так как содержание такого оборудования обходится дешевле. При проектировании новых моделей следует придерживаться принципов агрегатного построения и широкой унификации с оборудованием, действующим на предприятии. Прежде чем приступить к выбору моделей оборудования для проектируемого технологического процесса, необходимо оценить, можно ли использовать действующее оборудование в новых условиях. Должна быть проведена оценка физического состояния оборудования и его технических показателей.

Выбор моделей ПР должен сопровождаться расчетом экономической эффективности его применения в конкретных условиях работы РТК. В зависимости от условий пищевого производства РТК могут комплектоваться ПР различных типов, выбранными из числа существующих моделей, или конструкциями, специально разработанными для конкретных целей. При отсутствии ПР с необходимой технической характеристикой, одновременно с заданием на РТК необходимо разработать техническое задание на проектирование и создание новой конструкции ПР. Выбор или разработка захватных устройств и инструмента, комплектующих ПР, осуществляется после разработки технологического процесса.

Конструкции оснастки и вспомогательных устройств, входящих в состав РТК, разрабатывают с учетом материала, массы, формы и типоразмеров изде-

лий; параметров и конструктивных особенностей поверхностей изделия, влияющих на конструкцию оснастки, в том числе базовых поверхностей для установки в рабочей зоне оборудования и поверхностей для захвата рукой робота; технологических схем оборудования и фиксации изделий; характеристик основного технологического оборудования; характеристик ПР или другого грузозахватного устройства; характера ориентации изделия перед установкой ее в рабочую зону оборудования, т. е. перед захватом ее рукой ПР (желательно, чтобы на позицию загрузки заготовка приходила ориентированной соответственно ее положению в рабочей зоне оборудования); серийности пищевого производства.

До анализа должна быть установлена характеристика данного пищевого производства, а именно:

- тип пищевого производства (массовое, крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное);
- организационные методы пищевого производства (поточные однопредметные и многопредметные, непоточные);
- характер перемещения изделий по технологическому процессу (непрерывный, прерывистый);
- специфические особенности данного пищевого производства (вредные условия труда, обработка специальных материалов, холодильная технология, копчение, сушка и др.).

В результате анализа действующего пищевого производства должны быть определены:

- номенклатура изделий и продуктов, обработка которых может быть осуществлена с применением ПР;
- характеристики изделий и вид пищевого сырья;
- неиспользованные резервы и узкие места производственного процесса; выявлены потери, возникающие вследствие технических и организационных недостатков;
- состав основного технологического оборудования и технические требования по его модернизации либо замена новыми моделями оборудования;
- специфические особенности действующего производственного процесса, от которых зависит повышение его эффективности;
- пути изменения организационной структуры пищевого производства;
- пути усовершенствования технологического процесса обработки, механизации или автоматизации отдельных операций;
- средства механизации и автоматизации труда, повышающие производительность, в том числе путем применения ПР;
- число основных и вспомогательных рабочих, участвующих в производственном процессе обработки отобранной номенклатуры изделий до и после автоматизации;
- планировка и размеры производственных площадей, занимаемых оборудованием до и после автоматизации;
- методы организации и средства межоперационного транспортирования и складирования пищевого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий до и после автоматизации;

- методы контроля размеров и точности отобранной номенклатуры изделий до и после автоматизации;
- характеристика отходов обработки и методы их удаления до и после автоматизации.

Предложения по применению ПР должны быть обоснованы результатами анализа существующего производственного процесса и предварительной оценкой ожидаемого экономического эффекта. При подготовке заявки и разработки технического задания на создание РТК следует сформулировать конкретные цели проведения работы, указать состав роботизированной технологической системы (комплекс, участок, поточная линия, цех и т. п.), ее назначение, характер связи с основным производством (в том числе с организацией его управления и транспортными потоками) и определить источники ожидаемого экономического и социального эффекта.

Анализ производственного процесса, разработка предложений по его рационализации и автоматизации операций (в том числе с помощью ПР) должны предшествовать работам по составлению заявки и технического задания на создание РТК. Анализ можно подвергнуть как весь производственный процесс в целом (от получения пищевого сырья и способа подачи на обработку до выпуска готового изделия), так и его составные части и даже отдельные операции. Анализ выполняют с целью выявления особенностей пищевого производства данного изделия на конкретном предприятии, выявления неиспользованных резервов и узких мест, разработки рекомендаций по повышению рентабельности пищевого производства и сокращению трудовых затрат путем рационализации, механизации и автоматизации труда (в том числе и с помощью ПР). Для этого необходимо весь процесс расчленить на простейшие составляющие элементы и подвергнуть их всестороннему критическому анализу, в результате которого должны быть разработаны экономически обоснованные предложения по совершенствованию процесса.

Анализ технологических процессов производят применительно к изготовлению изделий-представителей на основе обследования процесса на предприятии заказчика. Для облегчения техники работы и обеспечения единообразия сбора и обработки информации можно рекомендовать применение графических схем, отображающих технологические процессы обработки изделий. Каждая операция может производиться с участием или без участия рабочего (автоматически). С помощью условных обозначений, приведенных в таблице, строят графическую схему любого производственного процесса.

Монтажу систем автоматизации и роботизации должна предшествовать подготовка в соответствии со СНиП. Подготовкой монтажа называется разработка и осуществление взаимоувязанных организационных, технических и технологических, планово-экономических и финансовых документов и мероприятий, обеспечивающих эффективное выполнение работ в установленные сроки при заданных технико-экономических показателях. На стадии подготовки пищевого производства монтажа должны быть выполнены следующие мероприятия: рассмотрена и укомплектована документация для монтажных работ; составлены накопительные ведомости на трубопроводы и металлоконструкции, материалы; оформлены заказы на изготовление конструкций и пищевого сырья,

а также задания на разработку ППР и чертежей металлоконструкций; проверена правильность сметной документации и уточнены объемы работ; разработаны, согласованы, утверждены и выданы исполнителям проекты и схемы пищевого производства работ, технологические карты и другая документация по производству, механизации и сдаче монтажных работ; составлены графики пищевого производства работ и обеспечения их материально-техническими ресурсами; обеспечение монтажных зон, участков монтажными кранами и механизмами, инструментом и приспособлениями, такелажным оборудованием и оснасткой; определен порядок поставки оборудования и его подачи в монтажную зону, установки и закрепления его на фундаментах; проведен анализ монтажной технологичности оборудования; подготовлена монтажная площадка и др.

К подготовительным монтажным работам относят: приемку и подготовку оборудования к монтажу; приемку строительной готовности монтажной зоны; предмонтажное укрупнение оборудования; установку фундаментных болтов. При приемке оборудования в монтаж проверяют: комплектность его по упаковочным листам и комплектночно-отгрузочным ведомостям; его соответствие заводским чертежам и техническим условиям, исправность; наличие пломб. Результаты приемки оборудования в монтаж закрепляются приемосдаточным актом. Акты подписывают представители заказчика, монтажной организации и генерального подрядчика на строительство объекта, а при необходимости и завода-изготовителя.

В подготовку оборудования к монтажу входят: расконсервация и очистка оборудования; ревизия его; подготовка материалов и комплектующих изделий (прокладок, сальниковых набивок, уплотняющих манжет, колец, герметизирующих составов и др.). Расконсервация – это удаление консервационных смазок, лакокрасочных и других защитных покрытий с поверхностей оборудования. При расконсервации, в зависимости от примененного метода консервации, используют соответствующие способы и материалы

Предмонтажная ревизия – это комплексная проверка состояния оборудования и устранение повреждений, вызванных хранением машин и агрегатов на складах сверх нормативных гарантийных сроков, предусмотренных техническими условиями на их изготовление и поставку. При отсутствии гарантийного срока ревизия производится через год. Предмонтажная ревизия предусматривает расконсервацию оборудования; разборку его для расконсервации и осмотр вращающихся и движущихся изделий; удаление коррозии; посторонних частиц с последующей промывкой, протиркой и консервацией обработанных поверхностей; проверку состояния (сохранности) изделий; замену антикоррозионных смазок рабочими, прокладок, сальниковых набивок и мелких изделий (подшипников, питательных трубок, масленок, пробок и т. п.); исправление мелких (неконструктивных) дефектов, шабрение посадочных мест подшипников, трущихся поверхностей, шлифование шеек и цапф валов; перемещение и кантовку оборудования, связанных с ревизией; последующую сборку оборудования.

Промышленные роботы поставляются заводу-потребителю в виде отдельных сборочных единиц, упакованных в тару. При транспортировании этих сборочных единиц необходимо учитывать руководство по эксплуатации ПР, в котором приводятся схемы разделения на сборочные единицы, методы их

транспортирования и места зачаливания грузов. При распаковке ящиков, в которых размещаются отдельные части ПР, сначала снимают верхний, а затем боковые щиты. При этом следует соблюдать необходимые меры предосторожности, чтобы не повредить изделие. До распаковки узлов необходимо проверить наличие сопроводительной документации и ознакомиться с ее содержанием.

Монтаж механических систем ПР является одним из первых этапов проведения монтажных работ, который обеспечивает установку ПР в проектное положение и закрепление его на месте эксплуатации. Поскольку ПР работает в комплексе с другим оборудованием, особое внимание следует уделять точности установки ПР и сохранения его пространственного положения в процессе работы.

В зависимости от способа установки ПР подразделяются на: настольные или встраиваемые в оборудование; напольные; подвесные с расположением на портале или консольном монорельсе; с подвижным основанием; мостовые.

Наиболее просто осуществляется монтаж механических систем (манипуляторов) настольных или встраиваемых в технологическое оборудование ПР. Масса их манипуляторов не превышает 40 кг. Манипуляторы устанавливаются на кронштейне, конструкция которого определяется видом технологического оборудования и посадочными размерами манипулятора. Монтаж напольных и подвесных манипуляторов осуществляется на фундаменте. Фундаменты относятся к строительным конструкциям, поэтому допуски на их размеры значительно выше требуемой точности установки ПР. В связи с этим монтаж ПР непосредственно на фундаментах почти не производится и для достижения требуемой точности установки используются промежуточные элементы (клинья, регулировочные башмаки), устанавливаемые между фундаментом и опорной поверхностью ПР. На конструкцию фундамента влияют масса и габариты ПР, режим их работы, характер воздействия нагрузок на фундамент (вибрация, ударные нагрузки т. п.), характер связи ПР с другим оборудованием комплекса. Фундаменты чаще всего выполняются в виде бетонных, железобетонных или кирпичных блоков.

В зависимости от типа и грузоподъемности ПР поступают в монтажную зону в собранном и разобранным видах в заводской упаковке. При распаковке первоначально снимается верхний щит упаковочных ящиков, а затем боковые. Необходимо следить за тем, чтобы не повредить ПР распаковочным инструментом. Перед установкой ПР открытые, а также закрытые кожухами и щитками обработанные неокрашенные поверхности необходимо очистить от антикоррозионных покрытий. Для этого используются деревянные лопаточки, которыми первоначально снимается толстый слой покрытий или смазки. Оставшаяся смазка удаляется с поверхностей чистыми салфетками, смоченными в бензине или уайт-спирите. Во избежание коррозии очищенные поверхности рекомендуется покрыть тонким слоем индустриального масла.

Порядок установки ПР в проектное положение указывается в техническом описании и инструкции по эксплуатации, входящих в комплект поставки. Перед строповкой ПР и установкой его непосредственно на фундамент необходимо заблокировать звенья подвижности, исключив тем самым возможность их самопроизвольного перемещения при транспортировке ПР мостовым краном

или другим грузоподъемным механизмом. Схемы строповки указаны в руководствах по монтажу. Под стропы необходимо подкладывать деревянные прокладки, не допуская касания строп чисто обработанных, шлифованных и пришабренных поверхностей, а также тонких и хрупких изделий. Перед установкой на фундамент нижнюю поверхность основания необходимо тщательно очистить от грязи, предохранительной краски или смазки. На фундамент устанавливаются временные или постоянные опорные элементы, служащие для выверки и закрепления основания ПР. Плавным опусканием ПР отверстия основания фундаментные болты и проверяют их взаимное расположение. При дальнейшем опускании необходимо следить за прохождением через отверстия резьбовой части болтов, не допуская смятия витков резьбы. При соприкосновении опорной поверхности основания ПР с опорными элементами следует обратить внимание на ее равномерное прилегание во всех опорных точках. После выверки ПР на месте установки производится предварительная затяжка фундаментных болтов, подливка и окончательная (через 2–3 суток) затяжка.

Порядок монтажа пневмогидрооборудования ПР регламентируется технической документацией заводов-изготовителей. Широкая номенклатура ПР с пневматическим и гидравлическим приводами определяет конкретные виды и объем выполняемых монтажных работ. Несмотря на различие объемов монтажных работ ПР конкретных типов существует ряд общих правил и требований, которые заключаются в предварительной подготовке пневмогидроаппаратуры к монтажу, проведении непосредственно монтажных работ, наладке и сдаче в эксплуатацию. Элементы пневмогидрооборудования поступают к потребителю в законсервированном и упакованном виде. В качестве консервирующих веществ применяют гидравлические масла, минеральные масла с антикоррозионными присадками. Упаковку производят в парафинированную или водонепроницаемую бумагу, полиэтиленовую или полихлорвиниловую пленку. При расконсервации изделий необходимо снять внутреннюю упаковку (чехол, бумагу и т. д.). Мелкие изделия следует промыть в уайт-спирите или моечном растворе с добавкой соды кальцинированной или каустической, эмульгатора ОП-7, жидкого стекла. Наружные законсервированные поверхности крупногабаритных изделий протирают чистыми салфетками, смоченными в Уайт спирите или бензине. Из внутренних полостей изделий необходимо полностью удалить консервационную жидкость. Не разрешается пользоваться хлопчатобумажными концами, ворс которых может попасть в капиллярные отверстия устройств. После проведения работ по расконсервации элементы пневмогидрооборудования необходимо подвергнуть проверке на работоспособность. Проверку производят на испытательных стендах при рабочем давлении сжатого воздуха или масла. Все обнаруженные неисправности устраняют до монтажа. Трубные проводки, используемые при монтаже, также требуется подвергнуть предварительной обработке. При наружном осмотре отбраковывают трубы, имеющие свищи, рванины, вмятины глубиной более 0,5 мм и овальность свыше 10 % диаметра. Пригодные для монтажа трубы очищают снаружи и внутри и продувают сжатым воздухом.

На металлические трубы должно быть нанесено покрытие, предохраняющее от коррозии. Перед покрытием наружные и внутренние поверхности труб очищают от ржавчины, краски, жира и пыли. Жировые загрязнения удаляют ве-

тошью или кистью, смоченными органическими растворителями. Можно применять и химический способ, который заключается в обработке поверхности труб водными растворами минеральных кислот: серной, соляной, фосфорной и в отдельных случаях азотной. После обработки растворами кислот трубы необходимо промыть водой, обработать 5%-ным раствором кальцинированной соды, а затем вновь 2–3 раза промыть водой. После сушки поверхности труб грунтуют, а затем покрывают 3–5 слоями эмали и 2–3 слоями покровного лака. Допускается обработка внутренних поверхностей труб минеральным маслом, используемым в гидросистеме ПР. Трубы из красной меди, используемые при монтаже, необходимо отжечь путем нагревания до вишневого цвета с последующим резким охлаждением в воде. После отжига трубы необходимо выпрямить, для чего рекомендуется использовать лебедку и выпрямление производить натягиванием трубы.

Правильный монтаж пневмоцилиндров и гидроцилиндров в значительной степени определяет срок их службы. Цилиндры могут устанавливаться на лапах, фланце (на передней или задней крышке), проушине, цапфе и удлиненных стяжках. Способ монтажа определяется условиями использования цилиндра. Необходимо отметить, что цилиндры, установочная плоскость которых расположена у основания параллельно оси штока, под действием рабочих усилий могут деформироваться. Это приводит к увеличению трения и повышенному износу изделий. Цилиндры должны быть доступны для обслуживания и демонтажа, за исключением тех случаев, когда они выполнены вместе с опорной конструкцией ПР или оборудования. Крепление цилиндров должно быть достаточно прочным и жестким. Соединение штока с приводом желательно осуществлять через шарнир. Затяжка регулируемых уплотнений штока должна обеспечивать герметизацию при допустимых потерях на трение. При монтаже цилиндров на цапфах должно обеспечиваться беспрепятственное качение в пределах заданного угла поворота. Во избежание появления значительных изгибающих нагрузок на штоке и резкого ухудшения условий работы цилиндра необходимо обеспечить соосность или параллельность штока цилиндра и соединяющегося с ним вала или направляющих ведомого механизма. Погрешность установки в этих случаях не должна превышать 0,05 мм на длине 1 м.

