

# АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ТРАНСПОРТЕРОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПАКОВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Хасанова Н. В., Хасанов З. М., Карелина Н. В.

Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа,  
Уфимский государственный авиационный технический университет

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы построения систем адаптивного автоматического управления многосвязными транспортерами в робототехническом комплексе упаковки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные тары на предприятии «Иммунопрепарат», филиал ФГУП НПО "Микроген" МЗСР РФ.

**Ключевые слова:** многосвязные электропривода транспортеров, адаптивные автоматизированные системы управления, робот *Kuka*

Автоматизация – одно из важнейших направлений научно-технического прогресса, и выражается в использовании саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем автоматического управления, исключающих человека полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации. Требуется дополнительное применение новейших технологий управления с быстродействующими микроконтроллерами и методы вычислений, копирующие нервные и мыслительные функции человека [1].

Основные достоинства роботизированного комплекса: повышение точности и качества выполнения операций; возможность использования в три смены и 365 дней в году; рациональность использования производственных помещений; исключение влияния человеческого фактора и воздействия вредных факторов на персонал; достаточно быстрая окупаемость [2].

Автоматизация упаковки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные тары основывается на новейших методах управления и контроля многосвязными роботами *Kuka*, к которым относятся:

- методы планирования и управления многосвязными роботами;
- методы программирования многосвязных роботов;
- методы программирования на инструментах *kuka work visual*;

- методы адаптивного управления и контроля работы роботизированных ячеек в технологическом комплексе упаковки.

Темпы роста производительности и качества выпускаемых лекарственных препаратов определяются уровнем автоматизации и обусловлены:

- снижением себестоимости производства лекарственных препаратов;
- сокращением численности неквалифицированных рабочих;
- уменьшением затрат на упаковку и транспортировку лекарств.

Современный автоматизированный роботизированный технологический комплекс изготовления и укладки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные упаковки представляет собой комплекс сложных многосвязных динамических систем. Сложность их обусловлена высокими требованиями к производительности и точности работы всего технологического комплекса, а также разнообразием выполняемых им сложных функций. Автоматизация технологического оборудования требует от многосвязных адаптивных систем автоматического управления повышенных эксплуатационно-качественных характеристик.

Технологический комплекс состоит из трех взаимосвязанных транспортеров, двух роботов-упаковщиков и робота-маркировщика с функцией погрузчика. Многосвязные адаптивные системы автоматического управления тремя взаимосвязанными транспортерами и тремя роботами составляют автоматизированную систему управления технологическим комплексом (АСУ ТК) упаковки лекарственных препаратов на Предприятии «Иммунопрепарат», филиал ФГУП НПО "Микроген" МЗСР РФ.

Все три манипуляционных робота имеют управляемую пяти осевую механику и предназначены для функционирования в автоматических режимах в частично или полностью недетерминированных средах. Алгоритмы работы роботов определяются прежде всего изменчивостью операций технологических процессов упаковки и стабильностью требуемых маршрутов движения пяти осевого манипулятора с захватным устройством.

Возможность целенаправленной работы трех манипуляционных роботов и трех взаимосвязанных транспортеров в условиях неопределенности среды и технологических процессов упаковки достигается с помощью адаптации к этим условиям. Эффект адаптации в робототехническом комплексе упаковки состоит в автоматическом изменении характера движения в каждом транспортере и манипуляционном роботе в зависимости от алгоритмов упаковки и от свойств среды, в которых осуществляется функционирование роботов.

Для осуществления функционирования в технологических процессах упаковки и в условиях неопределенности среды каждый адаптивный робот должен иметь: манипулятор с захватным устройством, обладающий требуемой степенью маневренности и подвижности; сенсорные средства очувствления, обеспечивающие обратную связь от среды технологического процесса к роботу. Сенсорные средства должны измерять необходимые геометрические размеры и механические характеристики поверхности, позволяющие осуществлять работу робота в технологических условиях и в условиях неопределенности среды.

Известные к настоящему времени результаты теории адаптивных систем позволили синтезировать алгоритмы адаптивного автоматического управления тремя многосвязными транспортерами в соответствии с алгоритмами работы трех взаимосвязанных манипуляционных роботов и при неопределенности внешних воздействий. Разделение движения трех многосвязных транспортеров на вентильных взаимосвязанных асинхронных электроприводах на медленные и быстрые составляющие позволили учесть противоречивые эксплуатационные факторы. Алгоритмы управления асинхронными электроприводами с одной стороны взаимосвязаны друг с другом, с другой стороны – каждый работает по своему алгоритму в течение заданной времени  $\Delta t_i$ .

