**Тема 1.1.1.3 Этапы развития автоматизации производства**

Автоматизация производства – это процесс, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Автоматизация – это основа развития современной промышленности, генеральное направление научно-технического прогресса. Цель автоматизации производства заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства. Различают автоматизацию производства: частичную, комплексную и полную.

При *частичной автоматизации* часть функций управления производством автоматизирована, а часть выполняется рабочими-операторами (полуавтоматические комплексы). Как правило, такая автоматизация осуществляется в тех случаях, когда управление процессами в следствие их сложности или скоротечности практически недоступно человеку.

При *комплексной автоматизации* все функции управления автоматизированы, рабочие-операторы только налаживают технику и контролируют её работу (автоматические комплексы). Комплексная автоматизация требует применения таких систем машин, оборудования, вспомогательной техники, работа которых превращает исходные материалы в готовый продукт без физического вмешательства человека.

*Полная автоматизация производства* – высшая ступень автоматизации, которая предусматривает передачу всех функций управления и контроля комплексно-автоматизированным производством автоматическим системам управления.

Развитие автоматизации производства можно условно подразделить на три этапа.

Первый этап автоматизации охватывает период времени с начала XVIII до конца XIX столетия. В 20-е годы XVIII столетия в России А.Нартовым был разработан автоматический суппорт для токарно-копировального станка. В 1765 г. русским механиком И.И.Ползуновым – творцом первой паровой машины универсального назначения – был создан первый в мире промышленный автоматический регулятор для поддержания постоянного уровня воды в котле паровой машины. Измерительный орган – поплавок, находящийся на поверхности воды, перемещаясь, изменял подачу жидкости, идущей по трубе в котёл через отверстие клапана. Если уровень воды поднимался выше положенного, то поплавок, перемещаясь вверх, закрывал клапан и подача воды прекращалась. В регуляторе Ползунова была реализована идея, являющаяся и поныне центральной в устройствах автоматического регулирования. В 1784 г. английским механиком Дж. Уаттом также для паровой машины был разработан центробежный регулятор скорости. В течение всего XIX столетия происходило совершенствование регуляторов для паровых машин. На первом этапе развития автоматизации были попытки создания автоматических станков и линий с жёсткой кинематической связью.

Следует отметить, что развитие автоматизации производства в этот период времени основывалось на принципах и методах классической механики.

Второй этап развития автоматизации производства охватывает период времени конец XIX и середина XX столетия. Этот этап связан с развитием электротехники и практическим использованием электричества в средствах автоматизации. В частности, важное значение имеет изобретение П.Л.Шиллнгом магнитоэлектрического реле (1850 г.) – одного из основных элементов электроавтоматики, разработка Ф.М.Балюкевичем и др. в 80-х г.г. XIX столетия ряда устройств автоматической сигнализации на ж.-д. транспорте, создание С.Н.Апостоловым-Бердичевским и др. первой в мире автоматической телефонной станции.

К началу XX века относится широкое развитие и использование электрических систем автоматического регулирования. Индивидуальный привод отдельных рабочих органов машин и введение между ними электрических связей существенно упростили кинематику машин, сделали их менее громоздкими и более надёжными. Будучи более гибкими и удобными в эксплуатации, электрические связи позволили создать комбинированное электрическое и механическое программное управление, обеспечивающее автоматическое выполнение неизмеримо более сложных операций, чем на машинах-автоматах с механическим программным устройством. Для второго этапа развития автоматизации характерно появление электронно-программного управления: были созданы станки с числовым программным управлением, обрабатывающие центры и автоматические линии, содержащие в качестве компонента оборудование с программным управлением.

Сороковые-пятидесятые годы XX столетия ознаменовались началом бурного развития радиоэлектроники. Электронные устройства обеспечивают более высокие быстродействия, чувствительность, точность и надежность автоматических систем. Наступил третий этап развития автоматизации с широким использованием управляющих ЭВМ, которые для каждого момента времени рассчитывают оптимальные режимы технологического процесса и вырабатывают управляющие команды по всем автоматизируемым операциям.