При монтаже пневмоцилиндров их рекомендуется располагать вниз отверстиями для подвода воздуха, чтобы исключить возможность сбора конденсата в полостях цилиндра. Гидроцилиндры можно монтировать в любом положении, необходимо лишь обеспечить удобство доступа к устройствам стравливания воздуха. Гидромоторы также могут быть установлены в любом положении: вертикально, горизонтально, наклонно. Вал гидромотора должен соединяться с ведомым механизмом с помощью эластичной муфты, компенсирующей смещение осей. Допустимое радиальное смещение соединяемых осей валов не должно превышать 0,1 мм и максимальный угол перекоса осей 1° .

Дренажный трубопровод должен быть выведен выше вертикального габарита мотора и обеспечивать свободный, без давления, слив масла в бак. Гидромоторы крепят, как правило, к фланцам с помощью винтов. Монтаж направляющей и регулирующей пневмогидроаппаратуры. К этой аппаратуре от-

носятся пневмо- и гидрораспределители, клапаны, дроссели и регуляторы потока.

Для управления всеми звеньями ПР, а также перемещения узлов околороботного и технологического оборудования, входящих в состав РТК, используется от одного до нескольких десятков распределителей и дросселей. В последнем случае распределители целесообразно монтировать на панелях. Монтаж должен обеспечивать легкий доступ к пневмогидроаппаратуре для регулирования и технического обслуживания в процессе эксплуатации. Аппаратура, как правило, может монтироваться в любом пространственном положении. Специальные требования на установку оговариваются в руководствах по монтажу и эксплуатации. При монтаже двухпозиционных распределителей с двусторонним электрическим управлением без пружинного возврата необходимо обеспечить горизонтальное положение их продольной оси. Это предотвращает самопроизвольное перемещение золотников при обесточенных катушках электромагнитов и нарушение последовательности цикла работы ПР и РТК в момент пуска. Крановые распределители на вертикальной или наклонной плоскости необходимо монтировать в таком положении, при котором исключается самопроизвольное их переключение под действием веса рукоятки.

Высокую производительность и качество проведения монтажных работ можно обеспечить при использовании пускорегулирующей аппаратуры модульного исполнения. В отличие от аппаратуры стыкового монтажа с одной стыковой плоскостью, эта аппаратура имеет две стыковые плоскости с одинаковыми координатами присоединительных отверстий, расположенных на корпусе сверху и снизу. Это позволяет устанавливать различные аппараты один на другой в вертикальный столбик (пакет), замыкаемый сверху распределителем, плитой связи или плитой-заглушкой. Пакеты могут наращиваться как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Уплотнение соединений плит и аппаратуры обеспечивается резиновыми кольцами, а крепление пакетов к монтажной плите и плит между собой осуществляется с помощью сквозных стяжек или винтов. Монтаж устройств подготовки рабочего тела. В ПР с пневматическим приводом обязательным блоком является блок подготовки воздуха. В одних конструкциях такой блок предусматривается для каждого ПР, в других – для группы ПР. Блок подготовки воздуха монтируется, как правило, на элементах конструкций (корпусе, станине) ПР. При монтаже необходимо убедиться в правильности установки влагоотделителя, редуционного клапана и маслораспылителя (указательные стрелки по направлению движения сжатого воздуха).

Устройства (системы) управления ПР и мехатронных модулей в зависимости от конструкции могут быть встраиваемые и выносные. Наибольшее распространение получили выносные устройства управления, выполненные в виде отдельного приборного шкафа, внутри которого расположены элементы и аппаратура силового питания приводов ПР, блоки управления, памяти, преобразования информации. В верхней части шкафа располагается пульт оператора с выведенными на него органами включения-выключения питания, выбора режима работы, набора отрыто проложенные заземляющие проводники в местах, где возможно их механическое повреждение, должны быть защищены. Защита

может быть осуществлена стальной трубой, плетеным чехлом и др. Присоединение заземляющих проводников к заземляемым элементам должно быть выполнено надежным болтовым или винтовым соединением с принятием мер против ослабления контакта (установка контргаяк, пружинных шайб и т. д.). Заземление оборудования, подвергающегося частому демонтажу, следует выполнять при помощи гибких медных заземляющих проводников сечением не менее 4 мм^2 (для малогабаритного оборудования допускается $1,5 \text{ мм}^2$). Оконцевание медных заземляющих проводников должно выполнено с помощью привариваемых к ним кабельных наконечников. Ответвления к однофазным электроприемникам для их заземления должно осуществляться отдельным (третьим) проводником. Использование для этой цели нулевого (рабочего) провода ответвления запрещается. В целом система заземления ПР должна быть выполнена таким образом, чтобы при снятии любого из заземляемых элементов не нарушалась целостность всего заземления.

Информационные системы по назначению делятся на три группы: внутренней информации ПР, восприятия внешней среды и обеспечения техники безопасности. Система внутренней информации ПР содержит датчики оценки положения и скорости перемещения звеньев ПР, а также датчики, обеспечивающие блокировку движения ПР при появлении случайных сбоев. Для цикловых ПР наибольшее распространение получили путевые конечные выключатели типов ВК- 200, ВК-300, ВКП-1000, ВКП-2000, ВКП-4000, а также бесконтактные конечные выключатели типов БВК, У143 и У511. Для определения величины линейных или угловых перемещений звеньев манипулятора используются потенциометры, вращающиеся трансформаторы, индуктосины, цифровые датчики типа перемещение – фаза – код.

Контактные выключатели срабатывают в результате непосредственного механического воздействия упора управления на приводной элемент выключателя (рычаг с роликом, толкатель и др.), поэтому необходимо, чтобы ход упора был несколько больше рабочего хода выключателя, но вместе с тем не превышал бы величины полного хода, допустимого для данного выключателя.

Контактные или путевые выключатели обычно монтируют вблизи рабочих зон перемещаемых механизмов и крепят винтами через крепежные отверстия к неподвижной части узлов ПР. Если контактный выключатель используется для фиксации определенной точки при движении звеньев ПР, например, точки синхронизации, то в этом случае взаимодействующий с выключателем упор имеет конструкцию, обеспечивающую прохождение его по обе стороны от выключателя. Для обеспечения возможности подстройки положения упора он должен иметь продольные пазы длиной 15–20 мм.

Бесконтактные конечные выключатели типа БВК также монтируют на неподвижных узлах ПР и оборудования с помощью винтов. Они имеют целевидную рабочую зону, поэтому на подвижном элементе или звене ПР с помощью винтов закрепляют алюминиевую пластину толщиной 3 мм и шириной 30 мм. Срабатывание датчика происходит при переходе кромки пластины за центр рабочей зоны на величину от 0 до 4 мм (в зависимости от характеристики выключателя).

При монтаже роботизированного технологического комплекса особое

внимание нужно уделять системе обеспечения техники безопасности. Системы обеспечения техники безопасности осуществляют аварийную блокировку работы ПР при воздействии на отдельные его части и узлы предельных усилий, а также при попадании в рабочую зону ПР людей. Ограждение рабочей зоны ПР может выполнено на базе устройств с контактными, силовыми, ультразвуковыми, индукционными, светолокационными и другими датчиками. К числу таких устройств относятся трапики, переходные мостики, буфера, чувствительные матрицы.

Система светозащиты рабочей зоны ПР, выполненная по модульному принципу и обеспечивающая эффективную защиту человека при любых конфигурациях РТК. В состав системы входят стойки светоизлучателей и фотоприемников, применяемых попарно, а также блок логических преобразователей. В состав стойки светоизлучателя входят излучатель, сигнальный светофор и кнопка сброса, а в состав стойки фотоприемника – приемник, сигнальный светофор, кнопка сброса и плата усиления выходного сигнала фотоприемника. Стойки излучателей и фотоприемников предназначены для регистрации момента появления человека в соответствующей зоне рабочего пространства ПР. Светоизлучатели и фотоприемники рекомендуется крепить на стойках на высоте 0,8–1 м от уровня пола. Луч света должен быть сфокусирован и освещать поверхность фотоприемника, работающего в паре со светоизлучателем. На этих же стойках размещаются кнопки сброса аварийной блокировки.

Если РТК имеет круговое ограждение с одной или несколькими калитками, то в поверхность пола на входе калиток можно вмонтировать гравитационные трапы, верхняя горизонтальная поверхность которых должна быть на уровне пола. Длина трапа не должна быть меньше 1 м, с тем чтобы человек при нормальном шаге хотя бы одной ногой обязательно наступил на трап. Это вызывает блокировку движений ПР и элементов РТК. После монтажа датчиков информационных систем всех видов осуществляется подключение их к информационным магистралям в соответствии с проектом, и передача в комплексе с другим оборудованием в наладку.

Планировка участков и линий ПР, РТК должна обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к ПР, основному и вспомогательному технологическому оборудованию, к органам управления и аварийного отключения всех видов оборудования и механизмов, входящих в их состав. Например, требованиям обеспечения свободного доступа к оборудованию и его осмотра в большей степени соответствуют подвесные передвижные ПР, рабочие зоны которых не совмещены с рабочими зонами операторов. Планировка зоны РТК должна проводиться в зависимости от типа используемого технологического оборудования, его компоновки, формы, размеров и расположения рабочих зон, уровня автоматизации оборудования, надежности его работы и степени информационного обеспечения, а также от компоновки и структурно-кинематической схемы ПР с учетом действующих норм технологического проектирования соответствующего пищевого производства. При манипулировании и перемещении заготовок, готовых изделий и т. п. над проходами, проездами и рабочими местами под зоной движения исполнительных устройств ПР устанавливают защитные сетки и другие устройства, исключая травмиро-

вание персонала при случайном падении предметов манипулирования.

В общем случае монтаж РТК производят в следующей последовательности:

1. В соответствии со строительным заданием изготавливают фундаменты под ПР, технологическое и околороботное оборудование, каналы для кабельных и трубопроводных магистралей.

2. Производят установку ПР на фундаменте, методы его выверки и крепления описаны выше. Затем устанавливают шкаф управления ПР, соединяют ПР со шкафом информационными и силовыми кабелями, прокладываемыми без крепления в каналах, и подают на шкаф управления временное питание.

3. При включенном питании проверяют отработку движений ПР по степеням подвижности при управлении с выносного пульта управления, а также уточняют направление оси синхронизации ПР и границы его рабочей зоны, особенно по углу поворота основания.

4. Производят установку технологического оборудования.

5. Далее устанавливают магазины и накопители выдачи заготовок.

6. Устанавливают шкаф пневмооборудования, производят прокладку трубных проводок к прессам, магазинам и соединение трубных проводок с элементами пневмооборудования согласно проекту.

7. Монтируют шкаф электрооборудования, датчики положений механизмов, осуществляют прокладку силовых и информационных кабелей и подключение их к элементам электрооборудования.

8. Монтируют элементы информационной системы обеспечения техники безопасности (выключатель открывания входа в ограждение, световой барьер) и вводят блокировки в системы управления ПР и околороботного оборудования.

9. Производят закрепление трубных проводок, силовых и информационных кабелей в каналах и закрывание их крышками.

10. РТК по акту сдают в наладку.

Вопросы для контроля

1. Каким образом производится закрепление на площадке монтажных осей и отметок?

2. Порядок монтажа ПР, поставляемых в разобранном виде.

3. Как производится выверка ПР и оборудования?

4. Назовите способы установки пневмо- и гидроцилиндров.

5. Из каких соображений определяются внутренний диаметр пневмо- и гидропроводок и допустимый радиус внутренней кривой изгиба труб?

6. Назовите основные способы монтажа шкафов устройств управления ПР?

7. Основные способы монтажа соединительных проводов на панелях.

8. Как выполняется электропроводка при монтаже электрооборудования непосредственно на исполнительном устройстве ПР?

9. Назовите основные варианты конструктивных схем связи датчиков информационных систем с звеном манипулятора.

10. На базе каких датчиков и устройств может быть выполнено ограждение рабочей зоны ПР?

Тема 6. Наладка и настройка робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Наладка механических устройств и приспособлений промышленных роботов и мехатронных модулей.
2. Наладка и настройка пневмо- и гидроавтоматических устройств.
3. Наладка и настройка устройств управления.
4. Наладка электрооборудования.

Ключевые понятия: наладка; настройка; регулировка; технические условия.

Литература: [3, с. 10–34].

Методические рекомендации:

Различают три вида наладки технологического оборудования: первичную – перед проведением приемочных испытаний и сдачей на заводе-изготовителе; контрольную – перед сдачей в эксплуатацию после монтажа на предприятии-потребителе; вторичную – после планового ремонта или восстановления работоспособности при поломках и отказах. Наладка производственных систем на заводах-изготовителях проводится в соответствии с технической документацией и техническими условиями.

Контрольная наладка, которая выполняется, как правило, силами специалистов завода-изготовителя либо специализированной пусконаладочной организации, предназначена для проверки и обеспечения (при необходимости) характеристик оборудования, указанных в документации изготовителем. Контрольная наладка предусматривает проверку и обеспечение характеристик оборудования, и организацию взаимодействия всех составных частей РТК в соответствии с требованиями технологического процесса. При этом каждая единица оборудования должны быть проверены при максимальных нагрузке и скоростных режимах. При вторичной наладке производят настройку всех систем с целью восстановления их первоначальных (паспортных) характеристик. Она производится силами предприятия-потребителя.

Наладка механических устройств проводится с целью достижения основных механических и кинематических характеристик ПР и мехатронных систем. К таким характеристикам относятся: максимальные или требуемое перемещения звеньев, их скорости, время перемещения захватного устройства из одной точки в другую, точность позиционирования рабочего инструмента при максимальной скорости.

Наладку механических устройств ПР и мехатронных систем следует начинать с изучения кинематической схемы. Это дает возможность разбить всю систему на узлы и механизмы и определить порядок их взаимодействия.

ПР состоят из соединенных в той или иной последовательности опорных систем, оснований, механизмов поворота, подъема, выдвижения руки, захватного устройства и т. п. В зависимости от грузоподъемности ПР, типа привода и системы координат, в которых они работают, механизмы ПР имеют различную

конструкцию. Однако это не мешает выработке ряда общих правил и приемов, используемых при наладке.

Для проведения наладочных работ необходимо пользоваться общими видами ПР и его узлов, схемами размещения узлов и оборудования, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, картой смазки. Вся документация перед наладкой должна быть тщательно изучена.

Внешним осмотром должны быть проверены правильность выполнения монтажных работ, качество сборки узлов и элементов робота. Все крепежные болты должны быть затянуты, соединения должны быть надежными. Учитывая, что механическая система ПР представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, наладку целесообразно выполнять последовательно каждого отдельного механизма (например, основания, механизма поворота, механизма подъема и т. д.), используя уже налаженные механизмы для наладки последующих. В процессе наладки каждого механизма необходимо многократно повторять его движения, наблюдая при этом за его работой. В случае обнаружения отказов наладчик должен выяснить причину отказа, устранить ее и вновь испытать механизм в работе.

В ПР с цикловым управлением и пневматическими приводами звеньев выход объекта манипулирования в заданную точку осуществляется по регулируемым жестким упорам. Плавная остановка по упорам выполняется демпферами, а выход в заданные точки контролируется микровыключателями. Основной объем работ по настройке механических систем таких ПР заключается в регулировке плавности хода механизмов и выставлении упоров, ограничивающих движение звеньев. Регулировка скорости перемещения штоков пневмоцилиндров производится при помощи дросселей с обратными клапанами.

В ПР с контурным управлением и электромеханическим приводом используется следящий принцип управления с обратной связью по положению звеньев манипулятора и наладку приводов производят путем настройки параметров регуляторов на заданные технические характеристики. Наладку и программирование робота следует начинать при остановленном обслуживаемом оборудовании и при отключённом электропитании робота. Вначале необходимо задать требуемые перемещения робота (крайние точки по каждой координате). При этом проверяют отсутствие заеданий, особенно в конце хода.

