

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СНГ

Е.И. Коваленко (ООО «Розум Роботикс»)

*На протяжении последних 10 лет производство коллаборативной робототехники ежегодно прирастает на 40...50%. При этом по темпам внедрения коботов страны азиатского региона уверенно обгоняют традиционные рынки высокоразвитых стран ЕС и США. В странах СНГ коллаборативная робототехника только начинает нащупывать свое место в общей цепочке производственной автоматизации. В статье рассматриваются основные отличия коботов и традиционных роботизированных комплексов, преимущества коботов, основные тренды и перспективы отечественного рынка коллаборативной робототехники, сдерживающие факторы и драйверы роста.*

*Ключевые слова: коллаборативная робототехника, промышленные роботы, автоматизация, коботы.*

До 2010-х годов темп в роботизации и автоматизации производства задавали промышленные роботы, но за последние 8 лет ситуация кардинально изменилась. Можно смело утверждать, что мы живем в трансформационный период, название которому — Industry 4.0. При этом одну из ключевых ролей в нем играют коллаборативные роботы (коботы).

Ключевая особенность промышленных роботов заключается в том, что их необходимо устанавливать в специальную огороженную ячейку. Когда человек входит в такую ячейку, робот останавливается. За счет этого достигается безопасность. Коллаборативный робот в отличие от промышленного способен работать в непосредственной близости от человека.

Впервые о необходимости создания робота-ассистента заговорили на заводах General Motors в США в середине 90-х годов XX столетия. Рабочим на конвейере приходилось вручную устанавливать аккумуляторы в выпускаемые автомобили. Вес аккумулятора — 18 кг, за 1 час нужно установить 60 аккумуляторов, 8 рабочих часов в день, 200 рабочих дней в год. В общем, компенсации работодателя на медицинские расходы работников после нескольких лет работы на таком конвейере зашкаливали. А автоматизировать процесс при помощи существующих на тот момент технологий было просто невозможно.

Так, в 1999 г. появился первый патент на коллаборативных роботов или коботов.

При этом первые коботы решали проблему нагрузки на рабочих лишь наполовину: они позволяли удерживать груз, управление осуществлялось при помощи компьютера, при этом в движение такие роботы приводились за счет мускульной силы самих рабочих.

В 2008 г. компания Universal Robots (Дания) совершила революцию в мире робототехники и выпустила коллаборативного робота в виде самостоятельного устройства, которое может работать в непосредственной близости от человека и быть абсолютно безопасным. Первая выпущенная модель UR5 имела грузоподъемность 5 кг. Этого было вполне достаточно для большинства операций.

Ключевыми потребителями новой продукции стали небольшие производственные предприятия с конвейерным производством. Промышленные роботизированные решения были не по карману малому бизнесу. Тем более, они накладывали серьезные ограничения на общую мобильность производства

и требовали наличия значительных производственных площадей.

Коллаборативная робототехника смогла сразу привлечь армию сторонников за счет следующих основных преимуществ коботов:

- ценовая доступность;
- ускоренная окупаемость и возврат инвестиций 6...12 мес.;
- минимальное время от момента доставки до внедрения в производственный процесс 1,5 ч;
- легкость программирования (начиная от «ручного» обучения так называемого hand guiding для людей, не знакомых с программированием, и заканчивая открытым API для профессионалов;
- безопасность (линейная скорость перемещения ограничена 2 м/с, при этом используются различные интеллектуальные решения, которые автоматически останавливают кобота при контакте с человеком).

Физические характеристики кобота (вес — 15...20 кг, высота — около 1,5 м) не требуют проведения затратных пусконаладочных работ при внедрении кобота в производственный процесс.

За 10 лет с момента своего появления коботы сделали огромный рывок вперед. В 2015 г. во всем мире продано 3670 коботов [1], что на 43% больше предыдущего года. Причем тренд на рост рынка в пределах 40...50% наблюдается ежегодно.

Ведущий рынок коллаборативной робототехники в 2016 г. — Европа (основные страны — Германия, Великобритания, Франция) [2]. Далее в порядке убывания Северная Америка и Азия. Наибольший рост при этом показывает азиатский рынок. Основной сферой применения коботов остается автомобилестроение и производство электроники, а самыми популярными операциями являются погрузка/перемещение и сборка.

