

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Крива В.В., Рыбинская Т.А. (*Кафедра механики, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия*)

На современных промышленных предприятиях особенную актуальность приобретает использование автоматизированных решений, бережливое и безлюдное производство, внедрение новых технологий и устранение вредных факторов, влияющих на здоровье человека.

В связи с этим особую популярность завоевывают решения по автоматизации производства на базе промышленных роботов, позволяющих обеспечить полный цикл обработки с высокой производительностью и точностью, избежать перерывов и производственных ошибок, свойственных человеку.

История промышленных роботов

История рынка промышленной робототехники насчитывает уже более 50 лет. Первый патент на робота был получен в 1961 году (подан в 1954) изобретателем Джорджем Деволом (George Devol), который основал в 1956 году вместе с инженером Джозефом Энгельбергом (Joseph F. Engelberger) компанию по первому серийному производству роботов Unimation Inc (от Universal Automatic – универсальная автоматизация). Энгельберг привлекал в компанию дополнительное финансирование, распространял идеи роботизации среди потенциальных заказчиков и популяризировал идею промышленной автоматизации. Несмотря на то, что патент был закреплен за Деволом, именно Энгельберга принято считать «отцом робототехники».

Возможностями автоматизации в первую очередь воспользовались автомобилестроители, и уже в 1961 году начались поставки роботов Unimate на завод General Motors, Нью-Джерси. Роботы Unimate были сконструированы с использованием гидроусилителей и программировались в обобщенных координатах, воспроизводя последовательность действий, записанных на магнитный барабан.

Позднее компания Unimation передала свою технологию в Kawasaki Heavy Industries и Guest Nettlefolds, таким образом, открыв производство роботов Unimate в Японии и Англии.

Основное развитие промышленных роботов началось в конце 60-х – начале 70-х годов, когда в 1969 году в Стэндфордском университете студент факультета машиностроения Виктор Шейнман (Victor Scheinman) разработал прототип современного робота Stanford arm с шестью степенями свободы, электрическими приводами и компьютерным управлением, отдаленно воспроизводящего возможности человеческой руки.

В 1969 году появляются разработки в области робототехники компании Nachi. В 1973 году немецкая компания KUKA Robotics демонстрирует своего первого робота Famulus, и почти одновременно швейцарская компания ABB Robotics выводит на рынок робота ASEA. Оба робота имеют по шесть управляемых осей с электромеханическим приводом.

В 1974 году промышленные роботы разрабатываются и устанавливаются на собственное производство в компании Fanuc, а в 1977 году первый робот Yaskawa появляется у компании Motoman.

Дальнейший рост промышленной робототехники был обусловлен развитием компьютера, электроники и масштабным расширением компаний на рынке автомобилестроения – основных заказчиков роботов.

General Motors в 80х годах потратила более 40 миллиардов долларов на разработки в области автоматизации. Основным рынком роботов считается внутренний рынок Японии, на котором находится большинство компаний по их производству: Fuji, Denso, Epson, Fanuc, Intelligent Actuator, Kawasaki, Nachi, Yaskawa (Motoman), Nidec, Kawada. В 1995 году из 700 000 роботов, используемых в мире, 500 000 работали в Японии.

В Советском Союзе крупнейшим интегратором робототехники стала компания «АвтоВАЗ». Развивая мощности по выпуску автомобилей и перенимая опыт мировых автомобилестроительных предприятий, в 1984 г. она приобрела лицензию фирмы KUKA. На базе отдельного станкостроительного подразделения концерна «АвтоВАЗ» началось производство отечественных роботов, применяемых на поточных линиях предприятия. На сегодняшний день ОАО «АвтоВАЗ» совместно с МГТУ «Станкин» реализуют программу выпуска линейки роботов для промышленных производств до 1000 единиц ежегодно.

Преимущества использования промышленных роботов в производстве

Современный промышленный робот-манипулятор в большинстве случаев применяется для замены ручного труда. Так, робот может использовать инструментальный захват для фиксации инструмента и осуществления обработки детали либо держать саму заготовку для того, чтобы подавать ее в рабочую зону на дальнейшую обработку.

Робот имеет ряд ограничений, таких как зона досягаемости, грузоподъемность, необходимость избежать столкновения с препятствием, необходимость предварительного программирования каждого движения. Но при его правильном применении и предварительном анализе работы системы робот способен обеспечить производство рядом преимуществ, повысить качество и эффективность рабочего процесса.

Для оценки актуальности внедрения робота в процесс обработки приведем ряд преимуществ и недостатков применения робототехники на предприятии:

1. Производительность

При применении робота производительность обычно повышается. Прежде всего, это связано с более быстрым перемещением и позиционированием в процессе обработки, также играет роль и такой фактор, как возможность автоматической работы 24 часа в сутки без перерывов и простоев. В случае правильно выбранного применения роботизированной системы производительность по сравнению с ручным производством возрастает в разы или даже на порядок.

Следует отметить, что при широкой номенклатуре изделий, постоянных переналадках, необходимости большого количества периферийного оборудования для разных деталей производительность может и снижаться, делая процесс неэффективным и сложным.

2. Улучшение экономических показателей

Заменяя человека, робот эффективно снижает затраты на оплату специалистов. Особенно данный фактор важен в экономически развитых странах с высокими заработными платами рабочих и необходимостью больших надбавок за переработку, работу в ночное время и т.д. В случае применения робота или автоматизированной системы в цехе необходимо лишь наличие оператора, контролирующего процесс, при этом оператор может контролировать сразу несколько систем.

При первоначальной закупке роботизированная ячейка – достаточно серьезное финансовое вложение, и предприятие заинтересовано в его быстрой окупаемости. Неправильное применение оборудования и ошибки в его комплектации и расстановке могут привести к увеличению времени обработки либо трудоемкости работы, тем самым снизить экономичность производства.

3. Качество обработки

Часто причиной внедрения технологической системы на базе промышленного робота становится необходимость обеспечения заданного в документации на изделие качества обработки.

Высокая точность позиционирования промышленных роботов (0,1–0,05 мм) и повторяемость обеспечивают надлежащее качество изделия и устраняют возможность производственного брака. Исключение человеческого фактора приводит к минимизации рабочих ошибок и сохранению постоянной повторяемости на всей производственной программе.

4. Безопасность

Применение робота достаточно эффективно на вредном производстве, оказывающем неблагоприятное воздействие на человека, например, в литейной промышленности, при зачистке сварных швов, окрасочных работах, сварочных процессах и т.д. В случаях, когда применение ручного труда ограничивается законодательством, внедрение робота может являться единственным решением.

При работе в цехе периметр рабочей зоны ограждается различными устройствами для предотвращения проникновения человека в зону действия робота. Наличие защитных систем является главным и неотъемлемым условием безопасной работы роботизированных систем по всему миру.

5. Минимизация рабочего пространства

Правильно сконфигурированная ячейка на базе промышленного робота более компактна, чем рабочая зона для выполнения ручных работ. Это достигается более эргономичной конструкцией сборочных кондукторов, небольшим размером места, занимаемого роботом, возможностью его размещения в подвешенном состоянии и т.д.

