

ББК 32.816я73

П 44

Подвигалкин В. Я.

П 44 Робот в технологическом модуле: Монография. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 140 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-2979-0

В монографии рассматриваются механико-математические подходы в проектировании робототехники как средства технологического совершенства в промышленном производстве. Излагаются основополагающие принципы конструирования: технологичность, инвариантность, интегральность. Показаны практические конструкции основных узлов составляющих робот на примере производства протяжённых конструктивов. В развитии робототехники указаны примеры направлений технологического совершенствования и применений.

Книга предназначена для разработчиков и исследователей. Она может быть полезна студентам, обучающимся по направлениям подготовки «Мехатроника и робототехника», «Технологические машины и оборудование», «Приборостроение», ступень Магистратура; направлений подготовки «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», «Машиностроение», ступень Аспирантура, работникам машиностроительной, радиоэлектронной и метизной промышленности чёрной металлургии.

ББК 32.816я73

Рецензент

А. Ф. РЕЗЧИКОВ — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией системных проблем управления и автоматизации и машиностроения, научный руководитель Института проблем точной механики и управления РАН, член-корреспондент РАН.

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2019

© В. Я. Подвигалкин, 2019

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2019

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АТК – автоматизированный технологический комплекс
АМС – автоматическая манипуляционная система
АП – автоматизированное производство
АСУ – автоматизированная система управления
АСУТП – автоматизированная система управления технологического производства
ВС – волочильная машина (стан)
ВПК – военно-промышленный комплекс
DG – дешифратор
ИМС – интегральная манипуляционная система
ИТСУ – информационно-технологическая система управления
ИАСУ – интегрированная автоматизированная система управления
М – исполнительный механизм
ПВС – протяжённый волоконный световод
ППП – протяжённая гладкая проволока
ПРП – протяжённая рифлёная проволока
ПУ – пульт управления
УУ – уровень управления
ФМ – формование мотка
ЭМС – электромагнитная совместимость
ТМ – технологический модуль
СМЗ – Саратовский метизный завод
САЗ – Саратовский авиационный завод
НИТИ – Научно-исследовательский технологический институт
СГТУ – Саратовский государственный технический университет

ПРЕДИСЛОВИЕ

Промышленное производство в настоящее время развивается слабо. Одним из способов повышения эффективности производств является применение и освоение скоростной модульной обработки продукции. Однако эффект при этом будет достигнут лишь в том случае, если одновременно сокращается вспомогательное ручное время и повышается коэффициент использования штатного оборудования. Необходимо разрабатывать и использовать роботы и отказываться от ручного труда.

Робототехника находит всё более широкое применение в различных областях науки и техники.

Автор ставил своей целью при написании книги с единых конкретных позиций изложить некоторый комплекс сведений, относящихся к фундаментальным основам, практическим вопросам проектирования и применения робототехники: основополагающие принципы конструирования и технологического применения в конкретных промышленных производствах, применяемой элементной базы и технических средств, с поддержкой аналитической математики, способов построения и функционирования систем управления. Необходимость написания книги обусловлена отсутствием в отечественной и зарубежной литературе работ, охватывающих весь круг указанных вопросов.

В книге на примере сталепроволочного производства, где наиболее слабо механизированы вспомогательные операции увязки готовой проволоки и её транспортировки в мотках в места временного хранения готовой продукции показаны возможности автоматизации и управления промышленным производством. Внедрение на этих операциях робототехнических устройств, обладающих широкой наукоёмкостью, является важным резервом повышения производительности труда и культуры производства.

В первой главе книги представлен анализ направлений создания средств автоматизации производства протяжённых конструктивов, отражает основные направления, определяющие тенденцию развития и особенности производств, обоснование необходимости интегральной автоматизации.

Во второй главе формулируется концепция построения разрабатываемых средств автоматизации; излагаются научно-методические основы обеспечения разработок средств автоматизации протяжённых конструктивов; представлена конструкция организации

модульного предприятия на основе системы аналитических показателей, базирующихся на фундаментальных принципах.

Третья глава посвящена организации управления производством в роботизированном технологическом модуле, включая его мониторинг и программное обеспечение.

В четвёртой главе: анализ средств автоматизации; механико-математические модели реализации конструкции робота; примеры сложных ключевых исполнительных устройств; приводится технико-экономическая эффективность автоматизированного технологического комплекса модульного производства.

Пятая глава очерчивает перспективу применения наукоёмких достижений робототехнических средств в машиностроении, в частности самолётостроении, когда необходим строгий контроль быстро протекающего технологического процесса при оформлении заклёпочных соединений элементов конструкций в пакет, в сборке элементов конструкций в пакет, радиоэлектронных миниатюрных приборов будущей элементной базы электронной техники. Показан пример применения степеней подвижности в разработке медицинской техники.

Шестая глава посвящена краткому изложению феномена сверхпластичности, позволяющему определять характеристики деформируемых сред композиционных материалов, где данные, полученные в предыдущих главах, вполне адекватно примыкают к рассмотрению задач математического моделирования, включая компьютерную математику.