Текущий опыт производства коллаборативных роботов позволяет сделать выводы о реальных потребителях этого типа робототехники среди отечественных предприятий. Здесь и далее приводятся практические данные производителя коботов Rozum Robotics (Беларусь).

90% запросов на поставку коллаборативных роботов в реалиях СНГ поступает от частных предприятий. Остальные 10% — научно-исследовательские организации и предприятия государственной формы собственности.

## *Техника приходит на помощь любому желанию и любому страху.*

Габриэль Оноре Марсель

Самый популярный тип операций для автоматизации при помощи коботов — перемещение (pick and place). В принципе, это соответствует общемировой практике, где на первом месте идет сборка (assembly), а на втором перемещение (что во многих случаях практически одно и то же).

Второй по популярности тип запросов — работа со специфическими захватными устройствами и энд-эффекторами. Например, шершевание обуви, свинчивание, нанесение клея и герметиков, распыление. То есть в данном случае кобот непосредственно управляет работой насадки и выступает единым полноценным операционным комплексом.

Третий тип операций — различного рода линейные перемещения оборудования пользователя по контуру предметов. В данном случае кобот выступает инструментом, который выполняет функцию физического перемещения некоего технического комплекса по определенной траектории. К данному типу операций можно отнести рентгеновское исследование, ультразвуковую диагностику, работу с различными типами сварки. К слову, в Беларуси сварочные роботы — самые популярные типы продаваемых роботов. В России 47% продаваемых роботов также сварщики [3].

Потенциальных покупателей коллаборативных роботов можно условно разделить на четыре типа.

1. Клиент-проектировщик. Слышал про автоматизацию, раньше не задумывался об этом, но, возможно, применил бы у себя на предприятии. Интересуется общей информацией по технологии.

2. Клиент-потребитель. Планирует автоматизировать производство. Отсутствует техническая экспертиза, ищет готовое решение с минимумом “головной боли”.

3. Клиент-изобретатель. Ищет подходящее для автоматизации решение, обладает большой технической экспертизой

4. Клиент-исследователь. Занимается проведением научных исследований в области робототехники.

Основной вопрос первой группы потребителей — стоимость. Зачастую происходит сравнение коботов с моделями из более низкой ценовой и технологической категории: так называемыми “хоббийными роботами” (типа DOBOT, uArm). В таких случаях необходимо обращать внимание потребителя на техническое превосходство коботов (точность позиционирования 0,01 гр, повторяемость 0,1 мм, шесть степеней свободы, позволяющих избежать большинства мертвых зон). Важно проводить сравнение полной стоимости “владения” одним работником и одним коботом (заработная плата, отчисления, возможные расходы на брак, сервисное обслуживание, суточная загрузка и пр.). Такой тип потребителей либо сразу отказыва-

ется от внедрения коботов, либо переходит в следующую категорию клиентов-потребителей.

Клиенты-потребители помимо цены интересуются законченностью решения, сроками автоматизации, эксплуатацией кобота, его обслуживанием и пр. В данном случае важна поставка полностью готового решения “под ключ”. Важно, чтобы производитель кобота мог в некотором плане выполнять функции интегратора. Для представителей данной категории важны наличие удобного интерфейса ПО, универсальность креплений, пост-продажный сервис.

Третий тип — клиенты-изобретатели. Это могут быть как крупные финансово стабильные предприятия, при которых функционируют свои лаборатории, так и молодые компании, которые разрабатывают новый продукт. В обоих случаях манипулятор является инструментом, который используют разработчики для создания своего продукта. Данная группа является наиболее подкованной в технических аспектах. Как правило, представители данного типа потребителей прекрасно разбираются в характеристиках производителей. Для работы с таким типом клиентов необходимо особое внимание со стороны производителя и большая техническая экспертиза. Зачастую, речь может идти о нестандартных решениях, работе с API. Клиентам-изобретателям важно иметь возможность удаленного программирования кобота (например, посредством программного интерфейса Visual Components), интегрировать кобота через CAN-интерфейс и пр.