Наладку пневмогидрооборудования ПР начинают с внешнего осмотра. При внешнем осмотре проверяют правильность сборки пневмо- или гидросистемы ПР по соответствующим схемам, обращая особое внимание на соответствие смонтированной аппаратуры, правильность ее установки и присоединения к трубопроводам. Затем трубные проводки пневмо- и гидросистем продувают сжатым воздухом или инертным газом. Данную операцию выполняют для удаления из трубопроводов твердых частиц и пыли, которые неизбежно попадают в них при проведении монтажных работ. Продувку ведут со стороны исполнительных механизмов в сторону блока подготовки воздуха или гидростанции. Сжатый воздух, используемый для продувки, должен быть осушен и очищен от масла и пыли.

При продувке воздухом рекомендуется все сварные швы простукивать молотком. После продувки трубопроводов производят их соединение с аппара-

тами и проверяют герметичность и прочность пневмогидросистем. Для этого в систему подается пробное давление сжатого воздуха, которое для пневмосистем должно составлять 1,5, а для гидросистем 1,25 номинального давления. Поднимать давление в системах следует постепенно, делая выдержки при величинах 0,3; 0,6 и 1,0 пробного давления. Во время выдержек проверяют все сварные стыки, фланцевые и резьбовые соединения путем обмазки мест соединений мыльной водой и наблюдения за появлением пузырей. Обнаруженные места утечек воздуха отмечают и после снятия давления производят подтяжку соединений. Для полного устранения всех утечек подобные операции повторяют 2–3 раза. При проверке пневмогидросистем на прочность их выдерживают при пробном давлении в течение 5 мин, затем плавно снижают давление и производят осмотр.

Наладку пневмогидрооборудования следует проводить в соответствии с рекомендациями, указанными в инструкциях к ПР. Рекомендуется дополнительно к инструктивному материалу прилагать паспорт типовых неполадок и способов их устранения, а все данные, полученные при наладке, заносить в паспорт наладки. Схему пневматической или гидравлической системы ПР рекомендуется расчленять на структурные развертки в виде комплекта магистральных контуров типовой структуры, составленной по элементам рабочего цикла. Каждый магистральный контур обеспечивает выполнение только определенных функций, поэтому наладка, выполняемая по данной системе, становится более определенной, а все неполадки исключаются посредством последовательной проверки работы аппаратуры каждого магистрального контура. Магистральные контуры определяются схемами движения сжатого воздуха или рабочей жидкости.

Выделение магистральных контуров и схем движения потоков рабочего тела производят в следующей последовательности:

- рабочий цикл ПР разбивают на такты, соответствующие движениям рабочего органа между точками позиционирования как основными, так и промежуточными (например, исходное положение – опускание руки для захвата изделия – подъем руки с деталью – поворот руки – выдвигание руки – опускание руки и освобождение изделия – подъем руки – выдвигание руки – обратный поворот – исходное положение);
- для каждого такта определяют перечень участвующих в работе клапанов, распределителей, дросселей, гидродвигателей и т. п.;
- по принципиальной и монтажной схемам определяют каналы, соединяющие участвующие в работе аппараты;
- выявляют магистрали подвода и отвода рабочего тела;
- полученную развертку располагают между напорной и сливной (сбрасывающей) магистралями.

Перед пуском ПР с пневматическим приводом необходимо залить масло в маслораспределитель блока подготовки воздуха и проверить затяжку винта сброса конденсата на фильтре-влагоотделителе. С целью предотвращения превышения давления в пневмосистеме ПР в первоначальный момент работы необходимо повернуть регулировочный винт редуцирующего пневмоклапана против часовой стрелки до упора. Затем необходимо открыть запорный вентиль

подвода сжатого воздуха от внешней магистрали и с помощью редукционного пневмоклапана установить требуемое давление сжатого воздуха. Дальнейший пуск ПР осуществляется с пульта оператора устройства управления.

Перед пуском ПР с гидравлическим приводом в гидробак необходимо залить чистое масло, заполнить маслом трубопроводы и удалить из системы воздух. При этом пружины напорных гидроклапанов насосов должны быть полностью ослаблены. Краны или пробки для выпуска воздуха, установленные в наивысших точках гидросистем, открывают, накидные гайки на концах магистральных труб ослабляют. После того, как при включенных электродвигателях из кранов и из-под гаек пойдет чистое масло, электродвигатели насосов отключают, краны закрывают, а напорные гидроклапаны насосов настраивают на рабочие давления, указанные в инструкциях. Необходимо также выпустить воздух из гидроцилиндров, для чего приоткрывают золотники в крышках гидроцилиндров, а поршни гидроцилиндров перемещают несколько раз на быстрых ходах из одного крайнего положения в другое. После полного удаления воздуха из гидросистемы необходимо долить масло в гидробак до верхнего уровня маслоуказателя.

В пневматической системе настройка давления на выходе регулятора осуществляется при помощи регулировочного винта. При вращении винта по часовой стрелке давление на выходе регулятора повышается, а при вращении его против часовой стрелки понижается. При понижении давления рекомендуется вначале понизить его до величины, несколько меньшей требуемой, а затем плавно поднять до нужного значения.

Настройка реле давления производится в следующем порядке. К реле давления подводится сжатый воздух. Если при этом толкатель не подвинется в крайнее положение, то винт настройки пружины реле вывинчивается из корпуса до полного выдвижения толкателя.

Вывинчиванием установочного винта микропереключателя приближают его штифт к толкателю реле до момента переключения контактов. Этот момент контролируется либо электролампой, подключенной последовательно к электросети через нормально открытый контакт микропереключателя, либо на слух. После этого винт установки вывинчивается на 1/4 оборота и контрится. Снятие давления должно вызвать переключение контактов микропереключателя в обратном направлении.

Распределительные устройства проверяются путем поочередного ручного (путем воздействия на якорь) переключения электромагнитов. При переключении распределителей воздух должен подаваться в соответствующие полости пневмоцилиндров, обеспечивая движение звеньев манипулятора в соответствии с пневмосхемой. Затем при подключенной системе управления электромагниты включаются кнопками управления наладочного пульта. Звенья манипулятора должны двигаться в направлениях, указанных стрелками на фальшпанели пульта.

Настройку скорости перемещения поршня пневмоцилиндра производят дросселированием выпуска воздуха из полостей цилиндра. При этом удается получить не только необходимую скорость движения, но и смягчить удары поршня о крышки цилиндра и обеспечить плавную работу ведомых механиз-

мов. При этой настройке отдельно регулируют прямой и обратный ходы привода с помощью дросселей в сочетании с обратными клапанами, установленными на воздухопроводах каждой полости цилиндра. Такие устройства позволяют регулировать скорость на всем участке хода поршня. При наличии в цилиндре буферных устройств достигают замедления скорости поршня перед приходом его в крайние положения путем регулировки дросселирующих игл в буферном устройстве, что обеспечивает плавный останов механизма. Скорость поршня пневматического цилиндра изменяется при колебаниях внешней нагрузки, поэтому правильность произведенной регулировки проверяют при наибольшей и наименьшей нагрузке. По окончании регулировки величин давления, скоростей перемещения и длины ходов регулировочные винты должны быть законтрены.

Работа электрооборудования в значительной степени зависит от четкости действия, входящих в его состав электрических устройств, которые должны быть исправными и соответствовать проектной документации. При наладке электрооборудования и устройств управления проводится следующий комплекс работ: проверка качества электромонтажных работ и соответствие их рабочим чертежам проекта; проверка установленной аппаратуры, ее настройка и регулировка; проверка состояния изоляции и заземляющих устройств; испытание электрооборудования и устройств управления в комплексе с другими системами в различных режимах работы, в том числе и под нагрузкой.

При наладке электрооборудования возникает необходимость в определенном количестве электроизмерительных приборов, инструмента и приспособлений, номенклатуру и число которых определяют в зависимости от сложности схем, а также от типов применяемой электроаппаратуры и электронных приборов. Применяют как специальные, так и универсальные измерительные приборы. Универсальные многошкальные приборы обычно используют при наладке схем, содержащих одновременно элементы переменного и постоянного тока. Во избежание неправильных включений, приводящих к выходу из строя приборов, особенно электронных, проверка работоспособности электрических схем и их наладка должны осуществляться наладчиками, имеющими определенные навыки и квалификацию. Оснащение участка наладки приборами, инструментом и соответствующими приспособлениями должно быть таким, чтобы способствовать обеспечению быстрого отыскания возможных неисправностей в схемах. Как показал опыт, большинство наладочных работ не требует высокой точности измерения, поэтому наибольшее применение находят более дешевые приборы классов 1,5 и 2,5, а также индикаторы напряжения. При наладке достаточно сложных устройств управления ПР следует пользоваться осциллографами, генераторами гармонических и периодических сигналов, частотомерами, логическими пробниками, пульсаторами и многоканальными логическими анализаторами.

Для управления движениями звеньев ПР используется множество различных систем управления – цикловых, позиционных, контурных, на базе микропроцессорных наборов. Если внимательно рассмотреть их структуру, то можно увидеть, что все они состоят из набора функциональных блоков или модулей, например, управляюще-вычислительных, программно-задающих, модулей со-

пряжения и т. п.

Первичная наладка устройств управления ПР производится на заводе-изготовителе перед проведением приемочных испытаний и сдачей ОТК. Работы по наладке производятся на специальных стендах с использованием контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры. Контрольная наладка устройств управления ПР производится после проведения монтажных работ перед сдачей в эксплуатацию оборудования на заводе-потребителе. Поэтому при наладочных работах основное внимание должно быть уделено проверке правильности распайки соединительных кабелей и подключения всех внешних элементов системы управления (катушек электромагнитов пневмо- и гидрораспределителей; датчиков контроля положения звеньев манипулятора; пусковой аппаратуры технологического оборудования и пр.).

Контроль правильности подключения всех внешних элементов достаточно просто осуществляется при проверке отработки команд ПР с пульта ручного управления. При нажатии на кнопки пульта ПР должен обрабатывать движения, обозначенные мнемоническими символами (поворот, выдвижение руки, подъем и т. д.). С пульта управления также можно проверить срабатывание и состояние датчиков положения звеньев манипулятора. Если движение какого-либо звена не соответствует указанной мнемонике, то необходимо произвести переключение соединительных кабелей. Если при контроле отсутствует отработка манипулятором какой-либо команды, то при исправных внешних трассах, электромагнитах распределителей и датчиках, неполадки следует искать непосредственно в стойке управления. При этом необходимо вначале определить неисправный узел или модуль, а затем локализовать неисправность непосредственно на плате, выявив неисправный элемент.

Вопросы для контроля

1. Как осуществляется контрольная наладка мехатронных и робототехнических систем?
2. Как осуществляется выборка зазоров в подшипниковых узлах?
3. Какова последовательность наладки пневмогидрооборудования?
4. Какие работы нужно выполнить перед пуском пневмопривода?
5. Как производится наладка пневмо- и гидроклапанов?
6. Как выполняется контрольная наладка системы управления промышленного робота?

Тема 7. Испытания и диагностика робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Виды и общие требования к испытаниям промышленных роботов и мехатронных систем.
2. Определение технических характеристик промышленных роботов при испытаниях.
3. Испытания мехатронных систем.
4. Методы и средства диагностирования роботов и мехатронных систем.

Ключевые понятия: испытание; характеристика; диагностика; проверка; регламент; грузоподъемность; быстродействие; быстроходность; зона обслуживания; погрешность позиционирования.

Литература: [62, с. 16–34].

Методические рекомендации

При проведении испытаний промышленных роботов (ПР) следует рассматривать их как машины широкого назначения, отличительными признаками которых являются:

- способность к переналадке для выполнения действий, отличающихся последовательностью, скоростью, величиной и точностью перемещений исполнительных органов;

- способность к взаимодействию с объектами внешней среды, в том числе способность сохранения динамических параметров процесса манипулирования при изменении свойств (например, массы) перемещаемых объектов; адаптация к изменению окружающей среды и т. п.;

- особенности динамики исполнительных органов, являющихся пространственными механизмами со многими степенями подвижности и незамкнутой кинематической цепью;

- небольшая жесткость исполнительных устройств в сравнении с обслуживаемым оборудованием и напряженные динамические режимы работы (скорости до 1,5 м/с при относительно небольших перемещениях, интенсивные разгоны и торможения).

- соответствие функциональных возможностей ПР и его систем технологическому назначению робота, который может относиться к группе производственных, подъемно-транспортных или универсальных ПР;

- соответствие требований техники безопасности предполагаемой области применения.

При проведении любых видов испытаний следует предусматривать проверки, отражающие все перечисленные особенности ПР. ПР могут подвергаться всем видам испытаний, регламентированных ГОСТ.

Вид испытаний обуславливает совокупность определяемых показателей ПР и осуществляемых проверок, метод их определения и проведения, а также необходимые измерительные средства.

Требования к условиям проведения испытаний. На месте проведения испытаний должны быть исключены резкие колебания температуры, шум, вибрации, помехи, наличие вредных газов, паров и т. п., превышающие нормативные значения и затрудняющие проведение испытаний или влияющие на их результаты. Испытания ПР следует проводить при нормальных значениях факторов внешней среды. Для ПР, рассчитанных на работу в условиях высоких температур, запыленности, загазованности и влажности окружающей среды, испытания следует проводить в эксплуатационных условиях или в климатической камере, обеспечивающей имитацию перечисленных условий.

При этом приемочные испытания проводят, как правило, на заводе-изготовителе опытного образца ПР. В необходимых случаях испытания проводят в эксплуатационных условиях на заводе-потребителе. По согласованию с заинтересованными организациями и предприятиями допускается проводить

приемочные испытания и в других местах. Место проведения исследовательских и типовых испытаний определяется разработчиком или организацией (предприятием), которые проводят данные испытания.

ПР должны передаваться для испытания в пригодном для эксплуатации состоянии, с полным комплектом принадлежностей, перечень которых оговорен в сопроводительной документации на ПР или изготовление которых предусмотрено техническим заданием (для приемочных испытаний, в том числе с комплектом принадлежностей, поставляемых за отдельную плату). Испытуемые образцы должны быть отрегулированы в соответствии с руководством по эксплуатации до той степени, которая исключала бы возможность изменения их свойств во время испытаний. Требование неизменности свойств образцов во время испытаний не распространяется на испытания на надежность. При одновременном испытании нескольких образцов их установка должна исключать взаимное влияние друг на друга, а также влияние на средства измерения. При проведении приемочных испытаний для проверки исполнения технологических команд, а также с целью контроля всех предусмотренных устройств, обеспечивающих технику безопасности и безаварийную работу, вспомогательные (подъемно-транспортные) ПР должны испытываться с технологическим и вспомогательным оборудованием или со специальными стендами, имитирующими работу оборудования. Технологические (производственные) ПР должны быть оснащены всеми необходимыми устройствами для осуществления технологического процесса (сварки, окраски, сборки и т. д.).

Для проведения испытаний ПР должен быть установлен в помещении, обеспечивающем его нормальную работу. Установка должна производиться в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации. Испытуемый образец должен быть заполнен эксплуатационными жидкостями и подсоединен к источникам энергии. На месте проведения испытаний должно быть обеспечено выполнение правил техники безопасности. Участок для проведения испытаний должен быть огражден, а в проходе установлены предупредительные надписи, запрещающие вход на участок посторонним лицам. На полу красной полосой шириной не менее 100 мм должна быть отмечена граница рабочего пространства ПР (если указанное пространство не ограничено другими средствами). В рабочем пространстве не должны находиться посторонние лица, предметы и оборудование, препятствующие или ограничивающие движения ПР. Оборудование и приборы, применяемые при испытаниях, должны быть заземлены. Должно быть обеспечено удобство визуального контроля за ПР, а обслуживание и наладка ПР должны производиться только лицами, прошедшими обучение и инструктаж по технике безопасности.

При работе в автоматическом режиме у пульта управления должен находиться оператор. При первых же признаках неполадок и сбоев ПР должен быть немедленно выключен; повторное включение допускается после выявления причин неисправностей и их устранения.