В заключении книги очерчены главные достоинства применения робототехнических средств и возможности использования в будущих разработках в различных отраслях промышленного производства.

В книге имеются пробелы, которые, как я надеюсь, будут скоро заполнены, новые теоретические основы для проектирования роботов в технологических модулях уже вполне очевидны и подтверждены убедительными результатами.

Автор выражает свою глубокую благодарность всем коллегам, с кем приходилось работать над темами комплексной автоматизации в САЗ, СМЗ, НИТИ, СГТУ (Саратов).

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Перед современным обществом возникли задачи комплексной механизации и автоматизации всего хозяйства, освобождения человека от тяжёлого физического и многих аспектов умственного труда с предоставлением широких возможностей для творческой деятельности. Комплексная автоматизация с применением робототехнических средств позволит перейти к малолюдным технологиям, решить проблемы качества продукции, улучшить условия работы, решить проблему интеллектуальных производств.

На примере опасного и вредного производства, коим является производство протяжённых конструктивов в виде стальной проволоки, мы и рассмотрим решение проблемы комплексной автоматизации.

Производство протяжённых конструктивов в виде проволоки, волоконных световодов, кабелей, тросов и тому подобных требует применения автоматизированных технологических комплексов (АТК), или, как говорят в настоящее время, модулей. Современный этап автоматизированных технологических комплексов промышленного производства характеризуется переходом к интегрированным автоматизированным системам управления (ИАСУ).

В настоящее время в сталепроволочном производстве, как в России, так и за рубежом, используют стационарные вспомогательные устройства, работающие в полуавтоматическом режиме непосредственно возле единичного штатного оборудования для решения частных задач механизации отдельных технологических операций. Увязка, например, стальной проволоки в мотки не делает такие механизмы универсальными и эффективными.

В сталепроволочном производстве наиболее слабо автоматизированы вспомогательные операции увязки и транспортировки готовой продукции к месту временного хранения. Операции увязки мотка готовой проволоки в трёх местах (поочерёдно) с креплением маркировочной бирки и доставку мотка к месту временного хранения рабочий выполняет вручную по мере заполнения устройства непрерывного съёма очередной порцией пряжей проволоки и вручную транспортирует к месту временного хранения.

При создании динамической автоматической манипуляционной системы (АМС) – робота – недостаточно обосновано освещены критерии достижения высокого уровня техники машиностроения и недостаточно аргументированы основополагающие принципы конструирования такой техники вообще и для использования в производстве протяжённых конструктивов в частности.

Робот объединяет всю систему управления от модульных участков производства до автоматизированной системы управления технологическим производством (АСУТП), базирующихся на применении средств автоматизации и вычислительной техники на протяжении всего технологического цикла. Таким путём можно ликвидировать отставание в 3,7 раза, метизного в частности, производства в России от ведущих фирм Европы: Германии, Франции, Англии и др.

С позиций теории автоматического управления производственная система интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) в рассматриваемом производстве должна представлять собой совокупность сложных взаимосвязанных объектов управления. Для обеспечения согласованной работы этих объектов в автоматическом режиме может служить АСУТП. Эта система может быть сопряжена со средствами управления как модулей, так и всех уровней иерархии с помощью коммуникаций прямой и обратной связи. Проблема «гибкости» сложного и дорогостоящего оборудования АСУТП может быть решена при использовании унифицированной или групповой технологии производства изделий.

В настоящее время недостаточно хорошо изучено метизное производство, где организация технологических производств, как правило, достигается за счёт применения инерционных устройств, работающих непосредственно возле единичного штатного оборудования, то есть стационарно.

Теоретические и экспериментальные исследования и разработки И. И. Артоболевского, Н. Н. Иващенко, П. Н. Белянина, Ю. Д. Андрианова и других учёных, положения теоретической механики, методы классической динамики, а также личный опыт работы автора данной работы в промышленности послужили основой для решения всего комплекса задач темы.

Сбалансированность промышленных производств, взаимно зависимых при потреблении продукции друг друга – требование времени [1].

Проектирование базового робота, где технологические операции – подача вязальной проволоки, формовка прядей проволоки, навешивание маркировочной бирки, увязка в моток) – выполняются (наряду с другими операциями) последовательно, исключая ручной труд, причём одновременно транспортируя увязанную в моток проволоку, разработка необходимых методик, принципов, позволяющих автоматизировать технологический цикл производства протяжённых конструктивов, являются актуальной научно-технической задачей. Решению этих задач призван помочь принцип интегральности вспомогательных технологических операций, совершаемых в архитектуре робота, с

применением системы мониторинга всего технологического оборудования модуля.

Применительно к задачам конструирования изделий машиностроения протяжённые конструктивные элементы – проволочные нити, волоконные световоды, тросы, упругие стержни, оболочки и т. д.