6. Минимальное обслуживание

Современные промышленные роботы, благодаря применению асинхронных двигателей и качественных редукторов, практически не нуждаются в обслуживании. Изготавливаются специальные модели роботов из нержавеющей стали, например, для работы в медицинской и пищевой промышленности, при высоких и низких температурах и в агрессивных средах. Это делает их менее восприимчивыми к окружающей среде и повышает износостойкость оборудования.

Применение роботов в отдельных производственных процессах:

Сварка

Сварка считается наиболее типичным процессом для внедрения роботов. Исторически роботизированная сварка начала широко применяться в автомобилестроении, и в настоящее время практически все автомобильные производства в мире оснащены конвейерами, которые могут состоять из нескольких сотен роботизированных комплексов.

По данным исследований, около 20% всех промышленных роботов используются в сварочных процессах (в США около половины). Вторым по значимости применением считается укладка грузов на поддоны, применяемая на предприятиях с высоким объемом продукции, в особенности в пищевых производствах.

Аргонодуговая или точечная сварка с использованием робота обеспечивает более высокое качество изделий по сравнению с принятым сварочным процессом ручной или полуавтоматической сварки. Возможности периферийного оборудования позволяют обеспечивать полный контроль процесса, например, реализовать функцию бесконтактного слежения за сварным швом.

В настоящее время активно развивается применение роботизированной лазерной сварки, позволяющей лазеру сфокусироваться на точке с варьированием от 0,2 мм, с

минимизированием теплового воздействия на изделие и высокой точностью и качеством сварки. Возможность выдержать сверхвысокие длины фокусировки (до 2 метров) и тем самым обеспечить дистанционную сварку существенно расширяет границы применимости сварочного процесса и увеличивает производительность изготовления изделия. Лазерная сварка активно применяется в авиастроении, автомобилестроении, приборостроении, медицине и т.д..

Переход на автоматическую сварку с использованием роботов минимизирует время цикла в несколько раз. Это достигается эргономичной конструкцией или модернизацией сварочной оснастки для обеспечения быстрого цикла сбора изделия, высокими скоростями перемещения робота и организацией поточного производства с обеспечением единовременной сборки сварки изделий. Необходимо отметить тот факт, что роботизированные системы являются единственной возможностью совмещения обрабатывающих операций, к примеру, обеспечения плазменного или лазерного раскроя, и последующей сварки с помощью смены горелки или режимов сварки без переустановки детали.

Также роботизация сварочного процесса позволяет интегрировать программы сварки в применяемые на предприятии CAD/CAM системы для обеспечения процесса цифрового производства.

Загрузка- выгрузка, позиционирование изделий

Автоматизация загрузки и выгрузки изделий – процесс, имеющий значение на любом современном производстве с высокой производительностью или большим весом и габаритами изделий. Так, роботы применяются для загрузки заготовок в металлообрабатывающие станки, выгрузки готовых изделий и укладки на соответствующие паллеты. Причем достаточно часто один робот обслуживает сразу нескольких машин и работает с разными изделиями, что удешевляет инвестиции в подобную автоматизацию и расширяет функционал внедряемого робота.

В Европе прослеживается тенденция к максимальному увеличению производительности за счет безостановочной круглосуточной работы, внедряется философия безлюдного производства, связанная со стремлением минимизировать расходы на персонал.

В СССР робототехника применялась для автоматизации технологических машин, где могут существовать ограничения на труд человека, – штампов, прессов, гальванических ванн, нагревательных печей и т.д. Кроме того, работоспособность человека может быть ограничена весом изделий. Так, для деталей массой от 200 кг требуется применение дополнительного грузоподъемного оборудования.

Внедрение автоматизации в литейных и кузнечнопрессовых цехах обусловливается необходимостью устранения тяжелых условий для рабочих и повышения качества производства: выгрузка тяжелых поковок, литейных заготовок, последующее охлаждение, загрузка в штампы для пресса и т.д. Не случайно, третье место применения роботов после загрузки-выгрузки занимает именно совмещение с кузнечнопрессовым и литейным оборудованием. Практически все процессы литья под давлением в Европе сопровождаются автоматизацией с использованием роботов.

Применение технологических систем на базе роботов может стать альтернативой использованию обычного специализированного на каком-либо технологическом процессе оборудования.

В среднем, цена внедрения робота с установкой и необходимым пакетом для взаимодействия с оборудованием обойдется предприятию в 5 млн. рублей, представляя собой действительно гибкое решение, которое может в будущем использоваться и для

иных задач или реализовывать вспомогательные операции, к примеру, сортировку различных изделий, удаление заусенцев, сборочные операции и т.д.

Металлообрабатывающие процессы с использованием роботов

Помимо сварочных и вспомогательных операций роботы могут применяться в самих процессах обработки, выступая альтернативой обрабатывающему оборудованию.

Раскрой материала

Промышленные роботы активно используются для операций раскроя металла с помощью плазмы, лазера и гидроабразивной резки. В отличие от традиционной установки плазменного раскроя плазменные горелки с применением робота могут осуществлять трехмерную резку, что актуально для обработки металлоконструкций, металлопроката (тавров, двутавров, уголков и т.д.), а также подготовки поверхностей под углом для дальнейшей сварки, вырезки различных отверстий и т.д.

Раскрой металла с помощью лазерной резки выступает альтернативой для трехмерного лазерного комплекса, позволяя выполнить любой раскрой в трехмерном пространстве. Данная технология широко используется в автомобилестроении, а также достаточно эффективна для обрезки краев изделий после штамповочных и формовочных операций. Роботизированная ячейка для лазерной резки может использоваться и для лазерной сварки, а также в дальнейшем совмещать двух роботов, использующих один источник.

Гидро- или гидроабразивная резка роботом расширяет возможности раскроя до обработки любых трехмерных деталей, повышает производительность. Гидроабразивная резка отличается отсутствием теплового воздействия и возможностью обработки практически любых материалов. Так, гидроабразивная резка роботом используется для вырезки всех отверстий в стали толщиной 3 мм по корпусу автомобиля Renault Espace на заводе во Франции (Romorantin, France). Полный цикл вырезки отверстий занимает 2 минуты 30 секунд.

Гибка труб

Гибка труб роботом используется в ограниченном виде, представляя собой бездорновую гибку с помощью позиционирования заготовки роботом и использования сопутствующей гибочной головки. Преимуществом такой обработки является высокая скорость изготовления, возможность обработки изделий с уже существующими присоединительными элементами и одновременное совмещение с загрузкой-выгрузкой изделий тем же роботом. Такие системы используются в автомобилестроении, изготовлении металлической мебели и других товаров народного потребления, где применяется бездорновая гибка.

Фрезерование, сверление, удаление заусенцев и сварных швов

Использование роботов для фрезерования, сверления и обработки кромок металлов, пластмасс, древесины и камня – новая, динамично развивающаяся технология. Она стала возможна прежде всего благодаря увеличению жесткости и точности современных манипуляторов. Основные преимущества заключаются в практически неограниченной рабочей зоне робота (систему можно оборудовать линейной осью в несколько десятков метров), высокой скорости обработки и большом количестве управляемых осей. Например, типичная фрезеровальная ячейка на базе промышленного робота имеет 8 – 10 управляемых осей и позволяет получить максимальную гибкость обработки.