Результаты приемочных испытаний оформляют актом и протоколом приемки. Оценку результатов испытаний производят в соответствии с требованиями, приводимыми в методиках испытаний конкретных моделей ПР. В разделах протокола приводят только основные результаты испытаний оформляют в виде

приложений к протоколу. Протокол должен содержать перечень неполадок и неисправностей, выявленных в процессе испытаний. Результаты исследовательских испытаний оформляют в виде отчетов, утверждаемых руководством организации или предприятия, проводившего испытание. Результаты аттестационных испытаний оформляют в виде документов по формам, приведенным в инструкциях о порядке аттестации продукции предприятий соответствующих отраслей. Результаты типовых испытаний оформляют протоколом, утверждаемым руководством предприятия-изготовителя.

К основным характеристикам, исследуемым при испытаниях ПР, относятся: грузоподъемность, быстродействие, быстроходность, зона обслуживания, погрешность позиционирования или воспроизведения заданной траектории, инерционные нагрузки. Грузоподъемность определяется путем измерения установленной в захватном устройстве массы груза при заданной быстроходности и мощности привода, допустимой нагрузке на изделия механизмов и обеспечении требуемой точности позиционирования. Зависимость грузоподъемности от быстроходности часто отражается в паспортных данных путем указания грузоподъемности при нормальной и пониженной скоростях.

Быстродействие робота, характеризуемое временем движения рабочего органа на заданную величину хода, определяется: по измерениям величин скорости, ускорения и малых перемещений в конце хода; по измерениям непосредственно временных интервалов.

Быстроходность является производной характеристикой. Она рассчитывается по быстродействию с учетом заданной величины перемещения. При оценке этой характеристики необходимо определить допустимый диапазон изменения средних скоростей рабочего органа с учетом факторов, влияющих на него в наибольшей степени. На быстроходность и быстродействие наиболее сложное влияние оказывают характер изменения скорости движения и колебание узла после окончания его перемещения. Сокращение общего времени перемещения приводит не только к повышению быстродействия, но и к понижению точности работы робота и возрастанию динамических нагрузок. Для каждой конструкции при испытаниях необходимо находить наилучшее соотношение составляющих времени, позволяющих не допустить динамических перегрузок и снижения точности.

Зона обслуживания робота характеризуется рабочим объемом, который ограничивается траекторией движения между конечными точками всех возможных поступательных и вращательных перемещений рабочего органа, всех его длин ходов и углов поворота для региональных движений. При экспериментальном определении обслуживаемого пространства ПР вначале производится оценка паспортного значения допустимой длины хода и угла поворота по всем степеням подвижности. Величины ходов исполнительных механизмов, предусмотренные конструкцией робота, в ряде случаев не могут быть полностью реализованы при некоторых соотношениях грузоподъемности и быстроходности из-за возникновения сильных колебаний руки, препятствующих выполнению заданной операции. В случае не достижения при максимальных вылетах рабочего органа заданной точности позиционирования следует определить, при каком вылете руки (радиусе поворота) и данной нагрузке погрешности снижают-

ся до допустимых. Таким же образом для нескольких значений нагрузок получают данные для расчета действительного объема зоны обслуживания.

Для предупреждения столкновения с периферийным оборудованием при определении зоны обслуживания необходимо оценить и неиспользованную зону, зависящую от конструктивного исполнения ПР. При этом величина отношения объема зоны обслуживания к объему неиспользуемой зоны может служить показателем, который характеризует эффективность применения испытуемой конструкции ПР для данного техпроцесса.

Погрешность позиционирования является одной из основных характеристик ПР, определяющей их точностные свойства. Под погрешностью позиционирования понимается отклонение действительного положения исполнительного органа ПР от запрограммированного при его многократном двухстороннем позиционировании в раз личных точках по пути перемещения по каждому из направлений движения. Погрешность позиционирования формируется всем комплексом – механической частью и системой управления ПР и зависит от погрешности блоков и элементов системы управления, погрешности привода, жесткости руки, жесткости и динамических свойств механизмов позиционирования, сил демпфирования и других факторов. Погрешность позиционирования должна определяться в общем случае для различных положений рабочего органа в зоне обслуживания при заданных соотношениях грузоподъемности и быстроходности (с учетом прогиба руки манипулятора), которые изменяются в зависимости от значений масс объектов манипулирования и перемещений рабочего органа в радиальном направлении.

Экспериментальные исследования занимают главенствующее место среди всех способов получения информации о внутренних взаимосвязях в мехатронных системах. Под экспериментом принято понимать совокупность действий, осуществляемую посредством материальных средств исследования с целью получения новой информации об изучаемом объекте путем построения информационной модели, характеризующей различные его стороны и проявления. Разновидностью экспериментов являются испытания, проводимые с целью контроля нахождения параметров объекта в допустимых пределах.

Испытания мехатронных систем состоят из следующих этапов: испытания на холостом ходу и проверка паспортных данных; испытания под нагрузкой и в работе; испытания на точность; испытания на жесткость и виброустойчивость. Испытания на холостом ходу и проверку паспортных данных начинают включением минимальной скорости движения. Затем устанавливают другие скорости, включают подачу и ускоренный ход. Проверяют безотказность блокировок, действия системы смазывания, охлаждения, гидра и электрооборудования, уровень шума. При испытаниях под нагрузкой и в работе проверяют наибольшие силы (с кратковременной перегрузкой на 25 %), наибольшие мощность и крутящий момент, убеждаются в безотказности действия под нагрузкой всех механизмов и систем, предохранительных устройств и тормозов.

Точность работы мехатронного модуля движения оценивают его погрешностью, т. е. разностью между действительным и расчетным положениями выходного звена. Основными причинами возникновения погрешности ММ являются погрешности системы управления и двигателя, кинематические погреш-

ности, мертвый ход и упругие деформации элементов его преобразователей движения.

Ошибки в мехатронных модулях движения могут быть обусловлены следующими причинами и факторами:

- причины, связанные со схемой погрешностей, которые появляются при изготовлении механизмов (т. е. при применении схемы);

- технологические причины, которые по линейным, т. е. геометрическим размерам разделяются на:

- а) ошибки размера – отклонения размеров элементов у образца и теоретического прототипа от номинальной величины, а также ошибки между элементами, которые появляются при перемещении узлов, составляющих пару (кинематические пары);

- б) ошибки формы у рабочих поверхностей тех же пар;

- в) ошибки во взаимном расположении рабочих поверхностей узлов;) отклонения в шероховатости и волнистости от номинальных;

- г) ошибки, вызванные силами в самом механизме (это силы деформации, трения, вибрации и прочие, а также воздействие динамических факторов (например, ударно-колебательное движение);

- д) ошибки, связанные с нарушением температурного режима эксплуатации механизма, из-за изменения сопротивлений и линейных размеров в узлах.

Методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем классифицируют по следующим признакам:

- степени информативности;

- видам диагностической информации;

- степени использования технических средств;

- стадиям эксплуатации;

- глубине диагностирования.

По степени информативности выделяют следующие методы:

- метод временных интервалов, применяемый для анализа простоев, определения показателей надежности, контроля работы системы управления, получения циклограмм;

- метод эталонных модулей, основанный на сравнении экспериментальных данных или рассчитанных значений и показателей качества;

- метод эталонных зависимостей, основанный на сравнении измеренных диагностических параметров с эталонными диагностическими параметрами;

- спектральный метод, основанный на измерении составляющих сложных вибрационных или акустических сигналов;

- корреляционный метод, применяемый для обнаружения отклонений в характере зависимости между диагностическими параметрами (взаимная корреляция) или изменении диагностических параметров во времени (автокорреляция).

Основными требованиями к средствам диагностики являются: обеспечение достаточной точности замеров, удобство и простота использования при минимальной затрате времени. Помимо различных приборов, индикаторов узкого назначения, в систему диагностических средств включают комплексы электронной аппаратуры. Эти комплексы могут состоять из датчиков – органов

восприятия диагностических признаков, блоков измерительных приборов, блоков обработки информации в соответствии с заданными алгоритмами и, наконец, блоков хранения и выдачи информации в виде запоминающих устройств для преобразования информации в удобный для использования вид.

Вопросы для контроля

1. Назовите виды испытаний промышленных роботов.
2. Какие требования предъявляются к условиям проведения испытаний промышленных роботов?
3. Какие параметры измеряются при проведении испытаний промышленных роботов?
4. Какие параметры измеряются при проведении испытаний мехатронных систем?
5. Как проверяют погрешность позиционирования робота?
6. Как проверяют жесткость конструкции робота?
7. Как проверяют грузоподъемность робота?
8. Как проверяют быстродействие робота?
9. Чем обусловлены ошибки в мехатронных модулях движения?
10. Назовите методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем.

Тема 8. Организация эффективной эксплуатации робототехнических и мехатронных систем производственных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Особенности эксплуатации роботов на крупных, средних и малых производствах.
2. Эксплуатация роботов в транспортно-накопительных и упаковочных системах пищевых производств
3. Техническое обслуживание робототехнических и мехатронных систем.
4. Эксплуатационная документация.

Ключевые понятия: объем производства; эффективность эксплуатации; перенастраиваемость; перекомпоновка; техническое обслуживание.

Литература: [1, с. 30–54]

Методические рекомендации

Промышленные роботы могут быть эффективно применены в условиях пищевого производства с различным объемом выпуска для автоматизации вспомогательных и основных технологических операций.

Массовое производство с постоянным объемом выпуска предполагает применение высокопроизводительного специального основного технологического оборудования, объединенного автоматическими транспортно-загрузочными механизмами периодического действия, что в комплексе представляет собой автоматические линии. При создании таких линий стремятся обеспечить минимальный цикл работы. Жесткие автоматические линии отличаются высокой производительностью и широко применяются в пищевой промышленности, автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном ма-

шиностроении, производстве изделий бытовой техники и т. д. Так как эти линии нельзя использовать при смене объекта пищевого производства, то они должны окупаться за период эксплуатации. Главные требования, предъявляемые к основному и вспомогательному оборудованию: высокая производительность и надежность при длительной эксплуатации и высокий уровень автоматизации выполняемых операций. Надежность и ресурс основного технологического оборудования, вспомогательных устройств и средств автоматизации ограничены сроком выпуска массовой продукции. Средства автоматизации не обязательно должны быть переналаживаемыми и функционально взаимозаменяемыми, что определяет сравнительную простоту их конструкций.

Однако и в массовом производстве возрастающие темпы технического прогресса обуславливают сравнительно частое изменение свойств выпускаемых изделий, что, в свою очередь, вызывает необходимость в переналадке или изменении структуры действующей автоматической линии, замене оборудования и средств автоматизации и т. д. Таким образом, срок эксплуатации жесткой автоматической линии, ориентированной на выпуск конкретной продукции, сокращается. Это вызывает необходимость широкого применения ПР в массовом производстве.

Применение ПР различного функционального назначения позволяет быстро комплектовать комплексные автоматические линии, в состав которых входит разнородное технологическое оборудование, исключает необходимость создания в каждом конкретном случае специальных транспортных средств, позволяет быстро переналаживать автоматические линии, а также комплектовать и пускать их в эксплуатацию в более сжатые сроки.

Подготовка большого пищевого производства должна осуществляться в короткие сроки, так как выпускаемая продукция изготавливается в течение ограниченного времени. Основные требования, предъявляемые к основному и вспомогательному оборудованию, – высокая производительность, надежность, переналаживаемость и возможность перекомпоновки сравнительно легкими способами. Снижение стоимости подготовки пищевого производства и себестоимости продукции прямо зависит от соблюдения этих условий. Перечисленным требованиям вполне удовлетворяет автоматическое и полуавтоматическое обрабатывающее оборудование, которое с помощью ПР можно объединить в автоматические линии с гибкой связью. Объединение ПР с высокоавтоматизированным оборудованием в предметные робототехнические комплексы позволит решить задачу создания комплексно-автоматизированных участков и линий с гибкой связью, обеспечить их переналадку, а при необходимости – изменение структуры и переукомплектование.

Среднесерийное производство характеризуется частой сменой и повторяемостью партий выпускаемых изделий, а также небольшой длительностью выпуска продуктов одного типа (от двух-трех смен до нескольких недель). Проблема комплексной автоматизации среднесерийного многономенклатурного пищевого производства наиболее эффективно может быть решена на основе создания типовых роботизированных комплексов (РК) различного технологического назначения, в которых ПР осуществляет единичное или групповое обслуживание оборудования (роботизированных позиций). Такие РК должны

обеспечивать выполнение наиболее распространенных операций. Конструктивно-технологические параметры РК должны быть таковы, чтобы можно было объединять их в гибкие производственные системы, построенные на основе методов групповой технологии. Разработка типовых РК для обработки наиболее распространенных изделий и выполнения широкой номенклатуры операций позволяет комплектовать автоматизированные участки пищевого производства и автоматические линии различных типов, создавая сложные производственные системы, дифференцированные по назначению, составу выполняемых операций и уровню автоматизации процессов обработки и управления.

Малое производство, требующее переналадки за время смены, высоких производительности труда и степени автоматизации производственных процессов, находится в настоящее время на наиболее низком уровне. Повышение технико-экономических показателей этого пищевого производства предполагается путем широкого применения автоматического оборудования, которое должно быть объединено в участки либо по функциональному признаку (однородные машины), либо по технологическому принципу (обеспечение последовательного технологического процесса обработки).

Понятие роботизированная технологическая система (РТС) распространяется на все структурные производственные подразделения, в состав которых в качестве средств автоматизации входят ПР, в том числе на роботизированные комплексы, участки, линии и цехи. Роботизированный комплекс (РК) является основной структурной единицей РТС любой сложности. РК – автономно действующая совокупность технологических средств пищевого производства, включающая набор основного технологического и вспомогательного оборудования (в том числе один или несколько ПР, которые выполняют технологические или вспомогательные операции) и обеспечивающая полностью автоматизированный цикл работы внутри комплекса и связь его с входными и выходными потоками остального пищевого производства. Необходимо различать роботизированные технологические комплексы, где ПР выполняет вспомогательные операции типа «взять – перенести – положить», и роботизированные производственные комплексы (РПК), где ПР выполняет основные операции технологического процесса. РК может быть образован на основе одного ПР, обеспечивающего индивидуальное или групповое обслуживание состыкованного с ним оборудования или законченный цикл обработки изделия на одной роботизированной позиции, а также на базе нескольких ПР, выполняющих взаимосвязанные или взаимно дополняющие операции.

Создание гибких производственных систем с применением ПР требует решения комплекса задач, связанных с размещением оборудования и (если это требуется) его модернизации для стыковки с ПР, с выбором ПР и других транспортных средств, а также вспомогательных устройств, с выбором или разработкой средств контроля, информации и управления и т. п. Любая сложная производственная система представляет собой совокупность объектов, связанных причинно-следственной зависимостью так, что их функции, производимые ими действия и выполняемые над ними операции должны приводить к выпуску продукции определенного качества в надлежащем количестве и за установленное время. Оптимальная система отличается максимальной производительно-

стью при минимальных затратах. В условиях среднесерийного пищевого производства оптимальными могут быть только гибкие производственные системы, обладающие свойством относительной адаптации - способностью приспосабливаться к изменениям внутри и вне системы, сохраняя при этом производительность, близкую к максимальной.

К роботизированным транспортно-накопительным системам предъявляются нижеследующие требования.

Масштабируемость. При загрузке производственного оборудования на 35 % сразу внедрять логистическую систему, способную обеспечить 100 % загрузку экономически нецелесообразно. Логистическая система должна быть автоматической, т. е. не требовать участия человека-оператора и перенастраиваться под производственные задания по командам от автоматизированных систем управления производством.

Адаптация к конкретному технологическому процессу, или производственному оборудованию должна осуществляться заменой оснастки. В системе должны быть предусмотрены сценарии работы как в рамках регулярного технологического процесса, так и в рамках аварийных ситуаций. То есть, при возникновении аварийной ситуации, система должна попытаться разрешить ее без остановки технологического процесса.

Способность системы строить цифровую модель технологического процесса, которая будет использоваться вышестоящими системами управления для формирования производственного плана.

Для автоматизации внутрицеховой логистики применяются различные технические решения – от безлюдных складов до транспортных роботов для автоматизации перемещения изделий, материалов, инструмента. Наиболее универсальным решением, обладающим достаточной гибкостью для встраивания в уже существующий технологический процесс, выступают транспортные роботы – мобильные роботы, предназначенные для перемещения на своей платформе физических объектов (определение по ГОСТ Р 60.0.0.2 – 2016).