Клиент-исследователь представляет отдельную категорию. Сюда можно отнести вузы и научно-исследовательские центры. Так, в России в 2015 г. 5% всех роботов установлено именно в образовательные учреждения [3]. И это второй по объему “заказчик” в стране после сферы автомобилестроения. В данном случае, как правило, роботы приобретаются за счет господдержки, поэтому цена не является принципиальным моментом. Важна работа со всеми параметрами кобота, максимальные возможности для исследовательских проектов, гибкость производителя. Положительным фактором является наличие соглашений с вузами на проведение производственной практики для студентов на базе производств разработчиков коботов.

### **Потенциальный рынок**

В России насчитывается более 400 тыс. промышленных предприятий — потенциальных объектов для внедрения робототехники [4]. В Беларуси в 2015 г. насчитывалось 13 тыс. промышленных предприятий [5]. Причем, рука-манипулятор может быть использована во всех областях, даже в добывающей промышленности.

В России насчитывается порядка 275 инженерно-технических вузов и порядка 60 специализированных кафедр, которые готовят специалистов по мехатронике-робототехнике. При этом робототехнические лаборатории созданы также на базе многих непроиз-

водственных предприятий. Например, Центр робототехники при Сбербанке России, Робототехнический центр в Сколково. В Беларуси мощная робототехническая лаборатория функционирует при Брестском технологическом университете и поддерживается компанией “Савушкин Продукт” (лидер молочной отрасли Беларуси, занимает 3-е место в РФ).

#### Основные барьеры рынка

Выделим следующие основные факторы, мешающих активному внедрению роботов на рынке СНГ.

1) Отсутствие информации о существовании роботов и их преимуществах. С учетом того, что среднее время отставания России от лидеров рынка во внедрении робототехники составляет порядка 7...10 лет, а современные роботы появились в 2008 г., сейчас происходит первичное проникновение коллаборативной робототехники на рынок. На западном рынке Universal Robots в свое время выступила “ледоколом” отрасли: компания потратила огромные усилия и средства на многочисленные публикации в СМИ, интервью, наглядные демонстрации, мастер-классы. Таким образом, понятие коллаборативной робототехники закрепилось в сознании. Сейчас в отечественных СМИ появляется все больше публикаций, посвященных роботам (как правило, речь идет о робототехнических ресурсах и технологических on-line платформах).

2) Отсутствие мотивации дилеров и интеграторов в области продвижения роботов. Для реализации проекта по автоматизации производства конечный пользователь обращается в первую очередь к системному-интегратору. Средний импортный промышленный робот стоит порядка 4,5...6,4 млн. руб. Средняя стоимость отечественного робота — порядка 1,15 млн. руб. (уже с готовыми ПО). Дооснащение робота дополнительными элементами под нужды заказчика (энд-эффекторы, ячейка безопасности, ПО и пр.) увеличивают его стоимость в 3 раза [6]. Это сфера дохода компании интегратора. Вставить свою дельту в 6,5 млн. и в 1,5 млн. — это две большие разницы. Именно поэтому необходима переориентация сознания дилеров и интеграторов на возможность заработка на сервисном обслуживании и получении скидки от производителя при работе с роботами.

3) Отсутствие эффективно работающих элементов государственной поддержки для потребителей робототехники. Для вузов и исследовательских центров это критично, для предприятий — крайне важно. Софинансирование закупок робототехники, доступные целевые кредитные ресурсы могут решить эту проблему. Молодежь больше не хочет заниматься монотонным трудом у конвейера. С уходом поколения людей, которые занимаются неквалифицированным физическим трудом, их некому будет подменить. Роботизация и автоматизация неизбежны. Поэтому те молодые люди, которые ежегодно выпускаются из технических вузов, должны обладать современными

знаниями и уже иметь практические навыки работы с роботами.

5. Отсутствие воли менеджмента предприятий. Зачастую работодателю проще нанять за копейки человека, готового выполнять неквалифицированный рабочий труд, и не задумываться о повышении эффективности и внедрении автоматизации. При этом в современных рыночных условиях конечные потребители и бизнес-партнеры с большим доверием воспринимают производственные компании, на которых для автоматизации процессов используются роботы.