Возможно использование самого разного приводного инструмента, пневматического и электрического, с воздушным и жидкостным охлаждением. Для снятия заусенцев с кромок деталей после фрезерования используются пневматический приводной

инструмент с частотой вращения 35 000 об/мин, а для фрезерования металлов – электрический шпиндель с водяным охлаждением, мощностью 24 кВт.

Отдельно стоит упомянуть такой тяжелый, трудоемкий процесс для человека, как зачистка сварного шва на изделии. Применение автоматизации позволяет снизить воздействие вредных производственных факторов и существенно уменьшить время на выполнение зачистки.

Полирование и шлифование

Шлифование металлических деталей – сложный и грязный процесс, крайне вредный для человека. В то же время его автоматизация довольно проста и не представляет проблемы для современных промышленных манипуляторов. Робот всегда сможет повторить траекторию движения шлифовальщика, обеспечив при этом неизменную повторяемость и отличное качество обработки.

Процессы абразивной обработки поверхности можно разделить на два основных класса – шлифование и полирование. При шлифовании используют абразивные круги или ленты, съем материала может быть существенным, образуется много пыли. Полирование – более тонкий процесс, для которого применяются войлочные круги с абразивной пастой, съема материала при этом практически не происходит. Как правило, эти процессы комбинируют. Преимущество робота заключается в том, что он может обрабатывать деталь на нескольких абразивных инструментах поочередно, за одной установкой. Например, сначала снимается поверхностный слой на абразивной ленте, а потом деталь наполировывается на войлочном круге с автоматической подачей пасты.

Перспективы применения роботов

Достоинство робототехники – гибкость применения и возможность использования в практически неограниченном количестве процессов. Так, например, в авиастроительной отрасли в целях повышения качества при снижении ручного труда роботы начинают применяться в процессах клепки, обшивки фюзеляжа, выкладки композитных материалов, при различных работах в условиях ограниченного пространства. Активно распространяется применение роботов в измерительных системах. В США и Европе роботы используются в камерах очистки изделий под высоким давлением.

В России применение роботов пока ограничено. Так, в докризисный 2007 год было внедрено до 200 роботизированных систем с общей численностью около 8000 промышленных роботов по стране. Для примера, за тот же год в США было внедрено около 34 тыс., Европе – 43 тыс., Японии – 59 тыс. роботизированных систем. Причинами отставания являются недостаточная информированность российских технических специалистов и менеджмента предприятий, желание избежать больших затрат на их внедрение, низкая стоимость ручного труда.

Вместе с тем, в отличие от стационарного ЧПУ оборудования, робот более широко функциональная система, ориентированная на повышение качества и производительности производства и минимизацию ручного труда, приводящих в конечном итоге к положительному экономическому эффекту и повышению конкурентоспособности предприятия. А потому все больше российских интеграторов готовы решать задачи прикладного внедрения роботов в технологические процессы. Мы надеемся, что в течение ближайших лет концепция «безлюдного производства» в России будет интенсивно набирать обороты.

Список литературы: 1. В.И. Захаров, М.П. Васильев. Промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. 2. http://myrobot.ru/news/2011/08/20110819_1.php

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ СИСТЕМ В РАМКАХ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Кульбида О.О., Ищенко А.Л., Орехович М.А.
(кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Исследование любых систем предполагает построение абстрактных математических моделей, представленных на языке математических отношений в терминах определенной математической теории. Изучение процессов, протекающих в автоматических сборочных системах, исходя из сложности их математического описания, можно проводить в рамках теории массового обслуживания. При этом модели реальных сборочных систем можно строить на основе моделей массового обслуживания, которые делятся на базовые модели сборочных автоматов в виде систем массового обслуживания и модели сборочных линий в виде сетей массового обслуживания [3, 4, 5].

Система массового обслуживания (СМО) для сборки изделий – математический (абстрактный) объект, содержащий один или несколько приборов Π , осуществляющих процессы сборки, которые обслуживают потоки поступающих на сборку присоединяемых и базирующих деталей P_n , P_b , и накопитель, в котором проходит процесс выбора приоритета сборки и формируются очереди Ob и On ожидающих сборки деталей (см. рис.1).

Обслуживающий прибор или просто прибор (устройство, линия) – элемент СМО, функцией которого является обслуживание потоков поступающих на сборку изделий, т.е. сборка.

В каждый момент времени в приборе на обслуживании (сборке) могут находиться только по одному элементу потоков собираемых деталей. Обслуживание – задержка деталей на некоторое время в обслуживающем приборе. Длительность обслуживания – время задержки деталей в приборе, равное, в общем случае, времени сборки.

Накопитель (буфер) – совокупность мест для ожидания деталей перед обслуживающим прибором. Количество мест для ожидания определяет ёмкость накопителя. Детали, поступившие на вход СМО, могут находиться в двух состояниях: в состоянии обслуживания (в приборе); в состоянии ожидания (в накопителе) и иметь соответствующую дисциплину. Детали, находящиеся в накопителе и ожидающие сборки, образуют очередь.

Дисциплина буферизации – правило занесения поступающих деталей в накопитель (буфер).

Дисциплина обслуживания – правило выбора деталей из очереди для обслуживания в приборе. Обуславливается видом метода сборки.

Приоритет – преимущественное право на занесение (в накопитель) или выбор из очереди (для обслуживания в приборе) деталей одного класса по отношению к остальным деталям.

Таким образом, СМО включает в себя:

- детали, проходящие через систему и образующие потоки;
- очереди деталей, образующиеся в накопителях;
- обслуживающие приборы.

Информационная структурная модель сборочного автомата, как системы массового обслуживания представлена на рис. 1. На сборку поступают два потока деталей – поток базирующих и поток присоединяемых деталей и осуществляется процесс приема деталей. После этого осуществляется процесс выбора приоритета.