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих поддержание исправности и работоспособности ПР при подготовке и использовании их по прямому назначению. ТО является одним из этапов технической эксплуатации, главная задача которого – поддержание надежности работы изделия. Эта задача решается путем выбора оптимальной периодичности профилактических работ и быстрого восстановления его работоспособности для обеспечения требуемой вероятности исправной работы в произвольный момент времени. Не менее важной задачей ТО является организация и проведение технических мероприятий, благодаря которым параметры и характеристики изделия в течение всего периода эксплуатации будут находиться в требуемых по техническим условиям (ТУ) пределах.

Профилактические работы занимают особое место в системе ТО и направлены на предупреждение преждевременного изнашивания, повреждений и отказов. Отказы предупреждаются регулированием параметров элементов в пределах предусмотренного при проектировании диапазона, а также заменой элементов, у которых износ или рабочие характеристики близки к предельно допустимым. Конечная цель профилактики – окончательное исключение ре-

монта или выполнение его только при повреждениях, полученных в результате аварии.

Для сокращения затрат на ТО, составляющих основную часть эксплуатационных расходов, в современных автоматизированных системах предусматривается встроенная система автоматизированного контроля, которая может не только обнаружить отказы, но и выявить их причины. Такая система контроля позволяет оценить правильность функционирования и техническое состояние изделия в любой момент времени при участии менее квалифицированного персонала.

В перечень работ по ТО входят осмотр, контроль технического состояния ПР и системы управления, чистка, промывка и смазка узлов ПР, регулировка его отдельных систем, замена отдельных износившихся изделий и вышедших из строя элементов системы управления, чистка контактов элементов системы управления, проверка и наладка приводов и системы управления, а также работы по устранению неисправностей.

В организации технического обслуживания ПР важное место занимает обеспечение техники безопасности. При неправильном использовании и обслуживании роботы могут представлять опасность для работающих в том же помещении людей и оборудования. Установлено, что при регулярном техническом обслуживании роботы отличаются высокой степенью безопасности. Техническое обслуживание позволяет обнаружить незначительные повреждения, которые могут привести к несчастному случаю. Например, при малейшем повреждении гидравлического шланга может произойти утечка рабочей жидкости в виде струи высокого напора, которая может травмировать находящихся поблизости рабочих, если они не защищены в соответствии с требованиями технической безопасности.

Могут возникнуть и более серьезные осложнения, приводящие к отказу комплекса, если допускается корродирование изделий системы управления. Даже при техническом обслуживании не исключается вероятность повреждений. В целях повышения безопасности применяют чувствительный к давлению настил, отключающий робот, если в его рабочую зону входит человек. Иногда вокруг ПР развешиваются тонкие пластиковые ленты, выполняющие роль занавеса и затрудняющие доступ к роботу. Для предотвращения опасных ситуаций используют щиты, ограждения, аварийные сигналы и предусматривают отключение самого робота. С этой же целью роботы оснащаются чувствительными устройствами, обнаруживающими факт нарушения границы зоны обслуживания, после чего следует запрет на любые действия ПР. Иногда рука робота жестко фиксируется в определенном положении механическим приспособлением. Это повышает безопасность в тех случаях, когда рабочий находится в рабочей зоне ПР, выполняя его техническое обслуживание.

К эксплуатации мехатронных систем, ПР и созданных на их основе РТК может допускаться только персонал, прошедший специальное обучение по безопасному обслуживанию со сдачей экзамена специальной комиссии. Перед допуском на обслуживание РТК персонал должен получить вводный инструктаж, а в процессе работы строго руководствоваться инструкцией по безопасности труда. Вводный инструктаж проводится для ознакомления со специфическими

особенностями данного пищевого производства, включая потенциально опасные участки, которые могут проявиться при нарушении требований безопасности труда. Обращается особое внимание на возможность появления опасностей при выполнении технологического процесса, на опасные зоны работающего оборудования, оградительные устройства и правила пользования ими, на необходимость перед началом работы убедиться в исправности и нормальном функционировании оборудования. Инструктаж должен сопровождаться показом безопасных методов и приемов работы. При изменении технологического процесса работы оборудования или в других случаях изменения условий труда для обслуживающего персонала должен проводиться внеочередной инструктаж.

Эксплуатация ПР и РТК должна проводиться в строгом соответствии с эксплуатационной документацией. Согласно ГОСТ 2.601–2013 эксплуатационными называются документы, предназначенные для изучения изделия и правил его эксплуатации. В комплект эксплуатационных документов входят: техническое описание; инструкция по эксплуатации; инструкция по ТО; инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке на месте применения (сокращенно инструкция по монтажу); формуляр или паспорт; ведомости одиночного, ремонтного и группового комплектов ЗИП; ведомость эксплуатационных документов. Техническое описание и инструкция по эксплуатации объединяются в один документ и предназначаются для следующих целей: изучения конструкции, принципа действия и правил эксплуатации ПР; изучения правил техники безопасности; руководства при обнаружении и устранении неисправностей и отказов; руководства при регулировочных и наладочных работах силами обслуживающего персонала; руководства при проведении ТО в процессе эксплуатации и при длительном бездействии.

Перед началом работы оператор должен убедиться в исправном состоянии основного и вспомогательного технологического оборудования, средств обеспечения безопасности, в отсутствии посторонних лиц и предметов в рабочем пространстве ПР. Для обеспечения движений ПР в соответствии с требованиями технологического процесса необходимо произвести ввод программы. Непосредственному программированию предшествует разработка алгоритма функционирования управляющей программы. Этот алгоритм формируется с учетом специфики конкретного технологического процесса и оборудования. В указанном алгоритме определяется последовательность использования всей требуемой для функционирования ПР информации, включая очередность выполнения отдельных операций и длительность их реализации. Помимо этого, в алгоритме предусматривается информация, необходимая для обеспечения взаимодействия ПР с оборудованием. Особенности программирования ПР в значительной степени определяются их назначением. Так, управляющая программа ПР, выполняющего окрасочные, сварочные и другие аналогичные работы, представляет собой не разветвляемую последовательность выполняемых операций, которая запоминается в режиме обучения. Управляющая программа ПР в значительной степени определяется как его конструкцией, так и числом единиц оборудования. Управляющая программа промышленных роботов набирается непосредственно с пульта оператора путем нажатия соответствующих

кнопок. Контроль правильности набора осуществляется по цифровому дисплею. Если программа набрана верно, нажимается кнопка ЗП (запись) и производится загрузка программы в ячейку ОЗУ с выбранным адресом. Ввод последующей команды производится аналогично. В робототехнике широкое используется программирование методом обучения. Процесс обучения подразделяется на следующие виды:

1) обучение ПР с целью формирования кадров управляющей программы. Производится путем задания оператором рабочих движений ПР, при которых положение рабочего органа определяется показаниями датчиков положений звеньев ПР;

2) обучение ПР адаптивным формам поведения. Осуществляется путем ввода алгоритмов коррекции управляющих программ при изменении внешних условий, либо ввода в память данных о положении и характеристиках объектов внешней среды. ПР и технологических команд. Возможно наличие линейной интерполяции, средства организации адаптивной работы ПР отсутствуют. Точность рабочих движений ПР соответствует точности движения в процессе обучения. При изменении размеров или ориентации рабочего органа ПР требуется переобучение ПР.

Обеспечение безопасности лиц и обслуживающего персонала должно основываться на следующих принципах:

– во время производственного процесса не допускается нахождение лиц и обслуживающего персонала в рабочем пространстве;

– во время программирования, контроля, обслуживания и в других случаях, требующих нахождения обслуживающего персонала в рабочем пространстве ПР, вероятность возникновения опасной ситуации должна быть минимальной.

Для обеспечения выполнения этих принципов могут быть реализованы следующие мероприятия:

– ограничение рабочего пространства с помощью физических барьеров, защитных ограждений, в том числе с блокировками, а также использование устройств обнаружения;

– организация рабочих мест обслуживающего персонала таким образом, чтобы все работы по наладке и обслуживанию ПР производились вне рабочего пространства;

– внедрение дополнительных мер защиты обслуживающего персонала, разрабатываемых в зависимости от конструктивных особенностей ПР и необходимых для обеспечения безопасности в случаях, когда нахождение обслуживающего персонала в рабочем пространстве не может быть полностью исключено.

Вопросы для контроля

1. Приведите примеры устройства роботизированных складов.
2. В чем заключается техническое обслуживание роботов и мехатронных систем?
3. Что входит в перечень работ по ТО?
4. Виды организации эксплуатации оборудования.

5. Назовите признаки изношенности изделий.
6. Назовите признаки изношенности элементов пневмо- и гидропривода.
7. Назовите признаки изношенности элементов электропривода.
8. Назовите признаки изношенности системы управления.
9. Назовите состав эксплуатационных документов.
10. Назовите основные требования безопасного обслуживания мехатронных и робототехнических систем.

Тема 9. Средства очувствления, системы управления и цифровые приводы робототехнических и мехатронных комплексов

Ключевые вопросы темы

1. Датчики робототехнических и мехатронных комплексов.
2. Системы управления робототехнических и мехатронных комплексов.
3. Цифровые электроприводы робототехнических и мехатронных комплексов.

Ключевые понятия: датчик; сенсор; промышленный логический контроллер; привод; шаговый двигатель.

Литература: [5, с. 20–35].

Методические рекомендации

Информационные устройства и системы, как и органы чувств человека, предназначены для сбора информации о состоянии внешней среды и внутреннем состоянии робота. В качестве ее элементов используются телевизионные, светолокационные, ультразвуковые, тактильные и другие датчики. Функционально органы очувствления роботов (мехатронных систем) датчики – можно подразделить на два основных класса: датчики внутреннего состояния и датчики внешнего состояния. Основное назначение средств очувствления МС состоит в том, чтобы существенно снизить объем необходимой априорной информации. Кроме того, их включение в состав систем управления позволяет существенно упростить процедуру обучения МС, повысить динамическую точность и быстродействие исполнительных органов.

В зависимости от принципа действия датчики с электрическим выходным сигналом можно разделить на две группы: генераторные или активные и параметрические или пассивные. В генераторных датчиках преобразование измеряемой величины осуществляется непосредственно в электрический сигнал (т. е. такие датчики генерируют электрическую энергию). К ним, например, относятся пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические (использующие появление ЭДС в полупроводниковом рп-переходе при его освещении), термоэлектрические. В параметрических датчиках измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи – сопротивление, индуктивность, емкость и т. п., причем для питания датчика необходим источник электрической энергии. К таким датчикам, например, относятся емкостные, индуктивные, электроконтактные, потенциометрические, тензорезисторные.

По используемым физическим явлениям и эффектам можно выделить следующие виды датчиков, получивших наибольшее распространение в ИС мехатронных устройств: тензорезисторные (для измерения усилий, давлений, мо-

ментов, малых перемещений, ускорений и пр.), реостатные (для измерения усилий, давлений, перемещений, линейных и угловых скоростей и ускорений), индуктивные и индуктивно-трансформаторные (для измерения усилий, давлений, линейных перемещений), индукционные (для измерения линейных и угловых скоростей), пьезоэлектрические (для измерения вибраций, динамических усилий, давлений), емкостные (для измерения линейных и угловых перемещений, давлений, состава вещества), магнитоупругие (для измерения усилий, давлений, моментов), фотоэлектрические (для измерения линейных и угловых перемещений, линейных и угловых скоростей, положения объектов, линейных размеров и пр.).

Для измерения угловых перемещений чаще всего применяются потенциометрические датчики, преобразующие угол поворота в напряжение. Точность прецизионных потенциометров может достигать 0,01–0,05 %, разрешающая способность – 0,05–0,01 %. С повышением разрешающей способности потенциометра, как правило увеличиваются его габариты, которые для большинства прецизионных потенциометров колеблются в следующих пределах: диаметр 60–150 мм, высота 50–90 мм. Малые габариты и очень высокую разрешающую способность имеют многооборотные спиральные потенциометры.

Поскольку ИС мехатронного устройства предназначена для получения и обработки информации о состоянии как самого мехатронного устройства, так и внешней среды, в состав ИС входят датчики внутренней и внешней информации.

Датчики внутренней информации служат для измерения величин, характеризующих внутреннее состояние МС, т. е. для определения положений и скоростей перемещения исполнительных органов, усилий в их звеньях, а также параметров внутренней среды, обеспечивающей нормальное функционирование устройства. Датчики внешней информации предназначены для контроля наличия, формы, положения и ориентации в пространстве объектов манипулирования, свойств внешней среды и параметров возмущений, влияющих на функционирование МС в этой среде.

По способности воспринимать информацию на различных расстояниях от ее источника средства очувствления могут быть условно разделены на бесконтактные и контактные

Бесконтактные средства очувствления, оперирующие с геометрическими характеристиками объектов внешней среды, включают два класса устройств: системы технического зрения и локационные системы очувствления.

Средства очувствления контактного действия, которые измеряют действующие на манипулятор силы и моменты, а также фиксируют координаты точек их приложения, представлены системами силомоментного и тактильного очувствления. Создание силомоментных систем вызвано необходимостью измерения сил и моментов в процессе взаимодействия схвата или инструмента с объектом манипулирования при выполнении, например, механической обработки изделий. Применение силомоментных систем очувствления позволяет автоматизировать указанные технологические операции при минимуме затрат на разработку и создание дополнительного оборудования, например, конвейеров и позиционеров, обеспечивающих высокую точность начальной установки

собираемых изделий. Эти же системы очувствления могут быть с успехом использованы также и для решения многих манипуляционных задач, особенно при работе с жесткими изделиями, когда незначительные погрешности позиционирования могут вызвать большие усилия, которые трудно проконтролировать другими средствами.

Бесконтактные средства очувствления. Системы технического зрения (СТЗ) представляющие собой бесконтактный тип систем очувствления, находят широкое применение в промышленном производстве на операциях распознавания и сортировки изделий, разборки из навала, для измерения координат движущихся изделий, подлежащих захватыванию, определения положения характерных точек в ориентации изделий на сборочных участках, контроля качества обработки или покрытия поверхностей изделий и т. п. Локационные системы очувствления используют для измерения координат изделия в тех случаях, когда применение СТЗ нецелесообразно или невозможно. Посредством локационных датчиков обеспечивается измерение таких параметров, как расстояние до объектов, скорость движения, размеры объектов, обнаружение препятствий, а также исследование механических, электрофизических, акустических и других параметров объектов.

Эхометод основан на излучении в среду коротких акустических импульсов и приеме эхосигналов от неоднородностей среды или находящихся в ней предметов. Этот метод используется для обнаружения предметов, измерения расстояний и перемещений, его также используют в ультразвуковых системах технического зрения. Создаваемые излучателем короткие импульсы (длительностью около 1 мс), промодулированные ультразвуковой частотой (40 кГц), посылаются в направлении исследуемого объекта. Отраженные импульсы улавливаются приемником ультразвуковых сигналов, и после преобразования в электрический сигнал и усиления обрабатываются процессором.

Наряду с ультразвуковыми используются и оптические локационные системы, однако из-за высокой скорости распространения оптического излучения, описанные выше методы используются главным образом для определения расстояний, превышающих несколько метров.

Контактные средства очувствления. Для установления факта касания изделия губками схвата или другими частями манипулятора служат контактные датчики тактильного типа. Они расположены на внутренних и внешних поверхностях схвата и в тех местах звеньев манипулятора, которые могут войти в соприкосновение с объектами окружающей среды. Кроме регистрации самого факта соприкосновения они могут измерять величину контактного давления и определять наличие проскальзывания между соприкасающимися частями схвата и объекта. Информация о проскальзывании необходима для управления силой сжатия схвата и поддержания ее на таком минимальном уровне, при котором объект еще надежно зажат и в то же время сила сжатия недостаточна для его разрушения.

Задача управления мехатронным и робототехническим устройством состоит в исполнении желаемого движения рабочего органа, который целенаправленно действует на объект работ, испытывая при этом со стороны внешней среды возмущающее воздействие. Следовательно, в общем случае объектом

управления в мехатронике является сложная многосвязная система, в состав которой входят:

- комплекс исполнительных приводов;
- механическое устройство с рабочим органом;
- блок сенсоров;
- объект работ, с которым взаимодействует рабочий орган.

