

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

ПГП – протяжённая гладкая проволока

ПРП – протяжённая рифлённая 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 научно-технической базой, 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 научёмких 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 прядей проволоки и вручную транспортирует к месту временного хранения.

При создании динамичной 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 уровняй 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 машино-строения протяжённые конструктивные элементы – проволочные нити, волоконные световоды, тросы, упругие стержни, оболочки и т. д.

«Конструктив – базовый элемент, соответствующий конструктивной преемственности изделия, характеризующийся совокупностью свойств изделия, характеризуемых единством повторяемости в нём составных частей, относящихся к изделиям данной классификационной группы, и применяемости 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 использования 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.

Глава 1

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 малозученности 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 перекос 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, громоздкими 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.

Таблица 1.1

Патенты в области автоматизации вспомогательных операций

№ п/п	№ патента и МКИ	Страна, год опубли- кования	Наименование	Достоинства	Недостатки
1	1586287, B 65b 13/20	ФРГ, 1972	Устройство для приёма, уплотнения и вязки витков проводок		
2	1809853, B 21f 15/40	ФРГ, 1973	Устройство для уплотне- ния бунтов проводки, канатов, кабелей и т. п.	Механизация отдельных технологических операций мускульного труда	
3	3709422, B 23k 1/20	США, 1973	Установка для связки про- водов весом 1500 кг // Drahtwelt, ФРГ, 1977, № 9, А29		Громоздкость; малое быстро- действие функци- ональных элементов; частичная механизация
4	108243 B 65b 13/20	ГДР, 1974	Машина Super-1 для увязки мотков, кабелей и пакетов различных прокладок // Drahtwelt, A69		мускульного труда; статичность; техническая совместимость расширяет недостатки; невозможна
5	225975, B 65b 27/06	Франция, 1975	Установка для прессования и обвязки // Drahtwelt, ФРГ, 1977, № 9, А92		комплексная автоматизация обработки проводки после волоче- ния.
6	13984882, B 21g 15/04.	Велико- Британия, 1975	Устройство для связыва- ния бухт проводки		
7	430918 B 21c 47/24	СССР, 1975	Устройство для формирова- ния мотка перед увязкой		
8	481346 B 21c 47/24	СССР, 1975	Стол формова- ния и уплотне- ния мотка		
9	51-2874, B 65/B 13/02	Япония, 1976	Устройство для обвязы- вания мотков проводки		

Продолжение табл. 1.1

№ п/п	№ патента и МКИ	Страна, год опубли- кования	Наименование	Достоинства	Недостатки
10	721146 В 21С 13/02	СССР, 1980	Устройство для обработки проволоки в мотки после волочения // Бюлл. № 10, 1980.	Интегральная автоматическая конструкция	Не востре- бовано – кризисы в экономике

Устройство для формования мотка перед увязкой, а. с. № 430918 (рис. 1.1), состоит из станины, установленной на отдельном фундаменте рядом с фигуркой 2, на который устанавливается на направляющих роликах 3 выдвижной упор 4, выдвигается который после установки мотка 5 на фигурку 2 с помощью рукоятки 6. Роликовые направляющие 3 обеспечивают лёгкость отведения и подведения выдвижного упора к фигурке.

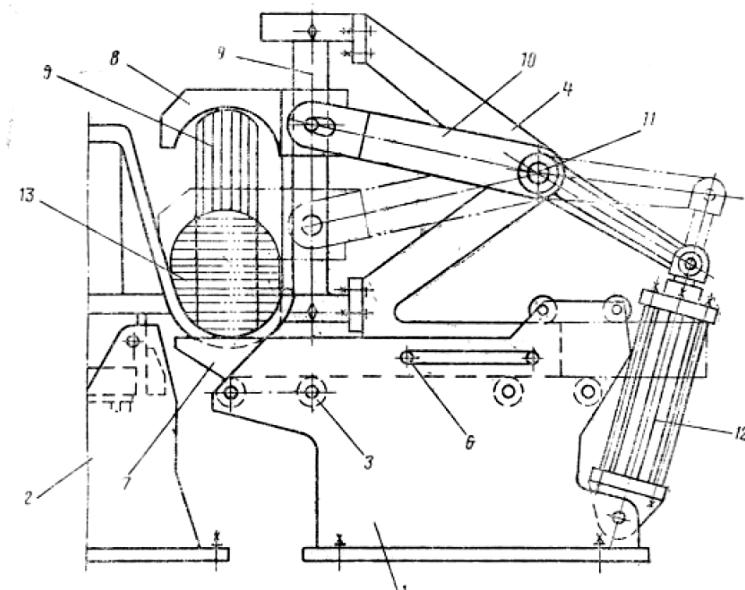


Рис. 1.1. Устройство для формования мотка перед увязкой

Упор 4 состоит из неподвижной губки 7, на который установлены детали: подвижной нажимной элемент 8 с направляющей колонкой 9, по