«Конструктив – базовый элемент, соответствующий конструктивной преэссенции изделия, характеризующийся совокупностью свойств изделия, характеризующихся единством повторяемости в нём составных частей, относящихся к изделиям данной классификационной группы, и применимости новых составных частей, обусловленной его функциональным назначением».

На основе анализа научно-технической информации состояния рассматриваемого производства научно-методического обеспечения разработки средства производства протяжённых конструктивов, разработки робота на основе принципа интегральности выполнения вспомогательных технологических операций, разработки методики организации технологического процесса, включающего программное обеспечение мониторинга работоспособности инвариантных и технологичных конструкций, определены методы и средства исследований. Теоретические исследования выполнены на основе анализа особенностей определения эффективности модульного производства на основе методов математического анализа и классической динамики, а также использовании логически полной системы элементной базы электроники.

На примере сталепроволочного цеха Саратовского метизного завода (СМЗ) поставленные задачи решались с привлечением анализа характера производства, разработкой организации производства и управления, технологичности и инвариантности разрабатываемых элементов конструкций робота.

НАПРАВЛЕНИЯ В СОЗДАНИИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОТЯЖЁННЫХ КОНСТРУКТИВОВ

Необходимость построения эффективных структур автоматизированных технологических комплексов производства протяжённых конструктивов в виде проволоки, волоконных световодов, кабелей, тросов и тому подобных не получила своего развития из-за малоизученности и ограниченности используемых при проектировании задач и методов их решения [2–10]. Это даёт основание полагать, что необходимость комплексной автоматизации производства протяжённых конструктивов, в основе которой должно быть научно-методическое обеспечение конструирования и организации технологического процесса производства: методы, методики, математические модели, принципы построения архитектур объектов машиностроения в информационно-технологическом системном средстве управления, давно назрела. Такое научно-методическое обеспечение является насущной необходимостью при разработке промышленного автоматизированного оборудования для производства вообще и для производства протяжённых конструктивов сталепроволочного производства в частности.

1.1. Основные направления, определяющие тенденцию развития производства протяжённых конструктивов

В 80-х годах XX столетия Ю. Д. Андриановым и другими учёными сформулирована теоретическая формула развития производств: автоматизированный технологический процесс – используемое штатное оборудование – средства информационно-технологического управления [11–13].

В начале 90-х годов XX столетия П. Дракер предложил, что развитие производств должно развиваться по пути модульной организации технологических производств [14]. Идея модульного производства была предложена в нашей стране ещё в 1980 году В. А. Антоненко, В. Г. Гончаренко, В. Я. Подвигалкиным, которые показали возможность реализации этой идеи [15]. В это же время Б. М. Бржозовским, А. А. Игнатьевым, В. В. Мартыновым на примере устойчивого функционирования прецизионных станочных модулей, было

показано преимущество модульной схемы автоматизированного технологического производства [16].

Беляниным Б. Н. предложено ещё одно теоретическое утверждение: необходимо разрабатывать интегрированные АСУ (ИАСУ) технологических производств [17, 18].

Необходимо и важно добавить устоявшееся мнение Б. Н. Белянина (1975 г.); Ю. Д. Андрианова и др. учёных (1984 г.), что АТК с жёстким алгоритмом технологического цикла не могут быть универсальными в принципе из-за ограниченности технологических операций (до 5), из-за малости степеней свободы роботов, и они мало пригодны для построения систем управления из-за асинхронности протекания технологических операций. Будет показано далее, что это не так.

Такое разнообразие мнений о путях развития производств даёт основание полагать, что необходимость построения эффективных архитектур АТК производства протяжённых конструктивов [19–22], ограниченность используемых при их проектировании задач и методов их решения обусловили актуальность темы исследования и разработки. Основные практические направления, определяющие тенденцию развития производств протяжённых конструктивов, ограничены созданием независимых конструкций приспособлений, облегчающих выполнение отдельных технологических операций. Рыночные отношения, формирующиеся в России, и современная мировая промышленная экономика показали, что, например, сталепроволочное производство не готово к конкурентной борьбе. Это было очевидно ещё в 70-х годах XX столетия, в годы максимального развития промышленности СССР, когда только одна подотрасль, метизная, создавала перекося в развитии машиностроения, производства радиоэлектронных систем и т. д.. В мировой промышленной экономике также прослеживались аналогичные тенденции.

Во Франции, Японии, Германии, США и других странах созданы устройства для уплотнения и обвязки мотков готовой проволоки [23–25] (табл. 1). Однако все они выполнены стационарными, громоздки и рассчитаны на обслуживание только одного волочильного стана.

В СССР также были созданы аналогичные машины на Череповецком сталепрокатном заводе (табл. 1.1, п/п 7) и Магнитогорском метизно-металлургическом заводе (табл. 1.1, п/п 8). Эти бунтовязальные машины также стационарны и рассчитаны для работы с одним волочильным станом в полуавтоматическом режиме. Эти достижения ограничены механизацией отдельных технологических операций.