При этом отдельные блоки и устройства могут быть интегрированы в мехатронные модули. Включение в рассмотрение процесса взаимодействия рабочего органа и внешних объектов (например, для операций сборки, обработки, водоструйной резки) позволяет организовать технологически ориентированный процесс управления, учитывающий характер и специфику данного взаимодействия в конкретно поставленной задаче. Указанная структура объекта управления определяет требования и постановку задачи управления мехатронными системами рассматриваемого класса. Очевидно, что воспроизведение заданных движений мехатронными модулями и роботами основывается на выполнении классических требований теории управления: устойчивости, точности и качества процесса управления.

Зачастую наилучшим вариантом с точки зрения достоверности получаемой информации о фактическом движении является установка датчиков непосредственно на рабочий орган. Примерами такого подхода могут служить:

- применение систем технического зрения для определения положения рабочего органа и объектов в рабочей зоне (например, на перемещающих операциях);
- установка силомоментных датчиков в запястье манипулятора для измерения действующих сил на операциях механообработки;
- использование блоков акселерометров для определения линейных ускорений непосредственно рабочего органа при быстрых транспортных перемещениях.

Для обеспечения траекторного движения манипулятора требуется регулируемый электропривод, построенный на базе двигателя постоянного или переменного тока. Учитывая, что в современных технических системах отдается предпочтение переменному току, остановимся на приводе переменного тока, хотя в данном случае этот вопрос не носит принципиальный характер. Современные электроприводы переменного тока, построенные на базе асинхронных или синхронных двигателей и снабженные быстродействующими контроллерами, обладают высоким быстродействием, хорошими регулировочными свойствами и широкими возможностями настройки большого числа параметров. Для асинхронных и синхронных двигателей используют фазовое частотное или векторное (датчиковое или бездатчиковое) токовое управление, при этом последнее обеспечивает постоянство потокосцепления и наилучшие технические характеристики привода.

При бездатчиковом управлении сигнал о скорости вращения вала двигателя формируется контроллером в функции скольжения вычисляемого по измеренным значениям фазных токов и напряжений. Близкую структуру имеет и электропривод с синхронным двигателем, в котором отсутствует МД и обязательно присутствует датчик угла поворота (энкодер) ротора синхронного дви-

гателя чаще всего с возбуждением от постоянных магнитов и трехфазной статорной обмоткой. Приводы снабжаются системами защиты от перегрева и перегрузок, а исполнительные двигатели – встроенными вентиляторами и электромагнитными фрикционными тормозами, служащими для фиксации вала в положениях статического равновесия и аварийном исчезновении питания.

Вопросы для контроля

1. Приведите классификацию устройств осязания и систем, используемых в мехатронике и промышленных роботах.
2. Приведите примеры датчиков внутренней информации устройств мехатроники и робототехники.
3. Приведите примеры датчиков внешней информации устройств мехатроники и робототехники.
4. Объясните принцип работы пьезоэлектрических датчиков.
5. Назовите уровни управления в мехатронных системах.
6. Объясните типовую структуру системы управления движением.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков моделирования и расчета робототехнических и мехатронных систем производственных установок.

Практические занятия по дисциплине «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» 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 (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Исследование пространственно-кинематической структуры промышленного робота
2	Ввод промышленного робота в эксплуатацию и его первичная юстировка
3	Проведение калибровки инструмента промышленного робота
4	Исследование видов управления и программирования промышленного робота
5	Исследование встроенной системы управления безопасностью промышленного робота

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
6	Разработка структуры мехатронного участка розлива напитков и укладки тары с продуктом в картонные короба на базе промышленного робота
7	Разработка мехатронного участка паллетирования паков с водой 0,5 л и 1,5 л массой до 30 кг на базе промышленного робота
8	Разработка мехатронного участка паллетирования коробок массой до 20 кг на базе промышленного робота
9	Разработка мехатронного участка укладки лотков с яйцами в картонные ящики на базе промышленного робота

Практическая работа № 1. Исследование пространственно-кинематической структуры промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по работе с образцом промышленного робота.

Задание по практической работе: изучить пространственно-кинематическую структуру промышленного робота, его элементы и принцип действия.

Методические рекомендации

В соответствии с ГОСТ промышленный робот (ПР) определяется как автоматическая машина, представляющая собой совокупность манипулятора и перепрограммируемого устройства управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и оснастки.

В состав промышленного робота (ПР) входят следующие основные узлы:

- исполнительное устройство (ИУ) – устройство ПР, выполняющее все его двигательные функции;

- рабочий орган (РО) – составная часть ИУ промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций и(или) вспомогательных переходов. Примерами РО служат клещи, клеевой пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство (РО робота, предназначенный для взятия и удержания объекта рабочей среды);

- устройство управления (УУ) – устройство ПР для формирования и выдачи управляющих воздействий в соответствии с управляющей программой. Исполнительное устройство и устройство управления могут быть структурированы самостоятельно.

Исполнительный механизм (ИМ) – механическая часть ИУ робота, реализующая двигательную функцию. Он представляет собой систему твердых и упругих тел, соединенных между собой различными видами связей. Твердые тела, входящие в состав ИУ и являющиеся его функциональными элементами, называют звеньями. Конструктивно звено ИМ может состоять из нескольких деталей, не имеющих между собой относительного движения.

Звено, принимаемое за неподвижное, называют основанием (стойкой). Звено, которому сообщают движение, преобразуемое ИМ в требуемые движе-

ния других звеньев, называют входным. Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен ИМ, называют выходным (конечным, последним). Максимальное число входных звеньев равно числу степеней подвижности ИМ. Звенья, находящиеся между входным и выходным звеньями, называют промежуточными. Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение, называют кинематической парой.

Совокупность поверхностей, линий и точек звена, входящих в соприкосновение (контакт) с другим звеном пары, называют элементом пары. Для того чтобы элементы пары находились в постоянном соприкосновении, пара должна быть замкнута геометрическим (за счет конструктивной формы звеньев) или силовым (силой тяжести, пружиной, силой давления жидкости или газа и т. п.) способом.

При рассмотрении непосредственно механики современных ПР за перемещение осей отвечают серводвигатели. Движение ПР выполняется посредством направленного регулирования серводвигателей. Они соединены через редукторы с отдельными компонентами манипулятора.

Компоненты механики робота преимущественно изготовлены из алюминиевого и стального литья. В отдельных случаях также применяются компоненты из углеродного волокна.

Задание для самостоятельного выполнения

- 1) Изучить устройство и принцип работы промышленного робота.
- 2) Выделить основные узлы и сформулировать их назначение.
- 3) Выполнить эскиз кинематической схемы ПР, используя условные обозначения звеньев.
- 4) На кинематической схеме указать направления вращения звеньев с рабочим диапазоном в градусах.
- 5) Подготовить отчет.
- 6) Сформулировать выводы по практической работе.

Вопросы для контроля

1. Какие основные параметры характеризуют электроприводы промышленных роботов и мехатронных систем?
2. Приведите примерные зависимости предельных значений мощности и момента на валу электродвигателя от скорости.
3. Поясните сущность комбинированного принципа управления электроприводом роботов и мехатронных систем.
4. Какие функции выполняет рабочая среда в пневмоприводе?
5. На чем основан мультипликационный эффект объемного гидропривода?

Практическая работа № 2. Ввод промышленного робота в эксплуатацию и его первичная юстировка.

Цель: получение практических умений и навыков по вводу в эксплуатацию промышленного робота и его первичной механической юстировке.

Задание по практической работе: изучить порядок ввода промышленно-

го работа в эксплуатацию и под контролем преподавателя выполнить подготовительные действия по его первичной механической юстировке.

Методические рекомендации

Промышленный робот можно оптимально использовать только в том случае, если он полностью и верно отъюстирован. Только в этом случае обеспечивается полная точность прохождения точек и траектории и вообще возможны запрограммированные перемещения. При юстировке каждой оси робота присваивается отсчетное значение. Полный процесс юстировки включает в себя юстировку каждой отдельной оси. С помощью встроенного технического вспомогательного средства (EMD – электронное наладочное устройство) каждой оси в механическом нулевом положении присваивается отсчетное значение (например, 0°). Поскольку таким образом механические и электрические положения осей приводятся в соответствие, каждая ось получает однозначное значение угла. Положение юстировки является сходным для всех роботов, но все же не одинаковым. Даже отдельные роботы одного типа могут иметь некоторые различия в точности положения.

В целом, робот всегда должен быть отъюстирован. Юстировку следует выполнить в следующих случаях:

- при вводе в эксплуатацию;
- после проведения профилактических мероприятий на компонентах, которые задействованы в определении значения положения (например, двигатель с синусно-косинусным преобразователем);
- если оси робота перемещались без системы управления, например, с помощью устройства свободного вращения;
- после механических ремонтных работ/неисправностей сначала следует деюстировать робот перед тем, как можно будет провести юстировку. Это осуществляется в таких случаях: после замены редуктора; после перемещения до концевого упора со скоростью более 250 мм/с; после столкновения и т. д.

При неотъюстированных осях робота его функции значительно ограничены:

- программный режим невозможен: невозможно обработать запрограммированные точки;
- линейное перемещение вручную невозможно: перемещения в системах координат невозможны;
- программные концевые выключатели деактивированы.

При деюстированном роботе программные концевые выключатели деактивированы. Робот может дойти до резиновых амортизаторов на концевых упорах, что может вызвать его повреждение, а амортизаторы придется заменить. Деюстированный робот по возможности не перемещать или в максимально возможной степени уменьшить ручную коррекцию.

В процессе юстировки определяется механическая нулевая точка оси. При этом ось перемещается до тех пор, пока не будет достигнута механическая нулевая точка. Это верно, когда измерительный штифт достиг самой нижней точки в измерительной насечке. Поэтому каждая ось оснащена юстировочным патроном и юстировочной меткой.

Задание для выполнения:

Все действия выполнять строго под руководством и контролем преподавателя. Изучить и записать действия оператора при юстировке промышленного робота.

Привести робот в предъюстировочное положение.

В главном меню выбрать пункт «Ввод в эксплуатацию» > «Юстировка» > «EMD» > «С коррекцией нагрузки» > «Первичная юстировка». Откроется окно. Будут показаны все юстируемые оси. Выделена ось с самым низким номером.

Снять с оси, выделенной в окне, защитную крышку измерительного патрона. Повернутое устройство EMD может служить в качестве отвертки. Навинтить устройство EMD на измерительный патрон.

После этого подсоединить измерительный провод к устройству EMD и подключить его к разъему «Юстировка» на коробке выводов робота.

Всегда привинчивать устройство EMD к измерительному патрону без измерительного провода. Только после этого подключить измерительный провод к устройству EMD. Иначе возможно повреждение измерительного провода. Точно так же при демонтаже устройства EMD сначала следует снять измерительный провод с устройства EMD. Только после этого снять устройство EMD с измерительного патрона. После выполнения юстировки отсоединить измерительный провод от разъема. В противном случае это может привести к помехам.

Нажать кнопку «Юстировка». Нажать и удерживать нажатым переключатель подтверждения в среднем положении; нажать и удерживать нажатой клавишу запуска. Когда устройство EMD пройдет самую нижнюю точку измерительной насечки, положение юстировки будет достигнуто. Робот автоматически остановится. Значения сохраняются в памяти. Ось в окне будет затемнена.

Отсоединить измерительный провод от устройства EMD. Затем снять устройство EMD с измерительного патрона и снова установить защитную крышку. Повторить шаги 2–5 для всех юстируемых осей. Закрыть окно. Отсоединить измерительный провод от разъема.

Вопросы для контроля

1. Для чего выполняется юстировка промышленного робота?
2. В чем заключается принцип работы приспособления EMD?
3. Что следует учитывать в случае с деюстированным промышленным роботом?
4. Какие опасности существуют при перемещении промышленного робота с ввинченным устройством EMD
5. После каких событий выполняется юстировка промышленного робота?

Практическая работа № 3. Проведение калибровки инструмента промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по калибровке инструмента промышленного робота.

Задание по практической работе: изучить порядок калибровки нового инструмента промышленного робота и под контролем преподавателя выпол-

нить действия по калибровке инструмента.

Методические рекомендации:

Калибровка инструмента означает, что создается система координат, начало которой находится в точке начала отсчета инструмента. Эту точку начала отсчета называют TSP (Tool Center Point), системой координат является система координат TOOL.

Калибровка инструмента также включает в себя калибровку:

- точки TSP (начало системы координат);
- ориентации системы координат

В программном интерфейсе робота может быть сохранено до 16 систем координат TOOL.

При калибровке сохраняется расстояние от системы координат TOOL (по оси X, Y и Z) до системы координат фланца, а также их поворот относительно друг друга (угол A, B и C).

Если была выполнена точная калибровка какого-либо инструмента, обслуживающий и программирующий персонал на практике получает следующие преимущества:

- улучшенное перемещение вручную;
- возможность переориентации TSP (напр., головки инструмента);
- перемещение в направлении удара инструмента;
- использование при программировании перемещения;
- запрограммированная скорость перемещения сохраняется вдоль траектории перемещения у TSP;
- возможна заданная ориентация вдоль траектории перемещения.

Калибровка инструмента состоит из 2-х шагов:

1-й шаг. Определение начала системы координат TOOL. На выбор предлагаются следующие методы: «XYZ, 4 точки»; «База отсчета XYZ».

2-й шаг. Определение ориентации системы координат TOOL.

Калибровка TSP с помощью метода «XYZ, 4 точки» проводится следующим образом.

Точку TSP калибруемого инструмента можно подвести к отсчетной точке из 4-х различных направлений. Точку начала отсчета можно выбрать произвольно. Система управления роботом рассчитывает точку TSP, исходя из различных положений фланца. Четыре положения фланца, из которых выполняется подвод к отсчетной точке, должны находиться на достаточном расстоянии друг от друга.

При использовании базы отсчета XYZ калибровка нового инструмента выполняется с использованием уже откалиброванного инструмента. Система управления роботом сравнивает положения фланца и рассчитывает TSP нового инструмента.

Задание для выполнения:

Все действия выполнять строго под руководством и контролем преподавателя.

Калибровка при методе «XYZ, 4 точки»:

Выбрать последовательность меню «Ввод в эксплуатацию» > «Калибров-

ка» > «Инструмент» > «XYZ, 4 точки».

Присвоить номер и имя калибруемому инструменту. Нажать для подтверждения кнопку ОК. (Для выбора доступны номера 1–16)

Подвести точку ТСП к отсчетной точке. Нажать для подтверждения кнопку ОК.

Подвести точку ТСП к отсчетной точке с другого направления. Нажать для подтверждения кнопку ОК.

Дважды повторить шаг 4.

Нажать кнопку «Сохранить». Калибровка выполнена.

Калибровка при методе «База отсчета XYZ»:

Условие: на установочном фланце установлен уже откалиброванный инструмент и известны данные точки ТСП.

В главном меню выбрать пункт «Ввод в эксплуатацию» > «Калибровка» > «Инструмент» > «База отсчета XYZ».

Присвоить номер и имя новому инструменту. Нажать кнопку «Далее» для подтверждения.

Ввести данные ТСП уже откалиброванного инструмента. Нажать кнопку «Далее» для подтверждения.

Подвести точку ТСП к отсчетной точке. Нажать кнопку «Калибровка». Нажать кнопку «Далее» для подтверждения.

Отвести и снять инструмент. Установить новый инструмент.

Посредством ТСП нового инструмента выполнить подвод к отсчетной точке. Нажать кнопку «Калибровка». Нажать кнопку «Далее» для подтверждения.

Нажать кнопку «Сохранить». Данные сохранятся, и окно закроется. Данные сохранятся, и откроется окно, в котором можно ввести данные полезной нагрузки.

Вопросы для контроля

1. Зачем нужна калибровка ведомого роботом инструмента?
2. Что определяется методом «XYZ. 4 точки»?
3. Расшифруйте аббревиатуру ТСП.
4. Сколькими инструментами может управлять система управления (максимальное количество)?
5. Какое условие требуется при калибровке методом «База отсчета XYZ»?

Практическая работа № 4. Исследование видов управления и программирования промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по управлению и программированию промышленного робота.

Задание по практической работе: изучить систему управления и программирования промышленного робота и под контролем преподавателя выполнить действия по выбору и запуску управляющей программы.