Переходом к третьему этапу развития автоматизации послужили новые возможности ЧПУ, основанные на применении микропроцессорной техники, что позволило создавать принципиально новую систему машин, в которой сочетались бы высокая производительность автоматических линий с требованиями гибкости производственного процесса. Современные микроэлектроника и ЭВМ позволяют достичь высшего уровня автоматизации.

**2. Организационно-технические особенности создания и эксплуатации автоматических линий**

Дальнейшим развитием поточного производства является его автоматизация, сочетающая непрерывность производственных процессов с автоматическим их выполнением. Автоматизация производства в машиностроении и радиоэлектронном приборостроении (РЭП) развивается в направлении создания станков, автоматов, полуавтоматов и агрегатов с ЧПУ автоматизированных и автоматических поточных линий, автоматизированных и автоматических участков, цехов и даже заводов.

Автоматическая линия (АЛ) – это система согласованно работающих и автоматически управляемых станков (агрегатов), транспортных средств и контрольных механизмов, размещенных по ходу технологического процесса, при посредстве которых производится обработка деталей или сборка изделий по заранее заданному технологическому процессу в строго определенное время (такт АЛ).

Роль рабочего на АЛ сводится лишь к наблюдению за работой линии, наладке и подналадке отдельных механизмов, а иногда к подаче заготовки на первую операцию и снятию готового изделия на последней операции. Это позволяет рабочему управлять значительным числом машин и механизмов.

В соответствии с функциональным назначением АЛ могут быть механообрабатывающими, механосборочными, сборочными, заготовительными, контрольно-измерительными, упаковочными и др.

Основным параметром (КПН) АЛ является производительность. Производительность линии считают по производительности последнего выпускного станка. Различают: 1) технологическую, 2) цикловую, 3) фактическую, 4) потенциальную производительность линии.

Технологическая производительность определяется по формуле

https://uchil.net/images/44/21/5094421.png (1)

где https://uchil.net/images/44/22/5094422.png - машинное время обработки детали, т.е. основное время (https://uchil.net/images/44/23/5094423.png).

Цикловая производительность рассчитывается по формуле

https://uchil.net/images/44/24/5094424.png (2)

где https://uchil.net/images/44/25/5094425.png - длительность рабочего цикла (https://uchil.net/images/44/26/5094426.png), мин; https://uchil.net/images/44/27/5094427.png - время холостых ходов рабочей машины, связанных с загрузкой и разгрузкой, межстаночным транспортированием, зажимом и разжимом деталей, т.е. вспомогательное время (https://uchil.net/images/44/28/5094428.png).

Для большинства автоматических линий длительность рабочего цикла и всех его элементов остается неизменной в процессе работы машины, поэтому технологическая и цикловая производительности являются постоянными величинами. В реальных условиях периоды бесперебойной работы рабочей машины АЛ чередуются с простоями, вызванными различными организационными причинами. Вследствие этого фактическая производительность АЛ определяется по формуле

https://uchil.net/images/44/29/5094429.png (3)

где https://uchil.net/images/44/30/5094430.png - коэффициент использования рабочей машины (станка, автомата, линии) во времени, может быть рассчитан по формуле

https://uchil.net/images/44/31/5094431.png (4)

где https://uchil.net/images/44/32/5094432.png - время внецикловых простоев (обслуживания рабочего места), приходящееся на единицу продукции, может быть определено по формуле

https://uchil.net/images/44/33/5094433.png (5)

где *tтех* – время, затрачиваемое на техническое обслуживание, связанное с регулировкой механизмов, подналадкой и текущим ремонтом оборудования, сменой инструмента и др; *tорг* – время, затрачиваемое на организационное обслуживание, обусловленное внешними причинами, функционально несвязанное и независящее от конструкции АЛ (это отсутствие заготовок, несвоевременный приход и уход рабочего, брак предыдущих операций и др.).