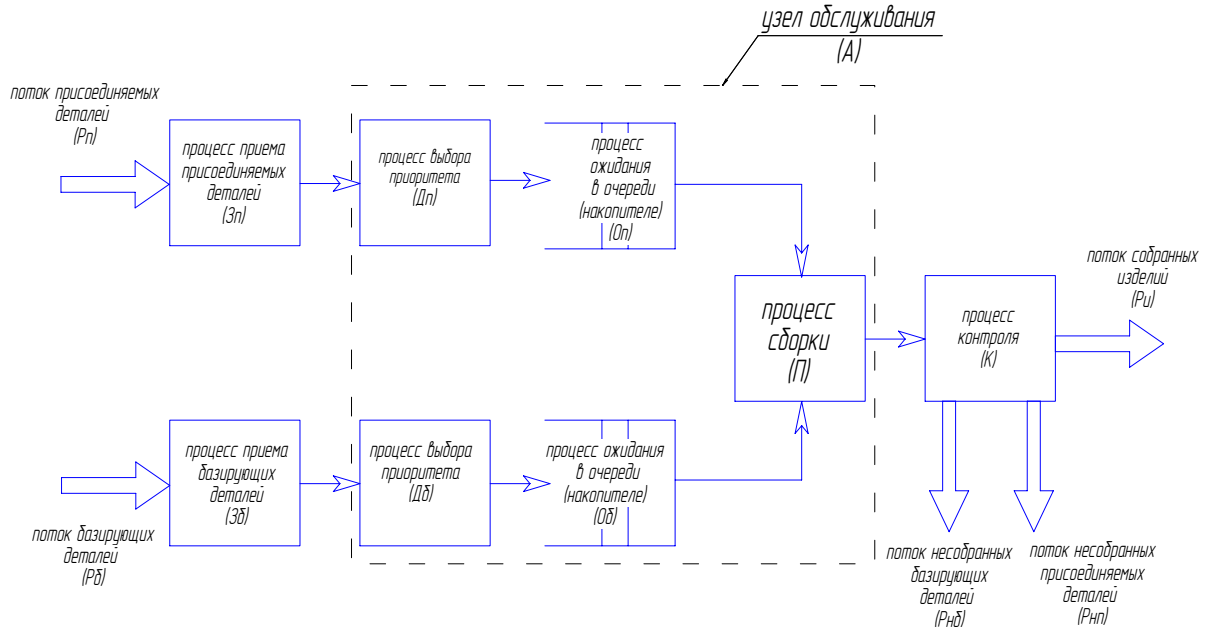


Рис.1. Модель сборочного автомата, как системы массового обслуживания

Детали с дисциплиной буферизации формируют очередь в накопителе, детали с дисциплиной обслуживания, минуя накопитель, поступают на сборку в обслуживающий прибор. По окончании сборки детали поступают в устройство, осуществляющее процесс контроля. По результатам контроля формируются потоки несобранных базирующих и присоединяемых деталей и поток собранных изделий.

Устройства, в которых осуществляются процессы выбора приоритета, процесс ожидания в очереди и обслуживающий прибор образуют узел обслуживания.

Каждый из процессов может протекать как в обособленных устройствах, так и в конструктивных частях одного автомата. При объединении автоматов в линию устройства, осуществляющие контроль изделий могут не дублироваться в каждом автомате.

Для описания потока деталей, в общем случае, необходимо задать интервалы времени $\tau_k = t_k - t_{k-1}$ между соседними моментами t_k и t_{k-1} поступления деталей с порядковыми номерами k и $k-1$ соответственно. ($k=1,2,3,\dots$; $t_0 = 0$ – начальный момент времени).

Основной характеристикой потока деталей является его интенсивность λ – среднее число деталей, проходящих через некоторую границу за единицу времени. Величина $a = 1/\lambda$ определяет средний интервал времени между двумя последовательно поступившими на сборку деталями.

Поток, в котором интервалы времени τ_k между соседними деталями принимают определенные заранее известные значения, называется **детерминированным** [3]. Если при этом интервалы одинаковы, то поток называется **регулярным**. Для полного описания регулярного потока достаточно задать интенсивность потока λ .

Поток, в котором интервалы времени τ_k между соседними деталями представляют собой случайные величины, называется **случайным**. Для полного описания случайного потока деталей, поступающих на сборку, в общем случае, необходимо задать законы распределений $A_k(\tau_k)$ всех интервалов τ_k ($k=1,2,3,\dots$).

Случайный поток, в котором все интервалы τ_k распределены по одному и тому же закону $A_k(\tau_k)$, называется **рекуррентным**. Поток деталей называется **ординарным**,

если в каждый момент времени t_k на сборку передается только одна деталь. Если в какой-либо момент времени может появиться более одной детали, то имеем **неординарный или групповой** поток деталей.

Поток деталей называется потоком **без последствия**, если детали поступают независимо друг от друга, то есть момент поступления очередной детали не зависит от того, когда и сколько деталей поступило до этого момента. Стационарный ординарный поток без последствия называется **простейшим**.

Опишем потоки СМО для сборочного автомата для различных методов организации сборки (используем сокращения, приведенные на рис. 1):

$Pб$, $Pи$ – детерминированный, стационарный ординарный (т.е. простейший), регулярный, рекуррентный поток без последствий.

- *сборка методом полной взаимозаменяемости:*

$Pи$ - детерминированный, регулярный, рекуррентный поток без последствий;

$Pии$, $Pиб$ – отсутствуют;

- *сборка селективная:*

$Pи$ - детерминированный, регулярный, рекуррентный поток без последствий;

$Pии$, $Pиб$ – отсутствуют;

- *сборка методом неполной взаимозаменяемости:*

$Pи$ – случайный поток с ограниченным последствием;

$Pии$, $Pиб$ – случайный поток с ограниченным последствием;

- *сборка методом пригонки (этот вид сборки не предпочтителен для автоматизации);*

- *сборка с применением компенсационных звеньев (автоматизация возможна при использовании деформируемого компенсатора)*

$Pи$ - детерминированный, регулярный, рекуррентный поток без последствий;

$Pии$, $Pиб$ – отсутствуют.

Интервалы времени τ_k между заявками в простейшем потоке распределены по экспоненциальному закону [1]:

$$A(\tau) = 1 - e^{-\lambda \cdot \tau}.$$

Закон распределения вероятности поступления элементов потока k за некоторый заданный промежуток времени t (закон Пуассона):

$$P(k, t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t}.$$

Сборку можно рассматривать как объединение потоков (суммирование H независимых стационарных ординарных потоков):

$$\Lambda = \sum_{k=1}^H \lambda_k.$$

Вероятностное разрежение простейшего потока, при котором любой элемент потока случайным образом с вероятностью p исключается из потока, ведет к образованию потока интенсивностью $\lambda' = p \cdot \lambda$.

Поток исключенных элементов (простейший) имеет следующую интенсивность: $\lambda'' = (1 - p) \cdot \lambda$. Интенсивность сборки может быть описана следующим выражением:

$$\mu = \frac{1}{b}, \text{ где } b - \text{ время сборки.}$$

Интенсивности потоков $Pи$ и $Pб$ имеют линейную зависимость. Тогда интенсивности поступления потоков в узел обслуживания A :

$$\lambda_n = \alpha_{n\delta} \cdot \lambda_n \text{ и } \lambda_{\delta} = \alpha_{n\delta} \cdot \lambda_{\delta}$$

где $\alpha_{n\delta}$ - коэффициент пропорциональности интенсивности потоков Pn и $P\delta$.

$$y = \frac{\Lambda}{\mu} = \Lambda \cdot b$$

Нагрузка на узел обслуживания определяется как

$$\rho = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{K \cdot T} \cdot \sum_{i=1}^K T_i$$

Коэффициент загрузки сборочного автомата:

где T – время процесса сборки;

K – количество узлов обслуживания в автомате;

T_i – время выполнения операции, осуществляемой в узле.

Вероятность возникновения элементов потоков несобранных деталей $Pn\delta$, Pnp :

$$\pi_n = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{N_n(T)}{N(T)}$$

где $N(T)$ - число элементов потоков $P\delta$, Pn , поступивших в узел за время T ;

$N_n(T)$ - число элементов потоков $Pn\delta$, Pnp , возникших в узел за время T .

$$\pi_0 = (1 - \pi_n) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{N_0(T)}{N(T)}$$

Вероятность сборки:

где $N_0(T)$ - число элементов потока собранных изделий Pu , возникших в узле за время T .