Методические рекомендации:

Механика робота приводится в движение серводвигателями, которыми управляет система управления. Система управления роботом (планирование

траектории) обеспечивает:

- управление шестью осями робота, а также дополнительными внешними осями числом до двух;
- управление технологическим процессом на базе встроенного программируемого контроллера;
- управление контурами безопасности;
- управление перемещением выходного звена.

Возможности связи через системы шин (например, ProfiNet, Ethernet IP, Interbus): программируемые системы управления (ПЛК); дополнительные системы управления; датчики и исполнительные элементы.

Возможности связи по сети: управляющий компьютер; дополнительные системы управления.

Управление роботом осуществляется посредством ручного пульта управления.

Отличительные особенности ручного пульта:

- сенсорный экран (чувствительная к касаниям панель управления);
- большой крупноформатный экран;
- кнопка вызова меню;
- восемь клавиш перемещения;
- клавиши для управления технологическими пакетами;
- клавиши для выполнения программы (останов/назад/вперед);
- клавиша для вывода на экран клавиатуры;
- замочный выключатель для смены режима работы;
- кнопка аварийного останова.

Посредством программирования робота обеспечивается возможность автоматической обработки процедур и процессов перемещений. Для этого системе управления требуется большое количество информации:

- положение робота;
- положение инструмента в пространстве;
- вид перемещения;
- скорость/ускорение;
- сигнальная информация для условий ожидания, переходов, зависимостей и т. д.

Для программирования робота можно использовать различные методы программирования:

- интерактивное программирование с помощью метода обучения
- автономное программирование;
- графическое интерактивное программирование;
- текстовое программирование.

Ручное перемещение осей возможно только в режиме Teach. Для обеспечения безопасности оператора при программировании и отладке программ в режиме Teach действует ограничение скорости движения робота – не выше 250 мм/сек. Скорость перемещения в % задается на верхней панели. Остальные настройки можно задать в окне настроек ручного перемещения.

При перемещении по шагам ось совершает движение в указанном направлении на расстояние выбранного шага, после чего останавливается. Пе-

ремещение по шагам удобно, когда необходимо очень точное позиционирование, например, при юстировке или калибровке. Когда выбрано перемещение по шагам, над кнопками ручного перемещения указывается заданный размер шага.

Задание для выполнения

Перейти в окно «Задачи» из главного меню, нажать на кнопку «Программа» в блоке «Главная программа». Затем в открывшемся окне выбрать требуемый файл и нажать кнопку «Выбрать» на нижней панели экрана.

Нажать на кнопку «Программа» на верхней панели экрана. Затем в открывшемся окне выбрать требуемый файл и нажать кнопку «Запустить» на нижней панели экрана. В Проводнике выделить требуемую программу и нажать на кнопку «Запустить» на нижней панели экрана.

В открытом программном редакторе нажать на кнопку «Отладка», в выпадающем списке выбрать кнопку «Добавить задачу». В открывшемся оповещении выбрать вариант «Главная задача».

Для того чтобы запустить программу, необходимо:

1. Убедиться, что в пределах рабочей зоны нет людей или посторонних предметов.
2. Убедиться, что в системе нет некваитированных ошибок.
3. Выбрать с помощью переключателя режимов режим «Teach».
4. Открыть программу.
5. Выбрать скорость.
6. При использовании платы безопасности нажать и удерживать в среднем положении кнопку подтверждения ручного управления для включения приводов.
7. Включить приводы на верхней панели экрана. Убедиться, что загорелся индикатор «Привода включены».
8. Нажать и удерживать кнопку «Пуск».
9. Наблюдать за выполнением роботом выбранной программы.

Вопросы для контроля

1. Как называется техническое средство, передающее управляющие сигналы на сервоприводы и дополнительные устройства промышленных роботов?
2. Какое количество дополнительных устройств, которые могут управляться промышленным роботом?
3. По каким каналам (видам связи) может быть осуществлена связь с программируемыми системами управления (ПЛК), с дополнительными системами управления, а также с датчиками и исполнительными элементами?
4. Отличительные особенности ручного пульта управления.
5. Расположение кнопок управления перемещениями на ручном пульте.

Практическая работа № 5. Исследование встроенной системы управления безопасностью промышленного робота.

Цель: получить практические навыки по работе со встроенной системой безопасности промышленного робота.

Задание по практической работе: изучить последовательность подготов-

ки и выполнить подготовку к безопасному запуску программы промышленного робота.

Методические рекомендации

Система робота всегда должна быть оснащена соответствующими предохранительными устройствами. К ним относятся разъединяющие защитные устройства (ограждения, дверцы и т. д.), кнопки аварийного останова, переключатели безопасности, ограничители области осей и т. д.

Система безопасности промышленного робота содержит следующие основные компоненты:

- защитное ограждение;
- механические концевые упоры или ограничители области осей 1, 2 и 3;
- защитная дверь с дверным контактом для контроля функции закрывания;
- кнопка аварийного останова (внешняя);
- кнопка аварийного останова на ручном пульте;
- клавиша подтверждения
- замочный выключатель;
- программная система управления безопасностью.

Промышленный робот оснащен кнопкой аварийного останова. Данную кнопку необходимо нажимать в опасной или аварийной ситуации. Реакция промышленного робота при нажатии кнопки аварийного останова: манипулятор и дополнительные оси (опция) переключаются в режим безопасного останова 1. Для продолжения работы следует деблокировать кнопку аварийного останова посредством вращения и квитировать появившееся после этого сообщение.

Если от инструментов или других устройств, соединенных с манипулятором, может исходить опасность, необходимо интегрировать их в контур аварийного останова на установке. Несоблюдение данного предупреждения может привести к гибели людей, тяжелым травмам или значительному материальному ущербу.

Следует установить не менее одного внешнего устройства аварийного останова. В этом случае устройство аварийного останова доступно даже при отключенном устройстве.

На каждой станции управления, которая может выполнить перемещение робота или создать другую опасную ситуацию, должны быть установлены устройства аварийного останова. За это несет ответственность системный интегратор. Следует установить не менее одного внешнего устройства аварийного останова. В этом случае устройство аварийного останова доступно даже при отключенном устройстве КСР.

Внешние устройства аварийного останова подключаются через интерфейс пользователя. Внешние устройства аварийного останова не входят в комплект поставки промышленного робота.

Сигнал защиты оператора служит для блокировки разделительных защитных приспособлений, таких как защитные двери. Без этого сигнала невозможен автоматический режим работы. При потере сигнала во время работы в автоматическом режиме (например, при открытии защитных дверей) манипуля-

тор переключается в режим безопасного останова 1.

В режимах ручного тестирования «Вручную, пониженная скорость» и «Вручную, высокая скорость» система защиты оператора не действует.

После потери сигнала запрещается продолжать работу в автоматическом режиме только посредством закрытия защитного приспособления; помимо этого, требуется квитирование. Об этом должен позаботиться системный интегратор. Это предотвращает возобновление работы в автоматическом режиме по неосторожности, когда в опасной зоне находятся люди, например, при закрытии защитной двери.

Квитирование должно быть организовано таким образом, чтобы предварительно проводилась фактическая проверка опасной зоны. Квитирование, которое не позволяет этого (например, из-за того, что оно автоматически следует за закрытием защитного устройства), является недопустимым. Несоблюдение данного предупреждения может привести к гибели людей, тяжелым травмам или значительному материальному ущербу.

Безопасный рабочий останов также можно выполнить с помощью входа в пользовательском интерфейсе. Это состояние будет поддерживаться до тех пор, пока внешний сигнал будет находиться в состоянии FALSE. Как только внешний сигнал переключится в состояние TRUE, можно будет снова перемещать манипулятор. Квитирование не требуется.

Задание для выполнения:

1. Убедиться в том, что в пределах рабочей зоны нет людей или посторонних предметов.
2. Убедиться, что в системе нет неквитированных ошибок.
3. Убедиться, что дверь защитного ограждения закрыта.
4. Убедиться в правильном положении ключа в замочном переключателе на ручном пульте.
5. Открыть программу.
6. Выбрать скорость.
7. Нажать кнопку квитирования защиты оператора.
8. Включить приводы на верхней панели экрана.
9. Убедиться, что загорелся индикатор «Привода вкл».

Контрольные вопросы

1. Какие способы обеспечения защиты используются для безопасной работы промышленного робота?
2. Как выполнить безопасный рабочий останов?
3. К чему приводит нажатие кнопки аварийного останова?
4. Что означают цветовые сигналы светового сигнального устройства?
5. Кто несет ответственность за наличие устройств аварийного останова?

Практическая работа № 6. Разработка структуры мехатронного участка розлива напитков и укладки тары с продуктом в картонные коробки на базе промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке функци-

ональной структуры, машинно-аппаратурной схемы, схемы информационных связей и обобщенного алгоритма работы мехатронного участка пищевой линии с применением промышленного робота.

Задание по практической работе: составить функциональную структуру, разработать машино-аппаратную схему, схему информационных связей и алгоритм работы мехатронного участка розлива напитков и укладки тары с продуктом в картонные коробки, показанного на рисунке 1.

Методические рекомендации:

Пустые ПЭТ кеги устанавливаются на приводной конвейер-накопитель. Плоские заготовки картонных коробов загружаются в магазин формирователя. Внутри формирователя происходит формирование коробов, закрытие клапанов дна и его проклейка скотчем. На сформированный короб наносится этикетка. Промышленный робот выполняет следующий цикл:

- берет с конвейера пустую ПЭТ кегу;
- перемещает ее и устанавливает в одно из трех свободных сопел наливной установки;
- берет заполненную ПЭТ кегу массой до 20кг;
- подносит заполненную кегу к омывателю крышки;
- устанавливает заполненную ПЭТ кегу в короб.

Далее коробка с ПЭТ кегами двигаются по конвейеру в заклейщик. Внутри заклейщика производится автоматическое заклеивание верха короба. После заклейки короб с кегой продолжает движение по конвейеру на участок паллетирования. На участке паллетирования заклеенные коробки устанавливаются на поддон в два ряда по высоте согласно схеме укладки.

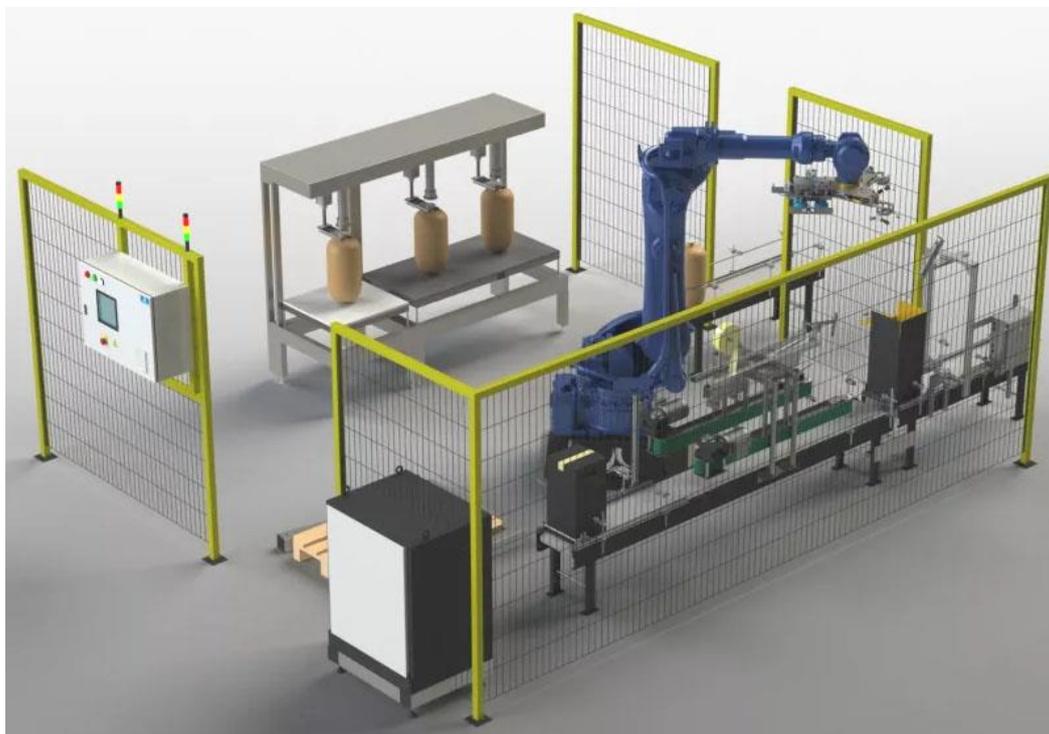


Рисунок 1 – Общий вид мехатронного участка розлива напитков и упаковки в короба на базе промышленного робота

Задание для самостоятельного выполнения

1. Для указанного общего вида и описания мехатронного участка пищевой линии составить функциональную структуру.
2. Разработать машино-аппаратную схему мехатронного участка.
3. Разработать схему информационных связей мехатронного участка.
4. Составить обобщенный алгоритм управления мехатронным участком.
5. Составить схему управления безопасностью промышленного робота для данного мехатронного участка.
5. Оформить отчет по практической работе.

Вопросы для контроля

1. Как производится выбор регулирующей и направляющей пневмоаппаратуры?
2. Для чего служит распределитель?
3. Чем осуществляется регулирование давления в системе?
4. Какие способы регулирования скорости рабочего органа существуют?
5. Перечислите особенности пневматического привода, его достоинства и недостатки.

Практическая работа № 7. Разработка мехатронного участка паллетирования паков с водой 0,5 л и 1,5 л массой до 30 кг на базе промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке функциональной структуры, машинно-аппаратурной схемы, схемы информационных связей и обобщенного алгоритма работы мехатронного участка пищевой линии с применением промышленного робота.

Задание по практической работе: составить функциональную структуру, разработать машино-аппаратную схему, схему информационных связей и алгоритм работы мехатронного участка паллетирования паков с водой 0,5 л и 1,5 л массой до 30 кг на базе промышленного робота, показанного на рисунке 2.

Методические рекомендации:

Оператор загружает стопку в магазин паллет, которые автоматически дозируются и подаются в зону промышленного робота. Магазин прокладок из гофрокартона заполняется оператором. Готовые паки с водой подаются с одной из двух производственных линий.

Система управления РТК осуществляет управление конвейером, по которому паки поступают в зону паллетирования. Формируется стек из 3-х паков. По сигналу с датчика наличия 3-х паков робот с помощью механического захвата с пневматическим приводом берет и укладывает паки на паллет. Между слоями промышленный робот кладет прокладку из гофрокартона.

Робот осуществляет укладку паков на одну паллету до полного ее заполнения, а затем продолжает укладку на вторую паллету. Заполненная паллета перемещается по конвейеру и подается в паллетообмотчик. Затем готовая паллета снимается с конвейера погрузчиком и перемещается на склад.



Рисунок 2 – Общий вид мехатронного участка паллетизации паков с водой 0,5 л и 1,5 л массой до 30 кг на базе промышленного робота

Задание для самостоятельного выполнения

1. Для указанного общего вида и описания мехатронного участка пищевой линии составить функциональную структуру.
2. Разработать машино-аппаратную схему мехатронного участка.
3. Разработать схему информационных связей мехатронного участка.
4. Составить обобщенный алгоритм управления мехатронным участком.
5. Составить схему управления безопасностью промышленного робота для данного мехатронного участка.
5. Оформить отчет по практической работе.

Вопросы для контроля

1. В чем состоит принципиальное отличие промышленного робота от манипулятора?
2. Привести примеры рабочих органов ПР.
3. Дать определение цикловой, позиционной, контурной и адаптивной системам управления ПР.
4. Привести примеры применения ПР с различными системами управления при загрузке линий.
5. Что дает использование робота с адаптивной системой управления?

Практическая работа № 8. Разработка мехатронного участка паллетирования коробок массой до 20 кг на базе промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке функциональной структуры, машинно-аппаратной схемы, схемы информационных связей и обобщенного алгоритма работы мехатронного участка пищевой линии с применением промышленного робота.

Задание по практической работе: составить функциональную структуру, разработать машино-аппаратную схему, схему информационных связей и алгоритм работы мехатронного участка паллетирования коробок массой до 20 кг на

базе промышленного робота, показанного на рисунке 3.