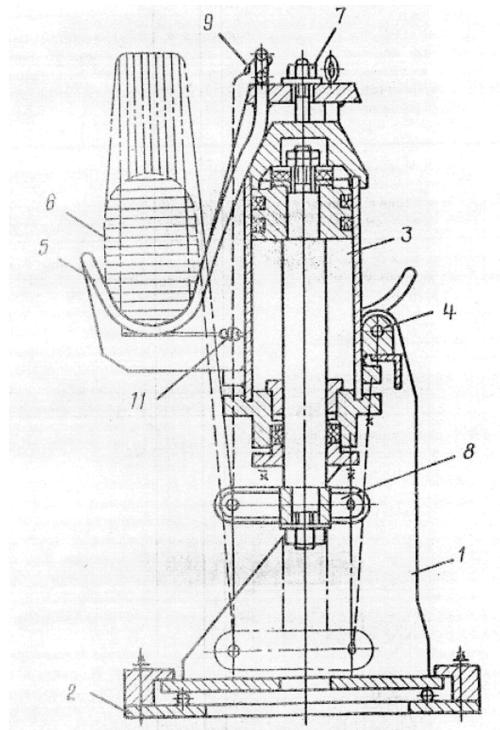
которой губка может передвигаться в вертикальной плоскости с помощью рычага 10, установленного на оси 11 и приводимого в движение от качающегося пневмоцилиндра 12.

Недостатки: возможность только одной отдельно взятой вязки, исключая одновременность вязок в различных местах мотка; громоздкость.

Стол для формования и уплотнения мотка, авт. св. № 481346 (рис. 1.2), имеет станину 1, установленную на поверхности круга 2. На станине 1 устанавливается пневмоцилиндр 3 на горизонтальной оси 4.

Благодаря такому креплению цилиндр 3 может кантоваться относительно оси 4 на угол, необходимый для сбрасывания с ложа 5 мотка 6 после его увязки.

Ложе 5 выполнено в виде съёмной штанги, которая опирается на фланец цилиндра 3 и крепится сверху гайкой 7. На конце штока пневмоцилиндра 3 установлена траверса 8, на которой закреплены три или более гибких элемента 9, второй конец которых закрепляется в нерабочем положении к петлям 10 (рис. 1.2б), на ложе 5.



a

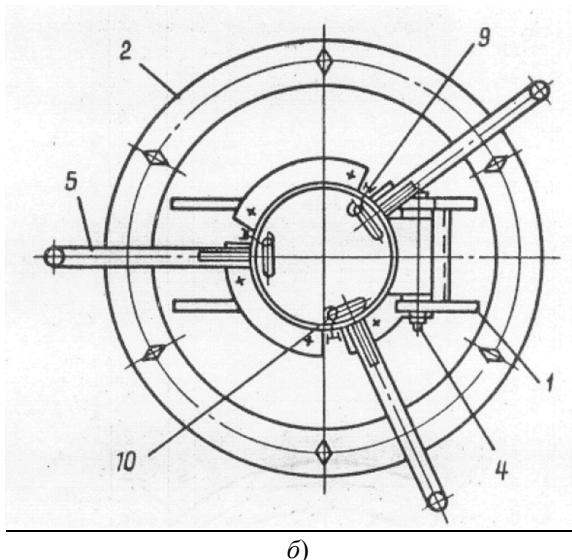


Рис. 1.2. Стол для формования и уплотнения мотка:
а – стол в разрезе; б – стол, вид сверху (табл. 1.1, п/п 8).

Положительным моментом является одновременность вязки мотка в трёх его местах.

Недостатки: места вязки осуществляют гибкими элементами 9, что в быстроменяющихся динамических нагрузках их надёжность снижается; громоздкость общей конструкции приспособления.

В разработанном роботе эта операция осуществляется жёсткими захватами (рис. 4.2, поз. 26) с направляющими ручьями для вязальной проволоки.

Обработка стальной проволоки в мотки с помощью вышеназванных приспособлений, работающих в статике, не делает такие механизмы универсальными и эффективными. Говорить не приходится о применении информационно-технологических систем управления, связанных с необходимостью создания функционально-распределительных структур из высоконадёжных, программируемых микропроцессоров для управления технологическими процессами и оборудованием. Такие приспособления и устройства не приспособлены для выполнения технологических операций в автоматическом режиме.