Производительность (интенсивность) СМО:

$$\lambda' = \pi_0 \cdot \lambda = (1 - \pi_n) \cdot \lambda$$

Интенсивность потоков $Pn\delta$, Pnp :

$$\lambda'' = \pi_y \cdot \lambda = (1 - \pi_0) \cdot \lambda, \text{ тогда } \lambda' + \lambda'' = \lambda_n + \lambda_{\delta}$$

$$\rho = \frac{(1 - \pi_n) \cdot y}{K} \quad \text{или} \quad \rho = \frac{\lambda' \cdot b}{K}$$

Коэффициент загрузки узла:

$$\pi_0 = 1 - \pi_n = \frac{\rho}{y} \cdot K$$

Тогда вероятность сборки:

$$\varpi = \frac{\rho \cdot b}{1 - \rho}$$

Среднее время ожидания сборки в очереди:

$$u = \frac{b}{1 - \rho}$$

Среднее время пребывания потоков в СМО (при $\Lambda=1$):

Приведенные зависимости позволяют описать процессы сборки для различных типов производства, для различных соединений и могут служить основой для составления оптимизационных моделей процессов по критерию времени сборки.

Список литературы: 1. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / Новиков М.П. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с. 2. Лебедевский М.С. Научные основы автоматической сборки / Лебедевский М.С., Вейц В.Л., Федотов А.И. – Л.: Машиностроение, 1985. – 316 с. 3. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с. 4. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. / Пер. И.И. Грушко. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с. 5. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: Практикум. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ, КАК КРИТЕРИЕВ ПРИ ВЫБОРЕ СПОСОБА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Понамарёва Е.А., Кульбида О.О. (*кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина*)

Сборочные работы в машиностроительном производстве занимают до 40% общей трудоемкости изготовления изделий, при этом оставаясь частью технологического процесса, наименее подверженной комплексной автоматизации. Причиной данного явления следует считать разнообразие типов соединений, недостаточную технологичность собираемых деталей, отсутствие типовых устройств для автоматизации сборки, нестабильность размеров собираемых деталей изделия.

В настоящий момент автоматизировано только 5..6% всех сборочных операций, тогда как механизации подвержено около 30% [1-4]. Большую часть сборочных работ традиционно производят вручную, при этом качество изделия напрямую зависит от физического и психо-эмоционального состояния рабочего-сборщика.

Достаточно частое в наше время явление в практике крупных корпораций – размещение предприятий по сборке изделий вдали от основного производства. Качество выпуска «колонизальных» экземпляров продукции в данном случае не ухудшается. Это объясняется возрастающей ролью автоматизации сборочных процессов: с уменьшением доли ручного труда снижается вероятность брака, вызванного некомпетентностью или невнимательностью рабочего-сборщика. При этом техническое обслуживание оборудования производится командированными специалистами основного предприятия. Этот принцип организации производства обеспечивает единые стандарты сборки для всех заводов компании.

Менталитет среднестатистического потребителя таков, что термин «автоматизированная сборка» внушает куда больше доверия к качеству конечного изделия, нежели «ручная». Особенно актуально это для стран постсоветского пространства. На предложение назвать возможные причины появления некачественных товаров большая часть опрошенных в сети Интернет указывает на низкую степень автоматизации производственного процесса, устаревшие технологии и оборудование, недостаточную ответственность рабочих. Согласно статистике, менее 20% украинцев считают отечественную сборку ни в чем не уступающей зарубежной. При этом производители стран Запада, размещая филиалы своего производства в нашей стране, вполне удовлетворены качеством выпускаемых изделий.

Большая часть продукции машиностроительных заводов Украины изготавливается в условиях средне- и мелкосерийного производств. При этом следует учитывать, что опыт автоматизации сборочных процессов приносит значительный экономический эффект предприятию только в условиях достаточно крупной годовой программы выпуска. Поэтому для условий серийного производства наиболее приемлемы сборочные системы гибкого типа – линии из быстроперенастраиваемых машин-автоматов, собранных из унифицированных узлов, а также сборочные роботы.

В наши дни роботизация является одним из наиболее перспективных направлений оптимизации сборочных операций, ввиду удобства перенастройки функционала под часто изменяющиеся условия работы. Востребованность этого типа автоматических устройств в сборочном производстве также можно объяснить тем, что робот осуществляет манипуляции, подобные действиям рабочего-сборщика, но более точно и подчиняясь строгой программе. Так же роботизация позволяет решать проблему сборки

средних и крупных изделий. Например, на сборочных предприятиях компании “Toyota” кузов автомобиля собирается за рекордно быстрое количество времени именно благодаря использованию роботов.

Эффективность автоматизации процессов сборки напрямую зависит от следующих критериев:

- идентичности сборочных операций для номенклатуры выпускаемых предприятием изделий;
- высокой трудоемкости и большого объема ручной сборки;
- повышенного риска брака;
- возможности получения травм рабочими в процессе сборки;
- сложных условий труда в сборочном цеху.

Разумеется, в случае, когда ручная или частично механизированная сборка полностью соответствует требуемому качеству выпускаемых изделий, а оплата труда сборщиков удовлетворяет экономическим показателям себестоимости, – вопрос об автоматизации не поднимается.

Согласно классическому подходу к решению проблемы автоматизации процессов сборки, предпосылками к ее осуществлению являются стабильность и массовость выпускаемой продукции. Решение о необходимости автоматизации на 90% зависит от объемов выпуска продукции и трудоемкости сборки в совокупном производственном процессе [3, 4]. Наибольшую востребованность автоматические системы сборки нашли в условиях крупно-серийного и массового производства, для изделий малых габаритов, без частых изменений в конструкции и пользующихся устойчивым спросом, например для подшипников качения, ламп, блоков цилиндров автомобилей, деталей гидро- и пневмоаппаратуры и т.д. Также на принятие решения о способе автоматизации сборочных процессов оказывает влияние традиционный для предприятия метод достижения точности замыкающего звена, косвенно или напрямую влияющий на организацию всего производственного процесса.

Проанализируем существующие методы достижения точности замыкающего звена с точки зрения возможности использования в автоматизированных сборочных технологических процессах.

Наиболее приемлемым для автоматизированного сборочного производства является метод полной взаимозаменяемости. Он изначально подразумевает изготовление деталей с узкими полями допусков присоединительных размеров и сборку изделий с короткими размерными цепями. Это гарантирует 100%-ную собираемость. При этом значительно удорожается процесс получения деталей ввиду достижения большей точности размеров. Машины для автоматической сборки по данному методу имеют наиболее простую и надежную конструкцию, подразумевающую лишь подачу, ориентирование и непосредственное соединение деталей, не требующие предварительного контроля и проверки предметов сборки на пригодность достигаемой цели.

Метод неполной взаимозаменяемости также может быть подвержен автоматизации при условии наличия в составе сборочного оборудования специальных контрольных устройств, способных отбраковать поступающую на сборку деталь и исключить несобираемость соединения. Данный метод основан на том, что получаемые в процессе обработки размеры редко имеют граничные значения поля допуска, чаще размещаясь посередине. Это дает возможность расширить границы поля допуска, делая механическую обработку менее затратной и работать с многозвенными размерными цепями.