Робототехнический комплекс укладки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные упаковки – это совокупность математических, программных, аппаратных и организационных средств, объединенных общей технологией обработки информации и режимами работы всех транспортеров и роботов манипуляторов, обеспечивающие решение заданного класса задач. В

программную структуру комплекса входят проблемно–ориентированные прикладные программы, требующие минимальной доработки и адаптации в условиях конкретного применения.

На рисунке 1 показана схема робототехнического комплекса укладки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные упаковки. На конвейерную ленту 1 поступают блистеры с ампулами и упаковываются роботом-упаковщиком 1 в потребительскую тару, далее ампулы, упакованные в потребительскую тару, маркируются роботом-маркировщиком и поступают на конвейерную ленту 2. Затем лекарственные препараты укладываются роботом-упаковщиком 2 в транспортную тару и отправляются на конвейерную ленту 3 к роботу-погрузчику для дальнейшей транспортировки и складирования.

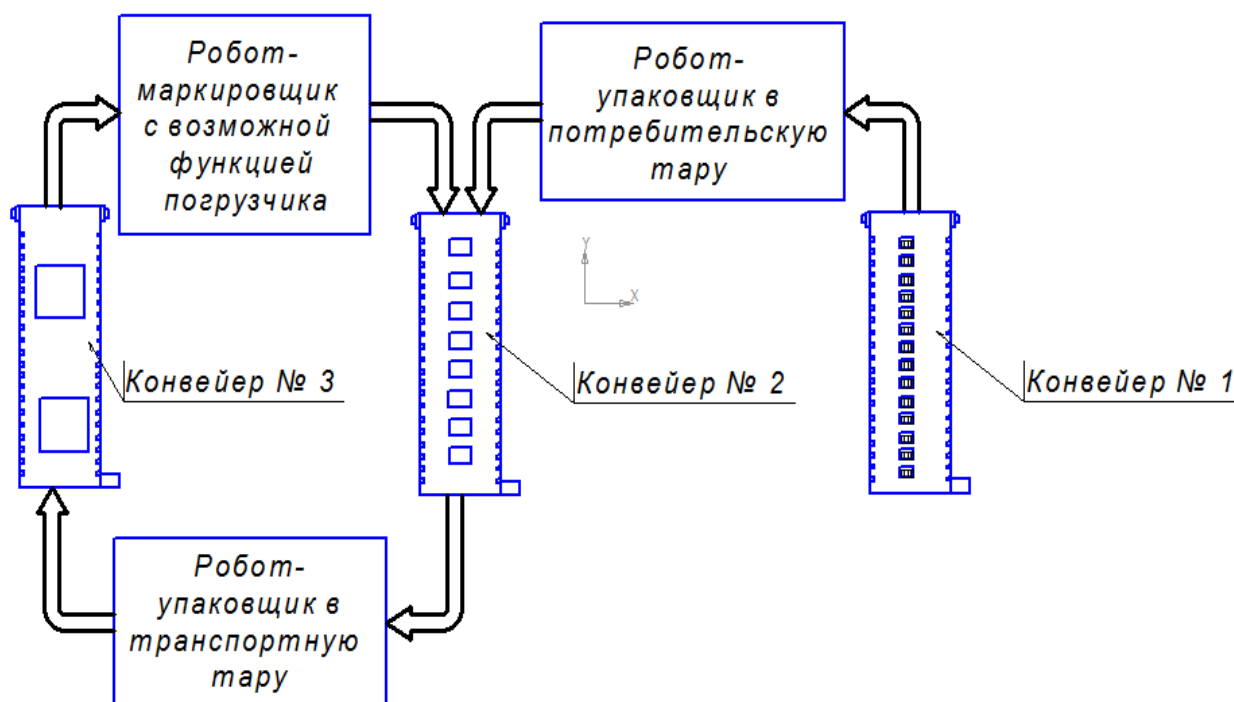


Рисунок 1 – Общая схема упаковки лекарственных препаратов

Робототехнический комплекс построен по модульному принципу, легко программируется и оборудован быстродействующими лазерными сканерами, видеокамерами и видеоконтроллерами, позволяющими обнаружить изменения внешней рабочей среды и реагировать на них. Робот сопоставляет визуальную эталонную информацию в памяти с «моделью движения лекарственных препаратов по конвейерной ленте». Полученные в результате этой обработки команды подаются на адаптивные многосвязные системы управления

автоматизированными электроприводами транспортеров. То есть, АСУ ТК совместно с многосвязными роботами координированно адаптивно управляет вентильными асинхронными электроприводами транспортеров.

Для перемещения ампул в блистерах, в потребительской упаковке и в транспортной упаковке применяются конвейерные транспортеры. На рисунке 2 изображена схема одного из трех ленточных конвейеров.