С учетом потерь времени только по причинам технического обслуживания определяется потенциальная производительность АЛ.

https://uchil.net/images/44/34/5094434.png (6)

Технический уровень АЛ (коэффициент технического использования) определяется по формуле https://uchil.net/images/44/35/5094435.png (7)

Организационно-технический уровень (коэффициент общего использования) АЛ определяется по формуле https://uchil.net/images/44/36/5094436.png (8)

Важнейшим календарно-плановым нормативом АЛ, характеризующим равномерность выпуска продукции является такт (или ритм потока). Он определяется суммарным временем обработки изделия (https://uchil.net/images/44/22/5094422.png), временем установки, закрепления, раскрепления и снятия, а также транспортировки его с одной операции на другую (https://uchil.net/images/44/27/5094427.png).

https://uchil.net/images/44/37/5094437.png (9)

АЛ с гибкой связью оснащаются, как правило, независимым межоперационным транспортом, позволяющим передавать детали с операции на операцию независимо от другой. После каждой операции на линии создается бункерное устройство (магазин) для накопления межоперационного задела, за счет которого осуществляется непрерывная работа станков.

**3. Организационно-технические особенности создания и эксплуатации роторных линий**

Разновидностью комплексных АЛ являются роторные автоматические линии (РАЛ).

РАЛ представляет собой комплекс рабочих машин (роторов), транспортных машин (роторов), приборов, объединенных единой системой автоматического управления, в которой одновременно с обработкой заготовки перемещаются по дугам окружностей рабочих роторов совместно с воздействующими на них рабочими инструментами.

Рабочие и транспортные роторы находятся в жесткой кинематической связи и имеют синхронное вращение.

Рабочий ротор представляет собой жесткую систему, на периферии которого на равном расстоянии друг от друга монтируются рабочие инструменты в быстро-съемных блоках и рабочие органы, сообщающие инструментам необходимые движения. Каждый инструмент на различных участках своего пути совершает все необходимые элементы движения для выполнения операции. Для малых усилий применяются механические исполнительные органы, для больших – гидравлические (например, штоки гидравлических силовых цилиндров).

Инструмент, как правило, монтируется комплексно в блоках, сопрягаемых с исполнительными органами рабочего ротора преимущественно только осевой связью, что обеспечивает возможность быстрой замены блоков.

На периферии транспортных роторов на равном расстоянии друг от друга устанавливаются заготовки для изготовления деталей или сборочные единицы для сборки изделий. Транспортные роторы принимают, транспортируют и передают изделия (заготовки) на рабочие роторы. Они представляют собой барабаны или диски, оснащенные несущими органами.

Для передачи изделий между рабочими роторами с различными шаговыми расстояниями или различным положением предметов обработки транспортные роторы могут изменять угловую скорость и положение в пространстве транспортируемых предметов.

Рабочие и транспортные роторы соединяются в линии общим синхронным приводом, перемещающим каждый ротор на один шаг за время, соответствующее такту линии (https://uchil.net/images/44/38/5094438.png).

На РАЛ можно одновременно обрабатывать несколько типоразмеров деталей сходной технологии, т.е. они могут применяться как многопредметные линии и не только в массовом, но и в серийном производстве. В настоящее время широко применяются для производства радиодеталей, штампованных деталей, для расфасовки, упаковки и др. видов работ.

Основными календарно-плановыми нормативами РАЛ являются:

1. Такт роторной линии, он определяется временем перемещения заготовки и инструмента на расстояние (https://uchil.net/images/44/39/5094439.png) между двумя смежными позициями ротора (шаг ротора).

https://uchil.net/images/44/40/5094440.png (10)

где https://uchil.net/images/44/41/5094441.png - транспортная скорость (линейная) движения инструмента (предмета труда) или, что то же самое, окружная скорость ротора, которая определяется по формуле:

https://uchil.net/images/44/42/5094442.png или https://uchil.net/images/44/43/5094443.png (11)

где https://uchil.net/images/44/44/5094444.png -- угловая скорость вращения ротора оборотов/секунду или оборотов/мин.; https://uchil.net/images/44/45/5094445.png -- радиус ротора, мм, см; https://uchil.net/images/44/46/5094446.png - период вращения (время, за которое ротор совершает полный оборот), сек, мин; https://uchil.net/images/44/47/5094447.png - постоянное число, приблизительно равное 3,14.

Окружные скорости двух роторов (рабочего и транспортного) всегда должны быть равны, это обеспечивает точность позиционирования

https://uchil.net/images/44/48/5094448.png (12)

где https://uchil.net/images/44/49/5094449.png, https://uchil.net/images/44/50/5094450.png, https://uchil.net/images/44/51/5094451.png, https://uchil.net/images/44/52/5094452.png -- соответственно угловые скорости и радиусы рабочего и транспортного роторов.

2. Длительность производственного цикла обработки заготовки определяется длиной пути https://uchil.net/images/44/53/5094453.png от места загрузки заготовки до места выдачи детали с той же скоростью

https://uchil.net/images/44/54/5094454.png (13)

Длительность цикла участия в процессе рабочего инструмента https://uchil.net/images/44/55/5094455.png больше величины https://uchil.net/images/44/56/5094456.png обработки детали и определяется временем полного оборота ротора, т.е.:

https://uchil.net/images/44/57/5094457.png (14)

где https://uchil.net/images/44/58/5094458.png - длина полной окружности ротора.

Составляющими элементами длительности цикла является сумма интервалов, связанных с поворотом рабочего ротора на определенный угол https://uchil.net/images/44/59/5094459.png

https://uchil.net/images/44/60/5094460.png (15)

где https://uchil.net/images/44/61/5094461.png - передача заготовки из транспортного ротора в инструментальный блок рабочего ротора (https://uchil.net/images/44/62/5094462.png); https://uchil.net/images/44/63/5094463.png - контроль за правильностью положения, наличием или отсутствием заготовки перед обработкой (https://uchil.net/images/44/64/5094464.png); https://uchil.net/images/44/65/5094465.png - закрепление заготовки и подвод инструмента (https://uchil.net/images/44/66/5094466.png); https://uchil.net/images/44/22/5094422.png -- время непосредственной обработки детали (https://uchil.net/images/44/67/5094467.png); https://uchil.net/images/44/68/5094468.png -- отвод инструмента (https://uchil.net/images/44/69/5094469.png); https://uchil.net/images/44/70/5094470.png -- раскрепление изделия (https://uchil.net/images/44/71/5094471.png); https://uchil.net/images/44/72/5094472.png -- снятие и передача изделия с рабочего ротора в транспортный ротор (https://uchil.net/images/44/73/5094473.png); https://uchil.net/images/44/74/5094474.png -- холостое движение инструментального блока(https://uchil.net/images/44/75/5094475.png).

Период холостого хода, соответствующий углу https://uchil.net/images/44/75/5094475.png, обычно используется для ручных или автоматических процессов смены инструмента, контроля и очистки от отходов производства;

3. Цикловая производительность роторной машины (два ротора рабочий и транспортный) определяется по формуле

https://uchil.net/images/44/76/5094476.png (16)

где https://uchil.net/images/44/77/5094477.png - число рабочих органов (инструментальных позиций) на рабочем роторе.

Цикловая производительность РАЛ определяется по формуле как величина обратная такту,

https://uchil.net/images/44/78/5094478.png (17)

Фактическая производительность роторной линии определяется по формуле

https://uchil.net/images/44/79/5094479.png (18)

где https://uchil.net/images/44/80/5094480.png - коэффициент использования РАЛ.

РАЛ отличаются определенным уровнем гибкости и позволяют получать достаточно высокие технико-экономические показатели. Например, по сравнению с отдельными автоматами не роторного типа сокращается производственный цикл в 10-15 раз; уменьшаются межоперационные заделы в 20-25 раз; высвобождаются производственные площади; снижается трудоемкость и себестоимость продукции; капитальные затраты окупаются за 1-3 года.

**ЛИТЕРАТУРА**

1.         Гибкие автоматизированные производства в отраслях промышленности. Кн.7/ Под ред. И.Н.Макарова. – М.: Высшая школа, 1986. – 176 с.

2.         Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях. Учебно-методическое пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 392 с.

3.         Организация производства и управление предприятием. Учебное пособие / Под ред. О.Г.Туровца. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 350 с.