Метод групповой взаимозаменяемости (селективной сборки), основанный на принципе предварительного отбора и сортировки деталей по размерным группам также в ряде случаев целесообразен к применению [1], особенно, когда количество групп ограничено. В Японии этот метод получил название «метод соответствующего выбора». Автоматы подобного типа собирают узлы, выбирая для заданной детали парную из соответствующей точностной группы. Размерная цепь в таком случае содержит одно многопредметное звено, чьим предназначением является компенсация общей погрешности сборки. В данном случае сборочная линия оснащается специальной контрольной аппаратурой, которая производит оценку базовой детали и осуществляет выбор парной детали соответственно полученной информации.

Наименее удобным для использования в автоматизированном сборочном производстве является метод пригонки, хотя существуют, но не получили широкого распространения, сборочные автоматы, осуществляющие непосредственное соединение, контроль, анализ погрешности сборки и последующую пригонку. Так, например, при сборке плунжерных пар топливной аппаратуры машина осуществляет пригонку шлифованием непосредственно на точке сборки, согласно логическим взаимосвязям, заложенным в программу управления.

Основным фактором, тормозящим процесс автоматизации сборочного производства, является сложность и дороговизна изготовления и обслуживания сборочных автоматов. Конструкция каждой машины должна обеспечивать выполнение требований по сборке конкретного соединения, а система автоматов в конечном итоге – последовательно производить сборку изделия. Большая номенклатура изделий практически сводит на нет сам принцип подобной организации – затраты на регулярную переналадку и частые изменения конструкции автоматической линии способны разорить любое предприятие.

С учетом данной проблемы, наиболее рациональным является организация сборочных производств по методу оптимальной комбинации ручной и автоматизированной сборки: однотипные по исполнению и монотонные операции осуществляются при помощи машин-автоматов, а задачи, требующие различного подхода к своему решению, выполняются уже рабочими-сборщиками на местах.

Подобного рода система внедрена на предприятиях немецкого концерна «Mercedes-Benz» [5]. Сборка коробок передач легковых автомобилей осуществляется на двух автоматизированных линиях: на первой линии собираются картер сцепления и картер коробки передач, на второй производится окончательная сборка. Гибкое сочетание ручной сборки и работы автоматов позволяет собирать на линиях до 15 типов изделий. В задачи автоматизированного сборочного оборудования данных линий входят следующие операции:

- наживление и завинчивание шпилек (не менее 27 штук в одном изделии);
- запрессовка втулок (более 8 типов в одной коробке) и сальников (около 4 шт.);
- запрессовка подшипников;
- определение монтажного размера дифференциала и его установка;
- определение толщины регулировочных шайб, их подбор и установка.

Передача узлов по линиям осуществляется при помощи приспособлений-спутников, кодированных согласно типу собираемой коробки передач, на транспорте с несинхронной связью. Передача узлов между линиями выполняется манипулятором. Большая часть загрузочных операций на позиции автоматической сборки осуществляется вручную. Наиболее трудоемкие и сложные соединения также выполняются опера-

торами. Производительность приведенной выше системы сборки – 105 штук/час (цикл выхода изделия – 25 секунд) при общей загрузке оборудования на 80%.

Эти показатели, равно как и успешная конкурентоспособность автомобилей марки «Мерседес» на мировом рынке, демонстрируют эффективность и перспективность создания таких комбинированных систем, объединяющих в себе сильные стороны как ручной, так и автоматизированной сборки.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что преодоление всех перечисленных выше трудностей требует существенных капиталовложений, что при всех плюсах автоматизации сборочных процессов является часто наибольшей проблемой для предприятий. Затраты на разработку проекта, затраты на изготовление, сборку, настройку сборочных автоматов и транспортных систем, затраты на обслуживание автоматической линии в целом, затраты на современную высококласную электронику и контрольно-управляющую аппаратуру, расходы на обучение персонала, расходы на высокую заработную плату узкоквалифицированных специалистов-механиков – это неполный ряд основных статей расходов автоматизированного производства. Так же немаловажным экономическим недостатком автоматизированных систем сборки следует назвать долгий срок окупаемости. В условиях достаточно нестабильной рыночной ситуации позволить себе такую долгосрочную стратегию могут лишь предприятия, твердо уверенные в своей конкурентоспособности в глазах потребителя.

Список литературы: 1. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / Новиков М.П. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с. 2. Лебедевский М.С. Научные основы автоматической сборки / Лебедевский М.С., Вейц В.Л., Федотов А.И. – Л.: Машиностроение, 1985. – 316 с. 3. Замятин В.К. Технология и автоматизация сборки. – М.: Машиностроение, 1993 – 464 с. 4. Касилов В.В. Технологические основы проектирования автоматического сборочного оборудования. — М.: Машиностроение, 1976 – 382 с. 5. «Клуб любителей Mercedes-Benz Россия». Режим доступа: <http://www lovemercedes.ru/>.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ ЛИНИЙ

Чокнадий И. В., Буленков Е. А. (кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В условиях рыночной экономики автоматизацию производства стержневых крепежных изделий целесообразно осуществлять с помощью многономенклатурных роторных линий [1, 2]. Технологический процесс изготовления данных изделий включает в себя простые штамповочные операции, а применение многономенклатурных роторных систем позволит реализовать комплексную автоматизацию производства. Однако создание многономенклатурных роторных систем затрудняется тем, что недостаточно полно изучены возможные варианты структур многономенклатурных роторных линий [3, 4]. Поэтому разработка структурно-функциональных моделей обработки деталей в условиях многономенклатурных роторных линий является актуальной задачей.

Следует отметить, что при реализации многономенклатурного производства по классической схеме, т.е. когда в каждой позиции многономенклатурной роторной машины (МРМ) обрабатывается только одна деталь, количество позиций в МРМ будет соответствовать количеству типоразмеров изделий. Например, количеству типоразмеров винтов, изготавливаемых на многономенклатурной автоматической роторной линии (МАРЛ). Это приводит к увеличению потерь на холостые ходы в МРМ (рис. 1). На рисунке 1а показана схема ротора, в котором потерь нет, т.е. количество позиций соответствует требуемой $Пт$. Детали поступают в МРМ по входному потоку V и выдаются по выходному потоку W . Цифрами 1 и 2 соответственно обозначены зоны приема и выдачи изделий, 3 и 4 – зоны быстрого подвода и отвода инструмента, tp – зона обработки и 5 – зона контроля и обслуживания инструмента.