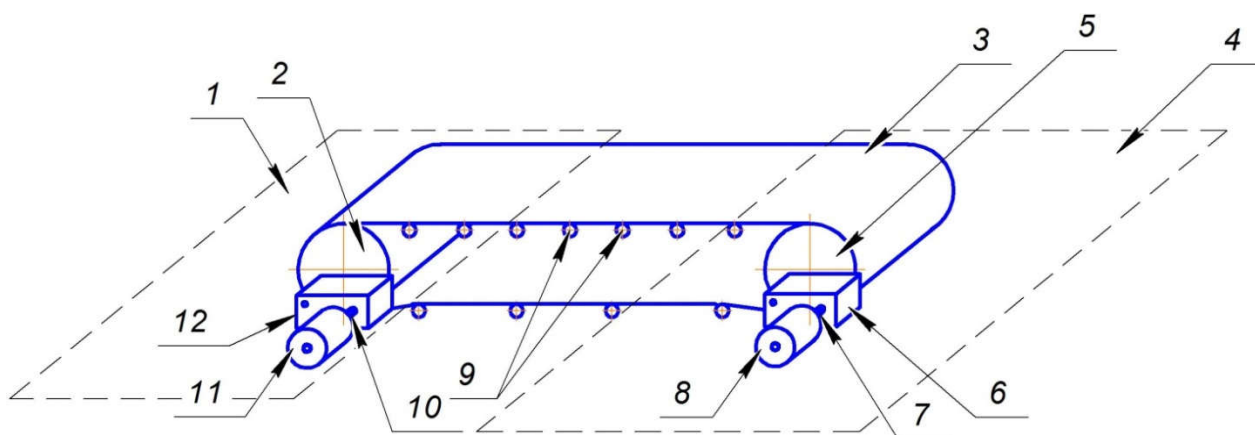


Рисунок 2 – Схема ленточного конвейера

Между барабанами 2 и 5 натяжной 1 и приводной 4 станций расположена гибкая лента 3. Барабан натяжной станции через редуктор 12 соединен с двигателем 11. Натяжение обеспечивает передачу без проскальзывания тягового усилия от барабана приводной станции. Чтобы исключить провисание верхней рабочей и нижней холостой ветвей ленты, вдоль трассы устанавливают поддерживающие ролики 9. Барабан приводной станции через редуктор 6 соединен с двигателем 8. Для сглаживания возможных ударов в процессе пуска и торможения валы двигателя и редуктора соединены упругими муфтами 7, 10.

Силы трения в ленточном конвейере возникают в подшипниках вращающихся элементов, местах контакта роликов и катков с опорой, тяговом элементе при его сгибах. Вследствие значительной протяженности конвейера и большого количества движущихся элементов эти силы составляют значительную часть суммарной статической нагрузки, а для горизонтальных конвейеров определяют всю статическую нагрузку для электропривода.