Методические рекомендации

Паллетирование осуществляется согласно заданной схеме укладки на стандартный европоддон. Роботизированный комплекс имеет две зоны паллетирования, что позволяет производить смену заполненной паллеты на пустую без остановки комплекса. Робот осуществляет укладку коробок на поддон в одной зоне паллетирования до полного заполнения поддона, а затем продолжает укладку во второй зоне. При этом, во время работы робота в одной зоне паллетирования, оператор с помощью погрузчика осуществляет смену заполненного поддона на пустой.

Система управления роботизированным комплексом осуществляет управление конвейером, по которому коробки поступают в зону паллетирования. По сигналу с датчика наличия коробки робот с помощью механического захвата с пневматическим приводом берет и укладывает коробку на паллет согласно схеме паллетирования.

Роботизированный комплекс оборудован системой безопасности, обеспечивающей соблюдение всех норм техники безопасности при эксплуатации РТК. В состав системы безопасности входит комплект защитных ограждений, световая индикация, кнопки аварийной остановки, а также два световых барьера. При пересечении плоскости светового барьера в зоне паллетирования, в которой осуществляется укладка коробов промышленным роботом, робот и прочее оборудование останавливаются для исключения возможности нанесения травм обслуживающему персоналу быстро движущимися элементами робота и оборудования, установленного на нем.



Рисунок 3 – Общий вид мехатронного участка паллетирования коробок массой до 20 кг на базе промышленного робота

Задание для самостоятельного выполнения

1. Для указанного общего вида и описания мехатронного участка пищевой линии составить функциональную структуру.
2. Разработать машино-аппаратную схему мехатронного участка.
3. Разработать схему информационных связей мехатронного участка.
4. Составить обобщенный алгоритм управления мехатронным участком.
5. Составить схему управления безопасностью промышленного робота для данного мехатронного участка.
5. Оформить отчет по практической работе.

Вопросы для контроля

1. Как классифицируются РТК по количеству обслуживаемого оборудования?
2. К какому типу относится РТК, в котором кроме вспомогательных выполняются технологические операции?
3. Указать принципиальные отличия групповых и многопозиционных РТК.
4. Чем роботизированная технологическая линия отличается от роботизированного технологического участка?
5. Охарактеризовать различные виды планировочных схем РТК.

Практическая работа № 9. Разработка мехатронного участка укладки лотков с яйцами в картонные ящики на базе промышленного робота.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке функциональной структуры, машинно-аппаратурной схемы, схемы информационных связей и обобщенного алгоритма работы мехатронного участка пищевой линии с применением промышленного робота.

Задание по практической работе: составить функциональную структуру, разработать машино-аппаратную схему, схему информационных связей и алгоритм работы мехатронного участка укладки лотков с яйцами в картонные ящики на базе промышленного робота, показанного на рисунке 4.

Методические рекомендации:

На птицефабрике необходимо установить мехатронный участок укладки лотков с яйцами в картонные ящики. Плоские заготовки картонных коробов загружаются в магазин формователя. Внутри происходит формирование короба, закрытие клапанов дна и его проклейка скотчем. На сформированный короб наносится этикетка с 2-х сторон с помощью автоматических аппликаторов. Группа автоматических аппликаторов обеспечивает различную маркировку для каждой линии индивидуально. После нанесения маркировки 2D-сканер обеспечивает контроль ее читаемости с последующей отбраковкой пневматическим сталкивателем. На выходе конвейера короб поворачивается на 90 градусов и передается на следующий конвейер, который распределяет (устанавливает) короб в нужную позицию по датчикам контроля (наличия).

По готовности одного из 4-х роботов гофрокороб перемещается на соответствующий конвейер, в позицию для укладки пачек (лотков). Промышленный

робот выполняет укладку пачек (лотков) в соответствии со схемой укладки. Заполненный короб перемещается на общий конвейер для транспортировки его в зону паллетирования. Далее короба с пачками (лотками) двигаются по конвейеру в заклейщик. Внутри заклейщика производится автоматическое заклеивание верха короба.

На участке отбраковки пачка с яйцами перемещается по конвейеру. В зоне работы от браковщика 2D-сканер обеспечивает контроль читаемости маркировки. Датчик контроля уровня обеспечивает контроль закрытой упаковки. При невозможности считывания маркировки или открытой пачке, пневматический сталкиватель обеспечивает перемещение упаковки на наклонный конвейер отбраковки. Конвейер отбраковки обеспечивает перемещение пачки на стол отбраковки для ручной сортировки.



Рисунок 4 – Общий вид мехатронного участка укладки лотков с яйцами в картонные ящики на базе промышленного робота

Задание для самостоятельного выполнения

1. Для указанного общего вида и описания мехатронного участка пищевой линии составить функциональную структуру.
2. Разработать машино-аппаратную схему мехатронного участка.
3. Разработать схему информационных связей мехатронного участка.
4. Составить обобщенный алгоритм управления мехатронным участком.
5. Составить схему управления безопасностью промышленного робота для данного мехатронного участка.
5. Оформить отчет по практической работе.

Вопросы для контроля

1. Перечислить основные требования к технологическим процессам гибкого автоматизированного производства.
2. С какой целью проводится анализ базовых технологических процессов?
3. Каковы особенности групповой технологии для гибкого автоматизированного производства?

4. Раскрыть основные принципы разработки маршрутных технологических процессов на базе промышленных роботов.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Робототехнические и мехатронные комплексы пищевых производств» направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение двух контрольных работ.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), вид шрифта – Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое 3 см, правое 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

Структура контрольной работы:

- титульный лист (приложение);
- введение;
- содержание;
- текстовая часть (каждый вопрос начинать с нового листа);
- выводы;
- список используемой литературы (оформляется в соответствии с ГОСТ 7.001-2003, ГОСТ 7.82-2001).

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 15 листов формата А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;
- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Задание по контрольной работе направлено на формирование навыков владения методикой расчета мехатронных пневмоавтоматических систем и предусматривает решение двух задач.

Положительная оценка «зачтено» выставляется при решении двух задач, если расчёты проведены верно, составлены правильные схемы, или получены неверные схемы из-за ошибок в обозначении, но при этом имеется верная по-

следовательность всех шагов решения.

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

Задание по контрольной работе № 1 предусматривает ответ на два вопроса, что позволяет расширить теоретические знания об особенностях построения и эксплуатации робототехнических и мехатронных комплексов пищевых производств.

Положительная оценка «зачтено» выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Типовые вопросы для выполнения контрольной работы № 1 приведены ниже:

1. Три основных направления развития мехатронных систем: интеграция, интеллектуализация и миниатюризация. Их взаимосвязь. Принципы мехатроники.

2. Методы построения современных мехатронных устройств. Функциональные модули мехатронных систем: модули движения, измерительно-информационные модули, модули систем управления.

3. Структурные и функциональные схемы мехатронных модулей движения. Основные элементы интеллектуальных мехатронных модулей. Основное отличие (особенность) интеллектуальных мехатронных модулей движения.

4. Измерительно-информационные модули: структурная схема передачи и обработки информации в мехатронных системах.

5. Модули систем управления. Иерархические уровни управления мехатронными модулями.

6. Понятие датчика и измерительного преобразователя. Структура датчика.

7. Основные характеристики датчиков: точность, чувствительность, инерционность, диапазон измерения.

8. Классификация датчиков: генераторные, аналоговые и дискретные. Сенсоры. Датчики перемещения, усилия, скорости (расхода). Импульсные датчики.

9. Потенциометрический датчик: назначение, схема, основные характеристики.

10. Индуктивные датчики перемещения: виды, схемы, основные характеристики.

11. Тензометрические датчики: схемы, основные характеристики. Электропривод мехатронной системы: состав, принципы работы.

12. Виды электрических мини- и микродвигателей для мехатронных систем: преимущества и недостатки, основные характеристики.

13. Автоматизированные электрические приводы, виды управления электроприводами.

14. Понятие пневматической системы. Преимущества и недостатки пневматического приводов перед электроприводом.
15. Лазерные системы контроля перемещения, положения объекта.
16. Виды рычажных механизмов. Математическое описание простейших рычажных механизмов.
17. Понятие кривошипа, шатуна, кулисы, коромысла. Понятие степени подвижности, класса механизма, его маневренности.
18. Понятие редуктора. Их виды. Передаточное число редуктора. Передаточные механизмы.
19. Понятие робота и манипулятора. Точностной расчёт манипулятора.
20. Понятие робота и манипулятора. Расчёт удерживающих усилий схвата робота.
21. Разработка принципиальной Пневматической схемы пневмопривода. Расчёт пневмопривода.
22. Шаговые электродвигатели, вентильно-индукторных двигатели.
23. Классификация роботов по видам систем координат.
24. Виды систем управления роботами. Современные технологии дистанционно управления мехатронными системами.
25. Алгоритм конструирования и программирования типовых робототехнических устройств.
26. Техника безопасности при сборке и программирование мехатронных систем.
27. Основные отечественные и зарубежные производители мехатронной техники и промышленных роботов.
28. Основные направления дальнейшего развития мехатроники и робототехники в пищевой промышленности.

Задание по контрольной работе № 2 предусматривает решение двух теоретических задач, что позволяет расширить знания об особенностях расчета механики робототехнических и мехатронных комплексов пищевых производств.

Положительная оценка «зачтено» выставляется при решении двух задач, если кинематические расчёты составлены верно, получены правильные ответы, правильно составлены схемы, или имеются незначительные ошибки, но при этом имеется верная последовательность всех шагов решения.

Типовые задачи для выполнения контрольной работы № 2 приведены ниже:

Задача 1. Составить формулу устройства манипулятора. Кинематическая схема манипулятора представлена на рисунке 5.

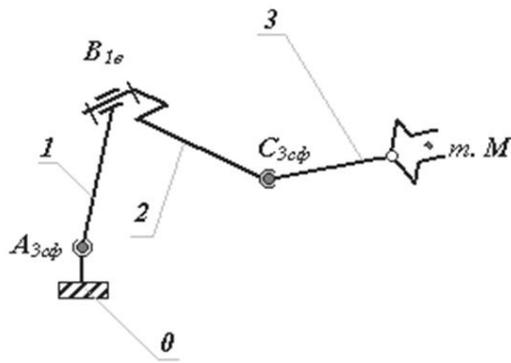


Рисунок 5 – Кинематическая схема манипулятора

Задача 2. Найти решение обратной задачи кинематики по заданным параметрам и представленной кинематической схеме (рисунок 6). $L_1 = 20$ м., $L_2 = 10$ м., $x = 20$, $y = 20$.

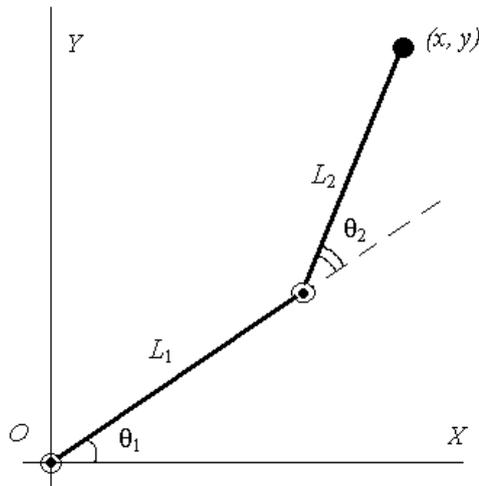


Рисунок 6 – Схема манипулятора

Задача 3. Составить кинематическую схему мехатронного устройства по данному эскизу мехатронного параллелограммного манипулятора (рисунок 7).

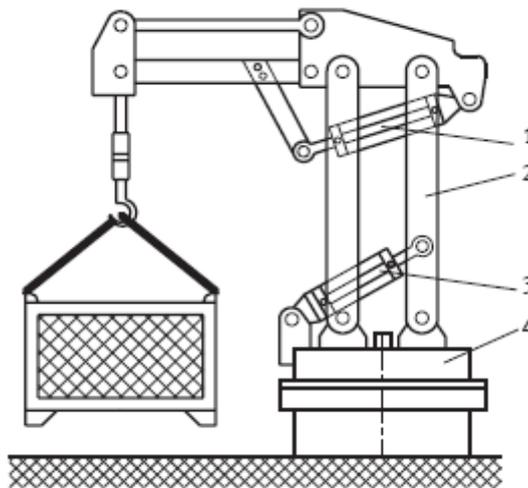


Рисунок 7 – Эскиз манипулятора мехатронного параллелограммного манипулятора:

1 – пневмоцилиндр верхней кинематической пары; 2 – рычаг нижней кинематической пары; 3 – пневмоцилиндр нижней кинематической пары; 4 – поворотный стол)

Задача 4. Выполнить реверс-инжиниринг, составить описание, таблицу обозначений и алгоритм работы мехатронного наполнителя бутылок по его эскизу (рисунок 8).

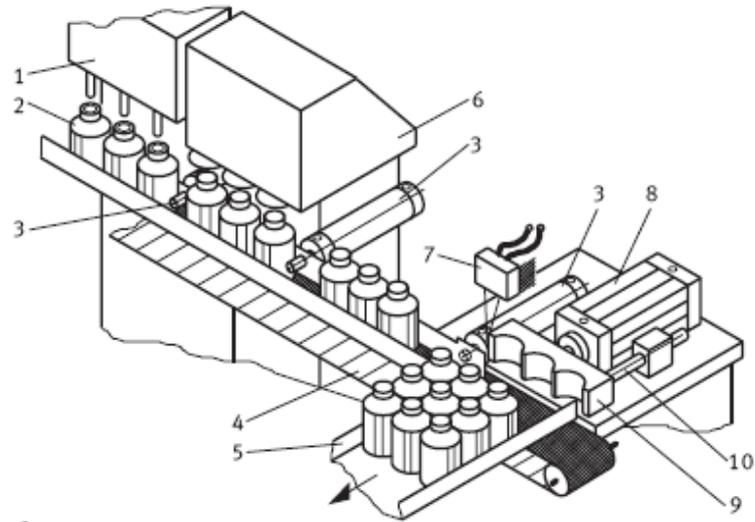


Рисунок 8 – Эскиз мехатронного наполнителя бутылок

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебник для вузов / М. В. Архипов, М. В. Варганов, Р. С. Мищенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 170 с.
2. Титенок, А. В. Основы робототехники: учеб. пособие / А. В. Титенок. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 236 с.
3. Соловьёв, В. В. Основы робототехники и области её применения: учеб. пособие / В. В. Соловьёв, Л. О. Лауденшлегер. – Ухта: УГТУ, 2022. – 149 с.
4. Феофанов, А.Н. Техническое обслуживание, ремонт и испытание мехатронных систем: учебник / А. Н. Феофанов, Т. Г. Гришина. – Москва: Академия, 2018. – 302 с.
5. Нагорный, В. С. Гидравлические и пневматические системы: учеб. пособие / В. С. Нагорный. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 444 с.
6. Дорошенко, В. А. Объемный гидро- и пневмопривод: учеб. пособие / В. А. Дорошенко. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 196 с.
6. Макаров, В. А. Пневматические и гидравлические мехатронные системы: учеб. пособие / В. А. Макаров, Ф. А. Королев. – Москва: РТУ МИРЭА, 2021. – 71 с.
7. Баржанский, Е. Е. Гидравлические и пневматические системы Т и ТТМО: учеб. пособие / Е. Е. Баржанский. – Москва: РУТ (МИИТ), 2013. – 192 с.
8. Лапшина, М. Л. Информационные технологии в мехатронике и робототехнике: учеб. пособие / М. Л. Лапшина, Д. Д. Лапшин. – Воронеж: ВГЛТУ, 2023. – 116 с.
9. Лютов, А. Г. Электромеханические и мехатронные системы: методические указания: в 2-х ч. / А. Г. Лютов, М. Б. Новоженин. – Москва: РТУ МИРЭА, 2021. – Ч. 1. – 86 с.
10. Лютов, А. Г. Электромеханические и мехатронные системы: методические указания в 2-х ч. / А. Г. Лютов, М. Б. Новоженин. – Москва: РТУ МИРЭА, 2022. – Ч. 2. – 37 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт агроинженерии и пищевых систем
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа
допущена к защите:
должность (звание), ученая степень
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа
защищена
должность (звание), ученая степень
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа

по дисциплине
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕХАТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
Шифр студента _____
Вариант № _____

Работу выполнил:
студент гр. _____
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Локальный электронный методический материал

Олег Вячеславович Агеев

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕХАТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Редактор С. Кондрашова

Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 6,6. Печ. л. 5,3.

Издательство федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1