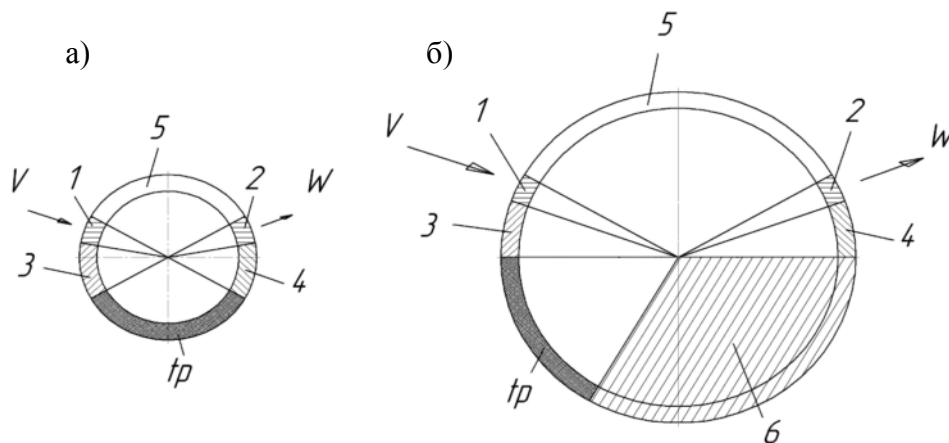


Рис. 1. Схемы роторов

На рис. 1б показана схема ротора, в котором обрабатывается в два раза больше различных изделий с той же производительностью $Пт$. Частота вращения такого ротора будет в два раза меньше, а время обработки изделия останется без изменений. При этом значительную часть времени, обозначенную на схеме цифрой 6, ротор будет работать вхолостую после завершения обработки изделия.

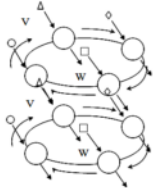
Таким образом, известные способы создания МАРЛ не позволяют эффективно использовать возможности данных линий. Объединение для производства на МАРЛ большого количества различных типоразмеров изделий приведет к появлению большого количества потерь на холостые ходы в МРМ. Для решения этой проблемы необходимо создавать такие МАРЛ и МРМ, в которых не будет зависимости между количеством типоразмеров изделий и количеством инструментальных блоков (ИБ) в МРМ.

Для разработки структурно-функциональных моделей обработки деталей была построена структурная схема технологического процесса изготовления изделий на МАРЛ и предложена методика разработки общих функционально-структурных моделей. Данная методика может быть использована при описании структуры операции любого группового технологического процесса изготовления деталей на любой МАРЛ. При этом возможны восемь различных структурно-функциональных моделей обработки деталей (табл. 1).

Таблица 1. Структурно-функциональные модели обработки деталей

	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>

Продолжение таблицы 1.

	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
---	--

Следует отметить, что почти все роторные линии создавались на основе только одной схемы обработки. Поэтому, с целью использования многолетнего опыта создания роторных линий, рационально при создании МАРЛ использовать именно эту схему, описываемую формулой:

$$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j . \quad (1)$$

Предложенные общие функционально-структурные символьные модели отражают подпроцессы, протекающие в соответствующих структурных элементах МАРЛ. Наряду с этим, связь между групповым технологическим процессом изготовления изделий и структурой МАРЛ, на которой он реализуется, проявляется в виде маршрутизации изделий.

Список литературы: 1. Клусов И. А. Технологические системы роторных машин для серийного производства. /Автоматизация технологических процессов: Сб. науч. тр.- Тула: Тульский политехн. ин-т, 1981 - с. 13 -19. 2. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.- Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с. 3. Клусов И. А. Развитие роторных технологий. // Вестник машиностроения.- 2003.- №4.- с. 46-50. 4. Прейс В. В., Крюков В. А. Комплексная автоматизация производства на базе автоматических роторных и роторно-конвейерных линий. // Вестник машиностроения.- 2002.- №11.- с. 35-39.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Шконда П.А., Рыбинская Т.А., Шаповалов Р.Г.
(кафедра механики, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия)

Автоматизация производственных процессов имеет важное значение на современном этапе развития машиностроения при становлении рыночных отношений. Основой производственных процессов являются автоматизированные технологические процессы механической обработки и сборки, которые обеспечивают высокую производительность и необходимое качество изготавливаемых изделий.

Современное отечественное машиностроение должно развиваться в направлении автоматизации производства с широким использованием ЭВМ и роботов, внедрения гибких технологий, позволяющих быстро и эффективно перестраивать технологию

ские процессы на изготовление новых изделий. Автоматизация проектирования технологии и управления производственными процессами — один из основных путей интенсификации производства, повышения его эффективности и качества продукции.

Наиболее высокая эффективность мероприятий по автоматизации производственных процессов присуща предприятиям, характеризующимся большой серийностью выпускаемых изделий, высокой надежностью автоматизированных процессов, минимальной частотой и длительностью переналадок, минимальными дополнительными затратами и на автоматизированное оборудование, с большим опытом автоматизации.

Основные принципы построения технологии механической обработки в автоматизированных производственных системах

Раскрыть потенциальные возможности автоматизированных производственных систем (АПС) и обеспечить их максимальную эффективность можно только тогда, когда проектированию АПС предшествуют глубокие технологические разработки, соблюдение основных принципов технологии. Рассмотрим некоторые из них.

1. **Принцип завершенности** заключается в том, что следует стремиться к выполнению всех операций в пределах одной АПС без промежуточной передачи полуфабрикатов в другие подразделения или вспомогательные отделения. Для реализации принципа необходимы: обеспечение требований по технологичности изделий; разработка новых унифицированных методов обработки и контроля; расширение и обоснование типажа оборудования АПС с повышенными технологическими возможностями.

2. **Принцип малооперационной технологии** заключается в формировании технологических процессов (ТП) с максимально возможным укрупнением операций, с минимальным числом операций и установок в операциях. Для реализации принципа необходимы те же мероприятия, что и для принципа 1, а также оптимизация маршрутов и операционной технологии, применение методов автоматизированного проектирования ТП.

3. **Принцип «малолюдной» технологии** заключается в обеспечении автоматической работы АПС в пределах всего производственного цикла. Для реализации принципа необходимы: стабилизация отклонений входных технологических параметров АПС (заготовок, инструментов, станков, оснастки); расширение и повышение надежности методов операционного информационного обеспечения; переход к гибким адаптивным системам управления (СУ) ТП со статистической коррекцией управляющей программы (УП).

4. **Принцип «безотладочной» технологии** заключается в разработке ТП, не требующих отладки на рабочих позициях. Принцип особенно актуален для ширококонструктивных АПС, он близок к принципу 3. Для его реализации необходимы те же мероприятия, что и для принципа 3.

5. **Принцип активно-управляемой технологии** заключается в организации управления ТП и коррекции проектных решений на основе рабочей информации о ходе ТП. Корректировать можно как технологические параметры, формируемые на этапе управления, так и исходные параметры технологической подготовки производства (ТПП). Для реализации принципа необходимы: разработка методов и алгоритмов адаптивного управления ТП; разработка методов статистической коррекции базы данных (БД) для создания самообучающихся АПС.

6. **Принцип оптимальности** заключается в принятии решения на каждом этапе ТПП и управлении ТП на основе единого критерия оптимальности. Для реализации принципа необходимы: разработка теоретических основ оптимизации ТП; разработка

алгоритмов оптимизации для условий работы АПС; разработка специальных технических, аппаратных, программных средств реализации указанных алгоритмов.