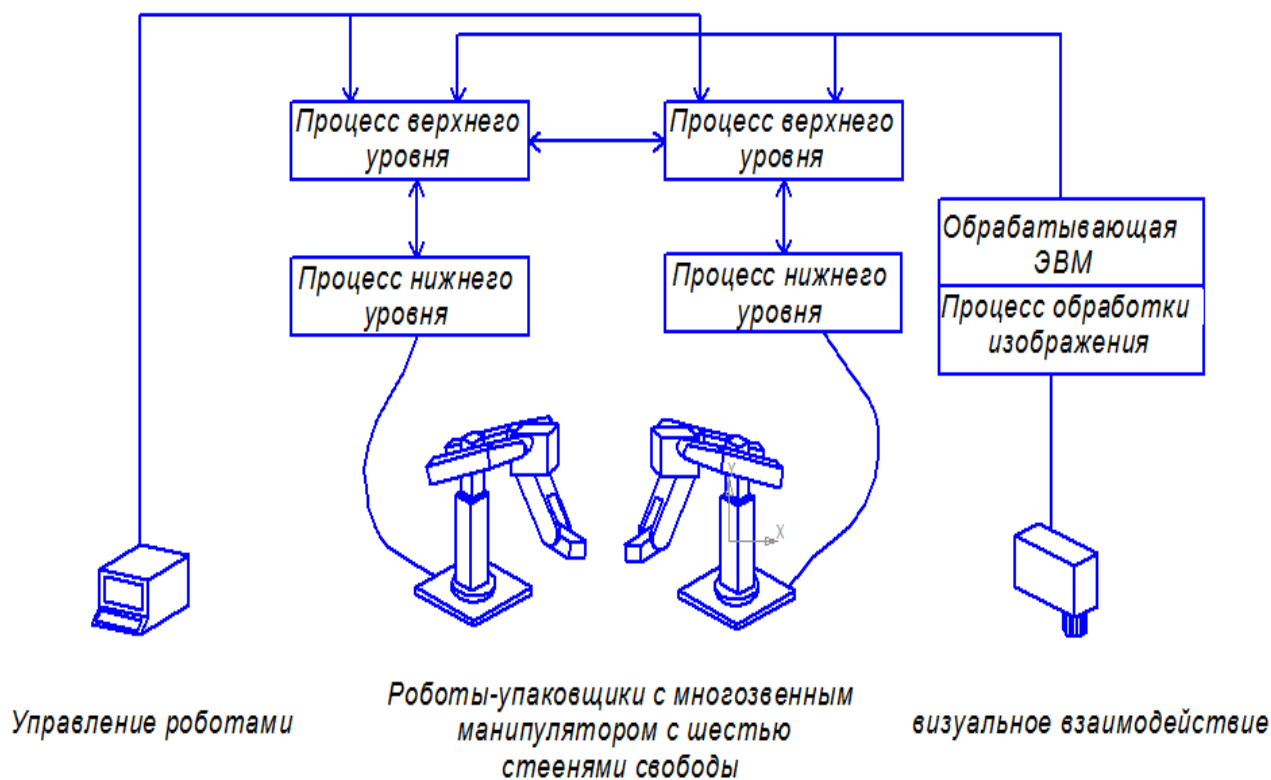


Рисунок 3 – Конфигурация системы роботов-упаковщиков

Структурная схема АСУ ТК двумя роботами показана на рисунке 3. Здесь 5-ти осевые манипуляторы с двух пальцевым захватным устройством через соответствующие подсистемы подключены к центральному процессору АСУ ТК и видеокамерам. На этапах обучения составляются алгоритмы движения манипуляторов и список локальных эталонов для захвата, которые заносятся в память АСУ ТК. Высокое быстродействие манипуляторов обеспечивается малыми величинами перемещений звеньев манипулятора робота. Положение лекарственных препаратов в блистерах или в потребительской упаковке определяется рецепторами, реализованными на основе волоконно-оптических датчиков. Блистеры с ампулами и потребительская упаковка перемещаются по соответствующим конвейерам.

Таким образом, при проектировании АСУ ТК укладки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные упаковки сложной задачей является получение точных значений прогнозируемых координат движения лекарственных ампул, блистеров, потребительских упаковок и транспортных тар на соответствующих ленточных конвейерах. Ошибки прогнозирования

складываются, в основном, из ошибок, обусловленных неадекватностью модели и ошибок видеокамер и видеоконтроллеров. Требование решения задачи в реальном масштабе времени определяет необходимость использования параллельных методов интегрирования уравнений, описывающих движение ленточных конвейеров. Поскольку ошибки видеокамер и тактильной системы роботов заранее известны, то синтез адаптивной САУ заключается в построении прогнозирующей адаптивной эталонной модели, у которой методические и инструментальные ошибки были бы достаточно малыми.

Вопросы определения пространственного состояния, синтез алгоритмов адаптивного управления многосвязными манипуляторами роботами *Kuka* по заданным алгоритмам адаптивного управления скоростью движения деталей в многосвязных ленточных конвейерах не являются простыми и тривиальными.

Первые опыты по применению прогнозирующих динамических моделей многосвязного адаптивного управления роботами упаковщиками и ленточными конвейерами показали эффективность их применения в АСУ ТК укладки лекарственных препаратов в потребительские и транспортные упаковки.

### Список литературы

1. Юревич Е.И. Основы робототехники : учеб. пособие 2-е изд. - СПб.: 2005.
2. Проблемные вопросы *GMP*: Правила присвоения номера серии и срока годности // Промышленное обозрение. Фармацевтическая отрасль: журнал. – 2013. – № 2 (37). – С. 82-85.

### ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF MULTIPLY CONNECTION ELECTRICAL DRIVES OF TRANSPORTERS OF THE ROBOTECNICAL COMPLEX OF PACKAGING OF MEDICINAL PREPARATIONS

N. V. Khasanova, Z. M. Khazanov, N. V. Karelina

*Russia, Ufa State Aviation Technical University*

**Abstract:** The problems of constructing the systems of adaptive automatic control of multiply connected conveyors in the robotic packaging complex of medicines in consumer and transport containers at the enterprise "Immunopreparat", the branch of the FSUE "Microgen" of the Russian Federation are considered.

**Keywords:** multiply connected electric drive of conveyors, adaptive automated control systems, robot Kuka.

## References

1. Yurevich E.I. Fundamentals of Robotics: Textbook. allowance 2 ed. – SPb .: 2005.
2. Problematic issues of GMP: Rules for assigning a serial number and expiry date // Industrial Review. Pharmaceutical branch: magazine. – 2013. – No. 2 (37). – P. 82-85.