В начале 1980 года было предложено изобретение [26] «Устройство для обработки проволоки в мотки после волочения» – это и есть

автоматическая манипуляционная система – интегральная, робот, но оно не было востребовано.

После 1980 года из-за всеобщего экономического кризиса в мире других устройств предложено не было.

1.2. Особенности технологического производства протяжённых конструктивов

К особенностям технологического производства протяжённых конструктивов (прядей проволоки) относятся затраты производственного времени в виде характерных факторов: увязка прядей проволоки в моток поочерёдно в 3-х местах; усталость рабочего; раннее окончание рабочей смены по инициативе персонала; съём и транспортировка рабочим мотка, (рис. 1.7а, б); дискретность и асинхронность технологических операций (рис. 1.3); отсутствие информационно-технологических средств управления.

Операцию удаления окалины выполняют и другими способами (например механическим), исключающими использование экологически опасных материалов в технологии.

Задачей роботизированного модульного технологического участка производства является повышение производительности готовой продукции в товарных мотках путём комплексной автоматизации выполняемых технологических операций.

Технический результат должен заключаться в расширении количества степеней подвижности робототехники относительно фундаментального предела – классических степеней свободы.

Поставленная задача решается тем, что роботизированный информационно-технологический модуль включает устройство изготовления протяжённых конструктивов, устройство временного хранения готовой продукции, расположенное на некотором расстоянии от устройства изготовления протяжённых конструктивов, устройство перемещения готовой продукции, один робот с пятью классическими осями степеней свободы с возможностью перемещения от устройства изготовления протяжённых конструктивов к устройству временного хранения готовой продукции и обратно, информационно-технологическую систему управления, при этом информационно-технологическая система управления связана с устройством изготовления протяжённых конструктивов, устройством временного хранения готовой продукции в мотках, роботом.

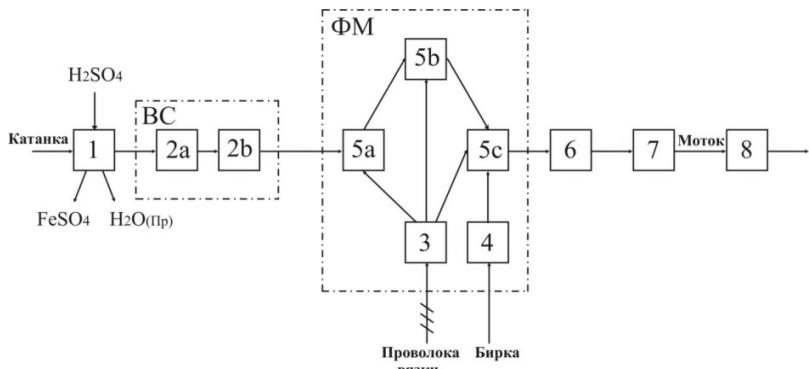


Рис. 1.3. Структурная схема технологического процесса производства стальной проволоки:

- 1 – удаление окалины; ВС – функциональная группа технологических блоков волочильных машин; 2а – стан, 2б – хобот-дозатор; ФМ – функциональная группа технологических операций формования: 3 – ручная подача вязальной проволоки; 4 – ручное навешивание маркировочной бирки; 5а, 5б, 5с – уплотнение и увязка поочерёдно в 3 местах; 6 – откусывание лишней скрутки; 7 – ручная отгрузка мотка; 8 – механизированная транспортировка мотка на склад.

При этом информационно-технологическая система управления содержит арифметическое устройство, датчики, подключённые к арифметическому устройству, логический оператор, а также последовательно соединённые устройства ввода и вывода информации с выходом на более высокий уровень управления производством, дешифратор, устройство памяти, усилитель сигнала, цифро-аналоговый преобразователь и электродвигатель робота, при этом арифметическое устройство подключено к пульту управления, а также посредством обратной связи подключено между устройством памяти и выходом операционного усилителя, логический оператор подключён к пульту управления, арифметическому устройству и операционному усилителю.

При осуществлении комплексной автоматизации производства протяжённых конструктивов посредством АТК (рис. 1.4), где используется АМС робота, – интенсивность выпуска продукции в мотках резко возрастает (табл. 1.3, 1.4). Возможность увеличения выпуска готовой товарной продукции стала причиной исследований временных факторов сдерживания развития производства и разработки рациональных технических систем, основанных на принципиальных научно-методических положениях [27, 28]. О функционировании модульного ТК изложено во второй главе книги, где изложены подходы и раскрываются положения к разработке средства автоматизации.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru