



РОБОТИЗАЦИЯ – СПОСОБ РОСТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ОПЫТ ИНТЕГРАТОРА

С.В. Шевелёв, И.В. Князев (Компания «Фруктонад Групп»)

Рассмотрены проекты роботизации на производстве магнезиальных огнеупорных материалов Магнезит, молочной продукции компании Молти, соусов и майонезов компании Unilever. Указаны сложности и проблемы, тормозящие развитие отрасли промышленной робототехники. Показаны преимущества промышленной роботизации.

Ключевые слова: промышленный робот, робототехнический комплекс, система безопасности, интеграция, экономическая эффективность.

Роботизация в России

Известно, что через небольшой период времени промышленные роботы будут изготавливать, контролировать качество, сокращать время проектирования, а также уменьшать отходы и многое др. Сегодня можно сказать с уверенностью, что уже сформировался и окреп тренд на роботизацию со стороны реального сектора экономики. Российские компании вслед за своими западными коллегами пришли к выводу, что промышленные роботы – это реально и производства будущего немислимы без применения робототехнологий.

И предпосылкой тому достаточно. На сегодня уровень развития отрасли промышленной робототехники таков, что по большому счету практически любая производственная задача может быть решена с использованием робототехнических технологий. Да и сами промышленные роботы обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Они способны выдерживать высокие нагрузки. С большой точностью и скоростью они выполняют производственные задачи, способны работать в негативных для человека условиях, обладают повышенным запасом прочности. Их развитие продолжается: с помощью технологии технического зрения и искусственного интеллекта они могут выполнять более сложные и многосоставные задачи.

Со временем промышленные роботы становятся доступнее. Они подходят и для массового производства, и для выпуска небольших партий товаров. Простота внедрения вместе с легкостью обслуживания также делает промышленных роботов доступнее. Все перечисленные факторы указывают на то, что современные промышленные роботы – уникальный инструмент на производстве.



Рис. 1. Самый крупный робот ABB IRB 8700 на производстве Магнезит

Практически любая передовая компания, задающая сегодня тренды в своей сфере деятельности в том или ином виде, использует робототехнические технологии. Хочется быть еще более категоричным – на сегодня лидерство в своей сфере невозможно без использования промышленной робототехники. И ни один из признанных лидеров не стал бы таковым, если бы не использовал технологические достижения.

Робототехнический комплекс на производстве магнезиальных огнеупорных материалов

Рассмотрим проект, реализованный компанией «Фруктонад Групп» на производстве группы Магнезит, существующей на рынке с 1901 г. Сегодня – это флагман производства магнезиальных огнеупорных материалов, поставляющий свою продукцию на отечественный и зарубежный рынки. Производство находится в г. Сатка (Челябинская область).

Компания пришла к пониманию важности автоматизации в самом широком смысле этого слова. Были осуществлены уже несколько проектов по роботизации производства. Эти проекты интересны не только своими масштабами, а и тем, что здесь был впервые установлен самый крупный робот АВВ в России с уникальными техническими характеристиками - АВВ IRB 8700 (рис. 1). Это промышленный робот весом 4,5 т, полезной нагрузкой до 1000 кг, радиусом действия до 3,5 м и увеличенным межсервисным интервалом. Он обеспечивает на 25% более высокую скорость работы, чем любой другой робот в этом классе. Робот характеризуется классом защиты Foundry Plus 2, что гарантирует непревзойденную надежность даже в самых экстремальных условиях. А производство «Магнезит» отличается большим количеством графитовой пыли в воздухе, так как огнеупорный кирпич производится из прессованных сыпучих материалов, поэтому содержание в воздухе вредной для человека пыли крайне велико.

Задача робота состояла в том, чтобы автоматизировать процесс вынимания металлических паллет с огнеупорным кирпичом весом около 800 кг из стеллажей после сушки с последующим переключением на линию сортировки всего за 45 с. Вес паллеты с продукцией и высокая скорость перемещения не предполагали ручной труд. Поэтому роботизация была единственным вариантом решения данной производственной задачи.

Робототехнический комплекс (РТК) данного проекта (рис. 2) состоит из следующих частей:

1 - этажерка с паллетами на рельсовых путях; 2- робот АВВ IRB 8700; 3 - конвейер для приема паллет с кирпичами; 4- конвейер для выгрузки пустых металлических паллет; 5 и 6 - магазин пустых паллет; 7 – пьедестал; 8 - захват робота; 9 - шкаф управления роботом IRC5; 10 - ограждения безопасности, световая и звуковая сигнализация.

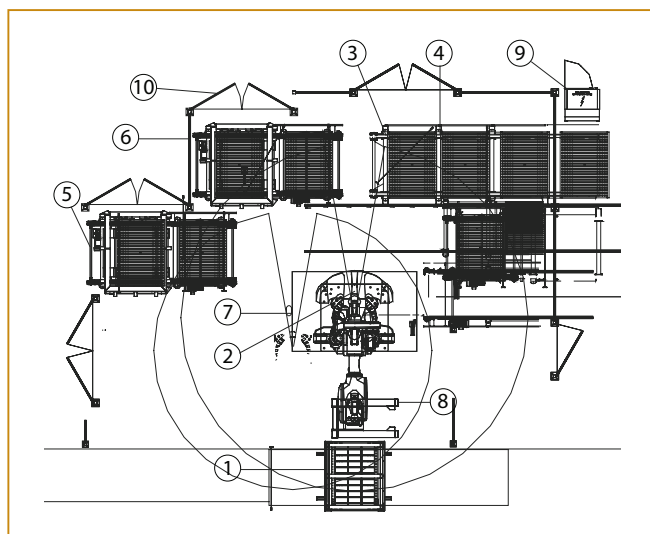


Рис. 2. Схема роботизированной ячейки, установленной на производстве Магнезит

Все основные процессы работы с паллетами осуществляет промышленный робот АВВ IRB 8700 (поз.2). Он установлен на пьедестале в центре технологической линии для охватывания всех процессов во внутренней площади. Высота пьедестала является оптимальной для осуществления данных операций и позволяет выполнять все процессы, производимые роботом, во внутренних габаритах ячейки. Шкаф робота (поз. 9) предназначен для пуска, остановки и программирования робота.

Исполнительными инструментами для работы с металлическими паллетами служит вилочный захват для подъема продукции на поддоне (поз.8). Захват робота – это цельносварная металлическая конструкция.

Основные элементы захвата робота:

- вилы для фиксации паллет в захвате;
- фланец для крепления захвата к роботу;
- датчики для обнаружения препятствия перед захватом;
- датчики для определения положения паллеты в захвате.

Данный захват предназначен для работы только с роботом АВВ IRB8700 и является авторской разработкой конструкторского бюро «Фруктонад Групп». Данный захват был спроектирован, изготовлен и испытан в условиях, максимально приближенных к реальным, и нагрузкой, превышающей в 1,5 раза.

Описание работы РТК

Робототехнический комплекс выгружает металлические паллеты с периклазоуглеродистыми изделиями из этажерки поз.1. Этажерка с металлическими паллетами на рельсовой тележке поступает к роботу поз.2. Время обработки роботом одной этажерки с шестью паллетами – 360 с. Этажерка автоматически позиционируется перед роботом. Робот в направлении сверху вниз вынимает металлические паллеты с изделиями по одной и устанавливает их на цепной конвейер поз.3.

Каждая установленная паллета сдвигается на фиксированное расстояние, достаточное для установки, следующей паллеты.

После установки на цепной конвейер последней шестой паллеты робот начинает заполнение этажерки пустыми паллетами в обратном порядке – снизу вверх. Паллеты берутся с подводящего цепного конвейера поз.4.

В случае отсутствия пустых металлических паллет перед роботом паллеты забираются из магазина паллет поз.5, который выдает эти паллеты к роботу в автоматическом режиме из стопки, загружаемой в магазин вилочным погрузчиком. Стопка из 10 паллет загружается сверху.

Предусмотрен сбор пустых паллет, поступающих от сортировщиков, если рельсовые тележки с этажерками по какой-то причине не поступают. В этом случае робот переносит пустые паллеты к другому магазину паллет поз.6, в котором они собираются в стопку

≤10 паллет. Паллеты из этого магазина вынимаются вилочным погрузчиком через верх.

В рамках проекта роботизации процессов паллетирования компания «Фруктонад Групп» разработала специальную систему паллетных конвейеров, обеспечивающую транспортировку тяжелых металлических паллет. Система состоит из двух видов конвейеров:

- для выгрузки пустых металлических паллет. Конвейер предназначен для подготовки поступающих пустых паллет в зону работы робота и для дальнейшей укладки паллет в этажерки. Он автоматически выравнивает каждую поступившую пустую паллету перед тем, как ее берет робот своим захватом;

- для приема паллет с кирпичами. Конвейер предназначен для укладки роботом на него полных паллет и отвода уложенных паллет из данной зоны.

Система безопасности РТК

Вокруг роботизированной ячейки устанавливается ограждение поз.10 с двухконтурной системой безопасности. Система ограждений предназначена для защиты работников от опасности, создаваемой движущимися частями производственного оборудования, изделиями, заготовками и материалами, и устанавливает требования безопасности к конструкции, применению и размерам ограждения в зависимости от расположения опасных элементов.

Для обеспечения безопасности оператора РТК паллетизации оснащен фиксированными и распашными (ворота и двери) ограждениями. Электрические и механические предохранительные механизмы, установленные на них, предназначены для защиты от рисков, связанных с предусмотренным использованием данной машины, ее настройкой и техническим использованием. Ограждения, препятствующие доступу к элементам оборудования, требующим особого внимания или специально оговоренным в проекте, имеют автоматическую блокировку, обеспечивающую работу оборудования только при защитном положении ограждения.

Система соответствует стандартам PLe (SIL 3), включающей кнопки аварийного отключения питания и замки на воротах и калитках для предотвращения беспрепятственного проникновения внутрь ячейки. При открывании таких калиток и/или ворот контроллер безопасности робота полностью блокирует подачу питания на роботизированную ячейку.

Расположение, крепление и назначение ограждений в РТК спроектировано по ГОСТ ISO 13857-2012 и установлено на безопасном расстоянии для предотвращения доступа в опасные зоны. Цвет окраса ограждений соответствует ГОСТ 12.4.025-2015 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная».

Для доступа к технологическому оборудованию имеются распашные ворота, распашные двери, оборудованные электрическими замками, а также дополнительно механическими задвижками. Электрические замки входят в состав автоматической системы блоки-

ровки, предотвращающей работу машины, когда одна из распашных ограждений открыта. Кроме того, оборудование не запустится, пока все защитные устройства не будут полностью закрыты. Ограждения безопасности надежно зафиксированы к полу при помощи анкерных болтов.

Световая сигнализация

Предусмотрено также свето-звуковое оповещение. Индикатор световой/звуковой аварийной сигнализации в любое время показывает оператору состояние машины:

- А) *красный свет*: машина находится в состоянии «остановка» по причине прерывания работы защитным устройством;

- В) *желтый свет*: служебное сообщение;

- С) *зеленый свет*: машина находится в работе;

- Д) *звуковой сигнал*: подается в случае возникновения аварийной ситуации.

Шкаф управления

Шкаф управления работой робота изготовлен из стального короба с дверцей, тип защиты по DIN40050 IP54. Выполнен он в напольном исполнении. В нем содержатся все электрические управляющие устройства робота. Шкаф робота предназначен для запуска, остановки и программирования робота, а также оповещения о возникших неполадках. На передней панели шкафа размещены все необходимые органы управления для легкой и правильной работы с оборудованием.

Взаимодействие с другим оборудованием

Шкаф управления роботом обменивается электрическими сигналами со шкафами управления:

- конвейерами приема паллет с кирпичами и выгрузки пустых металлических паллет;

- подачей этажерок в зону сортировки роботом.

Данный проект очень наглядно иллюстрирует важный тренд роботизации – применение робота на одном участке неизбежно приводит к изменению всего технологического процесса. Ведь робот меняет не только скорость, но и ритмичность выполнения всех операций в производственной цепочке. Если оставить все как есть, то на смежных участках люди не смогут конкурировать с роботом в скорости выполнения операций. А, значит, экономическая эффективность будет неизбежно страдать.

Проект на производстве группы Магнезит это подтвердил: внедрение робота повлекло за собой изменение всей технологии сушки периклазоуглеродистых изделий, что в итоге привело к существенному росту показателей выпуска продукции. Кроме этого, был снижен процент ручного неквалифицированного труда на производстве, уровень производственного травматизма и др.

Заказчик получил технологии, сделавшие производственный процесс предприятия по-настоящему эффективным.

РТК на производстве молочной продукции компании Молти

Отметим интерес и других заказчиков к вопросам робототехники. Так, компания Молти интегрировала в собственное производство двух роботов АВВ, переложив на них всю функциональность по паллетизации ультрапастеризованного молока в упаковке ТБА перед отправкой на склад.

На каждую из двух производственных линий было установлено по роботу-паллетизатору АВВ (модель IRB 460). Этот четырехосевой робот имеет грузоподъемность до 110 кг, способен выполнять до 2190 циклов в час и прекрасно подходит для высокоскоростной укладки на паллеты готовой продукции. Кроме того, он компактен, что было одним из принципиальных требований, учитывая, что весь робототехнический комплекс нужно было разместить на ограниченной площади. И в этом была основная сложность проекта. На весь РТК, состоящий из двух роботизированных ячеек, каждая из которых включала систему автоматической подачи паллет, конвейерную линию подачи коробов, робота АВВ (модель IRB 460) и лифт для паллет, отводилось более чем скромные 85 м². Все оборудование необходимо было «уместить» в отведенный метраж, не нарушая при этом жесткие стандарты безопасности, предъявляемые к пищевым производствам (рис. 3).

В конце производственных линий был установлен автоматический обмотчик паллет с готовой продукцией.

Таким образом, после реализации проекта компания Молти увеличила объем выпускаемой продукции, свела к минимуму ручной труд на производстве и ощутимо выиграла в площадях.

Этот опыт обеспечил отличные экономические показатели, и компания теперь планирует продолжать модернизацию своего производства.

РТК на производстве компания Unilever

Рассмотрим робототехнический проект по выпуску соусов и майонезов компании Unilever в г. Тула -



Рис. 3. РТК в компании Молти

мирового гиганта, всемирно известного лидера по производству товаров повседневного спроса. Данный проект интересен не только своими масштабами, но и «продвинутой» системой безопасности, впервые установленной на отечественном производстве.

Шесть высокоскоростных упаковочных линий были роботизированы с помощью двух роботов-паллетайзеров АВВ (IRB 660). Эти модели обладают высокими техническими характеристиками: грузоподъемностью 180 кг, зоной работы свыше 3 м, классом защищенности IP 67 для пищевого производства. Также были установлены система конвейеров и магазин паллет (рис. 4).

Роботы АВВ универсальным захватом, разработанным конструкторским бюро «Фруктонад Групп», устанавливают паллеты, затем укладывают на них короба с готовой продукцией в несколько слоев, перекрывая каждый ряд прокладочными листами. Далее укомплектованная паллета уходит на склад готовой продукции.

Система безопасности нового поколения SafeMove2, которой был снабжен проект, впервые устанавливалась в России. Эта система предполагает безопасное соседство робота и человека. SafeMove2 осуществляет постоянный мониторинг траекторий робота, а также скорость его работы. А система ограждений с использованием активных замков не позволяет человеку войти в зону работы робота. Благодаря этому роботы можно располагать на предприятии ближе друг к другу, что обеспечивает экономию ценного производственного пространства, а, значит, и средств. И, кроме того, дает уверенность в том, что сотрудники предприятия не подвергнутся опасности из-за такого соседства. Благодаря этому решению производственная линия предприятия теперь соответствует стандарту безопасности SIL 3.

На производстве Unilever два робота обслуживают шесть поточных линий. Раньше на этом производственном отрезке работало 16 человек. Интеграция промышленных роботов позволила исключить неквалифицированный ручной труд, снизить риски по эргономике и безопасности, оптимизировать внутрицеховую транспортную логистику, получить экономическую выгоду. Высвободившиеся сотрудники после переобучения были переведены на более квалифицированные позиции, не связанные с ручным трудом.

Доступность промышленных роботов

Подводя итоги реализованных робототехнических проектов, необходимо развеять очень распространенный миф, связанный с роботизацией: интеграция робота на производстве – услуга дорогая и позволить ее могут далеко не все, а лишь крупные компании. Это неверное и в корне неправильное представление о возможностях промышленной робототехники. Напротив, затраты на внедрение робототехнических комплексов довольно скромны, например, в сравнении с периодической технической модернизацией. На



Рис. 4. РТК в компании Unilever

цену проекта влияют конкретные производственные задачи, которые стоят перед компанией и в некоторых случаях вполне можно обойтись «малой кровью».

Ценообразование здесь достаточно прозрачно. Примерно 20...40% уходит на промышленный робот. А оставшиеся 80...60% – это работа интегратора, который осуществляет проект. Именно интегратор отвечает за результат. Он разрабатывает проект на основе выбранной модели робота, конструирует и изготавливает промышленный захват, конвейерные системы, паллетные конвейеры, отвечает за программирование, осуществляет установку, пуско-наладку, обучение сотрудников компании работе с роботом, сервисное обслуживание, также обеспечивает другие технические вопросы.

Учитывая, что в каждом случае необходимо решить абсолютно конкретную задачу, интегратор поможет сэкономить бюджет без переплат за ненужные функции. Таким образом можно найти ту золотую середину цена-качество.

Кроме того, чем привычнее становится робот на отечественном производстве, тем меньше стоимость его установки. Оптимизируется весь процесс интеграции: появляются наработанные сценарии, упрощаются некоторые процессы внедрения, серийные варианты, подходы, производственные ситуации и т.д. Сегодня активное развитие сетевых технологий, программного обеспечения сделали разработку, установку и обслуживание промышленных роботов более удобной, быстрой и дешевой.

Все это повышает доступность промышленных роботов для компаний даже с очень ограниченным бюджетом на модернизацию.

Затратная часть роботизации

Стоимость роботизации зависит от многих факторов: уровня развития производства, перечня задач,

*Совершенных роботов
все-таки не бывает.
Этим они похожи на людей.*

Роман Арбитман

которые надо решить в ходе роботизации, банально-го места для размещения роботов и сопутствующего оборудования, а также целого ряда других вопросов и исходных данных.

Внушительной статьёй расходов является фонд оплаты труда наемных работников. С использованием промышленных роботов эта проблема уходит. В некоторых случаях, один промышленный робот может заменить до шести человек без ущерба для функциональности. А прибавив сюда и другие неоспоримые плюсы роботов – повышение объемов выпуска продукции, практически полное исключение брака продукции, экономию времени и материалов (например, если роботизируется покрасочное производство), возможность работы в круглосуточном режиме, отсутствие перерывов в работе, связанных с обедом, перекурами, отдыхом и т.д., полное снижение вплоть до исключения травматизма на производстве и др. – становится понятно, что за этим решением будущее.

Опыт реализованных проектов показывает, что, например, интеграция одного робота на производство в среднем окупается за 2...4 года. А дальше робот работает на прибыль компании. Причем в некоторых случаях нижняя граница может еще уменьшаться. Все зависит от конкретного производства и тех задач, которые необходимо решить [1].

Оценивать экономическую составляющую надо комплексно. Промышленный робот – это отличное вложение средств. Это гибкий инструмент, который всегда будет востребован на производстве даже при смене продукции или упаковки. Допустим, поменялся объем тары. В этом случае понадобится совсем немного времени, чтобы внести изменения в программу робота, в редких случаях необходимо будет внести еще и изменение в захват робота. И все – робот снова работает по новым параметрам.

Промышленный робот против человека

Бытует мнение, что повальная роботизация полностью исключит человеческий труд на производстве и оставит за воротами многие кадры. А это чревато снижением уровня жизни населения, обнищанием, расслоением и другими социальными проблемами. Однако опасаться этого абсолютно не нужно. Ведь человеческий труд на производстве не исчезнет, наверное, никогда. Промышленные роботы хоть и избавляют от ручного и неквалифицированного труда, тем не менее, требуют контроля. Как правило, этот контроль осуществляют операторы. Также востребованы будут наладчики и сервисные инженеры.

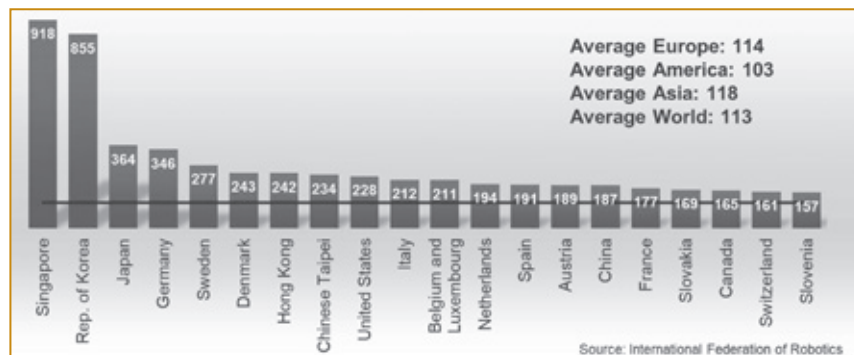


Рис.5. Число роботов на 10 тыс. сотрудников промышленных предприятий (2019 г.) в разных странах мира

Опыт многих стран мира, с успехом автоматизировавших собственные производства (рис. 5), подтверждает, что человек не теряет работу, а лишь меняет позицию в рамках текущей компании (<https://iffr.org/iffr-press-releases/news/robot-race-the-worlds-top-10-automated-countries>)

Иными словами, его квалификация растет и он (после обучения) от ручного труда переходит на более квалифицированные позиции. Так вчерашний грузчик, после повышения собственной квалификации, становится оператором робототехнической ячейки, или наладчиком оборудования. Развитые страны прошли этот путь, и их опыт красноречиво подтверждает тот факт, что с внедрением промышленных роботов человек совершенно не пострадал, а напротив улучшил свои позиции внутри компании, а также свой собственный профессиональный уровень [2].

Сдерживающие факторы развития промышленной робототехники

Сдерживающим фактором развития промышленной робототехники выступает сравнительно дешевая рабочая сила, особенно это ощущается в регионах и банальное нежелание собственников и управленцев что-либо менять в производственном процессе. Они по старинке откладывают модернизацию производства, продолжая использовать дешевую рабочую силу.

Преградой для развития промышленной робототехники выступают также и человеческий фактор — персонал сопротивляется всему новому. Более того роботы иногда порождают дискомфорт у работников. Страх потерять работу и остаться невостребованными

ми порождают порой панические настроения, а иногда и банальный саботаж нововведений. Например, в таких благополучных с точки зрения роботизации стран как Германия, США, Великобритания существуют целые движения против роботизации промышленности.

Пандемия - катализатор развития

Сторонники традиционного производства рано или поздно все же пойдут навстречу новым технологиям.

Однако уже сейчас понятно, что приверженцы «старых» технологий уже проигрывают. И пандемия коронавируса это показала без прикрас. Людской ресурс, на который делают ставку приверженцы традиционных технологий, дал сбой, приведший к масштабным потерям. Пандемия повлекла за собой и коррекцию миграционных потоков. Резкий отток неквалифицированных работников привел к колоссальному кадровому голоду. Последствия этого ощущаются до сих пор. Некоторые компании просто не выжили во время вынужденного локаута. Таких чудовищных последствий можно было бы избежать, если на производстве вместо людей трудились бы промышленные роботы.

Компании поняли это, и на сегодня можно констатировать буквально взрывной интерес к роботизированным решениям. Пандемия Covid-19 сыграла в данном случае при всей своей негативности роль катализатора. Вдруг осознав, что делать ставку на человека в мире высоких технологий ошибочно, компании бросились восполнять пробелы, активно интересоваться преимуществами робототехники. Пандемия вывела промышленный сектор из зоны комфорта и показала альтернативный путь развития. Прислушаются ли отечественные управленцы к голосу времени, покажет ближайшая перспектива.

Список литературы

1. Спиридонов А. Роботы на заводах: к 2025 г. возьмут на себя четверть задач и будут понимать нас с полуслова. 2020. <https://blogs.forbes.ru>
2. Ron Miller. Sami Atiya from ABB says industrial robots will add jobs, not take them away.

*Шевелёв Сергей Владимирович - генеральный директор,
Князев Игорь Владимирович — канд. филолог. наук, руководитель отдела маркетинга
компании «Фруктонад Групп».
[Http:// sixdof.ru](http://sixdof.ru)*