Принцип оптимальности создает единую методическую основу решения технологических задач на всех уровнях и этапах, позволяет выработать наиболее эффективное, однозначное и взаимоувязанное решение указанных задач. Помимо рассмотренных для технологии АПС характерны и другие принципы: компьютерной технологии, информационной обеспеченности, интеграции, безбумажной документации, групповой технологии. Все они объединены в единую систему ТПП и управления. Это позволяет говорить о создании принципиально новой технологии АПС, реализующей наиболее эффективные технические решения и максимально раскрывающей потенциальные технические и технологические возможности АПС. Последний принцип групповой технологии является фундаментальным для всех АПС, так как именно он обеспечивает «гибкость» производства.

Экономическая эффективность автоматизации производства

Основные критерии экономической эффективности автоматизации

Оценка средств и методов автоматизации по экономической эффективности является более обобщенной, чем оценка по отдельным техническим характеристикам. Сравнивая различные варианты новых автоматизированных систем по их экономической эффективности, выбирают наилучший. Сравнивая принятый вариант по экономическим показателям с действующим производством, можно определить целесообразность замены и модернизации последнего. С учетом показателей технико-экономической эффективности уточняют производственные характеристики с проектированной АПС.

Основными критериями технико-экономической эффективности создаваемых и внедряемых АПС являются следующие.

1. Годовой экономический эффект от применения АПС.

При определении эффективности различают:

- предварительный экономический эффект. Определяется для выявления целесообразности проектирования автоматизированных участков, т. е. при составлении технического задания на проектирование;
- ожидаемый экономический эффект. Рассчитывается на стадии разработки технического и рабочего проекта;
- фактический экономический эффект. Определяется на стадии внедрения проекта в производство.

2. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений.

3. Капитальные вложения потребителя.

4. Себестоимость годового объема продукции.

К крупнейшим машиностроительным предприятиям Ростовской области относятся:

Таганрогский автомобильный завод (ТагАЗ) с производством полного цикла общей площадью 60 тыс. м².

Конвейерная линия ТагАЗа размещена по вертикали — на четырех этажах главного корпуса завода. Сообщение между уровнями организовано при помощи системы лифтов и подъемников. Каждый из уровней оборудован монорельсами, подъемными и транспортными механизмами. Оборудование размещено очень компактно.

Все выпущенные с конвейера автомобили проходят дорожный тест на треке с различными дорожными покрытиями.

Производственная мощность завода — 180 000 единиц 6 разных моделей автомобилей в год.

Таганрогский автомобильный завод увеличил продажи легковых и коммерческих автомобилей в 2011 году на 13,2%. В то же время производство выросло по отношению к 2010 году на 21,4%.

За 2011 год Таганрогский автомобильный завод реализовал 30 633 автомобиля 14 различных моделей, или 113,2 % к прошлому году. В этот же период была произведена 30 551 единица техники, что составило 121,4% к прошлому году.

«Роствертол» — российская авиастроительная компания и одноимённое авиастроительное предприятие, расположенное в Ростове-на-Дону.

В 2010 году «Роствертол» передал заказчикам 23 вертолёт (в том числе 12 Ми-28Н Министерству обороны России, один М-26Т в Китай, 10 Ми-35: четыре — в Мьянму, по три — в Индонезию и Бразилию), в 2009 году — 16 вертолёт

В 2009 году российские вертолеты занимали 4,2-4,4% мирового рынка. В 2010 году занимали 7% рынка по количеству выпускаемых винтокрылых машин. В перспективе, к 2020 году, планируем занять 15-17% мирового рынка", - сообщил исполнительный директор холдинга "Вертолеты России" А.Б. Шибитов.

Ростсельмаш - российское предприятие, производящее зерноуборочные комбайны. Является самым крупным на Юге России предприятием. На долю завода приходится 17 % мирового рынка сельхозтехники и 65 % российского.

В 2009 году предприятие выпустило более 200 новых машин TORUM 740, в 2010 завод вышел на проектную мощность — 500 комбайнов в год. Инвестиции в производство новой машины составили свыше 700 млн руб.

Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ) - завод, выпускавший в СССР и выпускающий в России магистральные грузовые и пассажирские электровозы.

Производственный комплекс завода включает в себя электротехническое, механическое, металлообрабатывающее, металлургическое, холодно — штамповочное, сборочное и другие виды производства, охватывающие весь процесс изготовления локомотивов. По уровню технологической организации НЭВЗ является ведущим в отрасли. На заводе осуществляется комплекс мероприятий по совершенствованию конструкций электровозов, улучшению технологии изготовления деталей и узлов, применению более прогрессивных материалов и методов обработки.

Выручка завода в 2005 составила 4,9 млрд руб., чистая прибыль — 380,2 млн руб.

В 2006 году завод выпустил 156 магистральных электровозов.

В 2008 реализовано продукции на сумму свыше 14,8 млрд руб. (153,1 % от показателей 2007).

Созданные на НЭВЗе локомотивы, обладающие высокой степенью надёжности при работе в жестких климатических и сложных рельефных условиях, водят составы, перевозящие 80% всех грузов на электрифицированных железных дорогах России и стран ближнего зарубежья.

С поточных линий завода сошло более 16000 локомотивов свыше 65 типов.

Электровозы, выпущенные на НЭВЗе, эксплуатируются в странах СНГ, Финляндии, Польше и Китае.

Сегодня НЭВЗ занимает лидирующие позиции по производству тягового подвижного состава для железных дорог страны. В 2011 г. по данным официального сайта завод реализовал продукции на сумму свыше 16,8 млрд. руб., объем выпуска продукции в 2012 г. увеличен на 30%.

Контроль и диагностика качества продукции

Основой надежной работы автоматизированных технологических систем является непрерывный или периодический контроль за ходом ТП, реализуемых в этих системах. При этом решаются задачи по контролю точности деталей, точности работы оборудования, выявлению причин отклонения от заданной точности деталей и оборудования, к определению методов и средств контроля, а также вопросы защиты от аварийных ситуаций. Для реализации этих функций в современном производстве активно используют микропроцессоры, лазерные системы и другую технику.

Контроль — проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Под объектом технического контроля понимают подвергаемую контролю продукцию, процессы ее создания, применения, транспортирования, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующую техническую документацию.

Следовательно, объектом, данные о состоянии и свойствах которого подлежат при контроле сопоставлению с установленными требованиями, может быть продукция или процесс.

Контроль в АП бывает межоперационный (промежуточный), операционный (непосредственно на станке), послеоперационный, окончательный. Автоматизированному контролю должны подвергаться все элементы технологической системы: деталь, режущий инструмент, приспособление, само оборудование. Предпочтительными являются методы прямого контроля, хотя методы косвенного контроля шире используют при контроле инструментов, диагностике состояния оборудования.

Контроль в процессе обработки является одним из наиболее эффективных методов технического контроля, так как позволяет повысить качество выпускаемой продукции при одновременном увеличении производительности труда.

Повышение эффективности автоматизированного производства, в первую очередь, осуществляется путем широкого использования моделирования автоматизированных систем и методов комплексной автоматизации, а также управления производственными процессами и объектами. При этом большое внимание уделяется качеству изготавливаемой продукции машиностроения. При решении этой задачи достаточно глубоко рассматриваются вопросы надежности и применения методов контроля и диагностики.

Список литературы: 1. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении./ Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Машиностроение, 1985. 2. Капустин Н.М., Кузнецов П.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. — М.: Машиностроение, 2004.