6. Психологическое восприятие роботов как угрозы потери рабочих мест. Это самый распространенный миф о роботах и коботах. С момента появления первых роботов прошло 100 лет. При этом качество жизни значительно улучшилось, произошел многократный рост производства, сельским хозяйством занимаются машины, а люди расширяют свой интеллектуальный потенциал. Видеть в роботизации угрозу для рабочих мест — недалековидно. В основном это искусственно нагнетаемая истерия.

#### Прогноз развития отрасли

Можно смело утверждать, что в ближайшей перспективе рынок коллаборативных роботов будет развиваться следующим образом.

Интерес к роботам как к более доступному инструменту автоматизации будет возрастать со стороны конечных пользователей. Как следствие, появится интерес к роботам со стороны системных интеграторов. Стоимость роботов будет постепенно снижаться примерно на 5% в год. Это будет связано с повышающейся конкуренцией среди производителей роботов, общим ростом робототехнической отрасли, удешевлением робототехнических компонентов (сервоприводов и бескорпусных моторов). Вузы и научно-исследовательские центры продолжают играть одну из ведущих ролей в изучении возможностей внедрения роботов. В более отдаленной перспективе (15...20 лет) не исключено появление роботов в наших домах как помощников в приготовлении еды, уборке и выполнении домашних дел.

#### Вместо эпилога

Эволюция неизбежна. Для успешной конкуренции на рынке предприятия вынуждены постоянно увеличивать качество выпускаемой продукции и повышать ее добавленную стоимость. Промышленная революция перевернула представления людей о возможностях производства. При этом страхи, что роботы лишат людей работы, так и остались страхами. Человечество двигается вперед. За последние несколько лет появились профессии, в существование которых раньше невозможно было поверить. Все они так или иначе связаны с современными технологиями.

Отечественные производственные компании также пройдут путь автоматизации и роботизации. При

этом крупные флагманы уже задают темп: Сбербанк и PromoBot, робототехнические проекты в Сколково и технологический кластер Иннополис в Казани.

И те руководители, которые первыми войдут в эту реку, смогут извлечь максимальную выгоду для себя и своего бизнеса.

#### Список литературы

1. Коваленко Е.И. Коллаборативная революция: чего ждать и стоит ли опасаться. <https://robo-hunter.com>
2. Barclays Equity Research – The rise of co-bots: Sizing the market. Barclays European Capital Goods Analysts Brorson,

Maidi, Stettler, and Vos. Extracts. <https://robotonomics.com>.

3. Collaborative Robots Market - Global Forecast to 2023. <https://www.marketsandmarkets.com>.
4. Конюховская А., Недельский В., Цыпенкова В. Промышленная робототехника в России и мире. Национальная Ассоциация участников рынка робототехники. 2017. 78 с.
5. Кевеш А.Л. Промышленное производство в России 2016: Стат.сб. Росстат. 2016. 347 с.
6. Медведева И.В. Промышленность Республики Беларусь: Стат.сб. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. 2016. 249 с.

*Коваленко Евгений Игоревич – руководитель отдела маркетинга ООО «Розум Роботикс». Контактный телефон +375 29 360 60 15. E-mail: yauheni.kavalenka@rozum.com*

## РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАЗГРУЗКИ ПАЛЕТИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ И ДАЛЬНЕЙШЕЙ ОТПРАВКИ ЕЕ НА КОНВЕЙЕРНУЮ ЛИНИЮ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

**В.Н. Михайлов (Компания «ФАМ-Роботикс»)**

*Рассмотрен пример применения робототехнического комплекса для решения задач разгрузки палетированных стеклянных банок и дальнейшей отправки их на конвейерную линию. Описаны алгоритмы работы РТК, включая процедуры транспортировки и проверки продукции.*

*Ключевые слова: робототехнический комплекс, разгрузка палетированной продукции, конвейерная линия, транспортировка, энергосбережение.*

Решения, примененные при создании робототехнического комплекса (РТК) (рис. 1), рассматриваемые в статье, нельзя назвать инновационными. Однако композиция элементов комплекса и их внедрение в состав автоматизированной линии заслуживает внимания.

Назначение РТК — разгрузка стеклянных банок (продукции) двух возможных типоразмеров, упакованных на палетах, и их дальнейшая транспортировка в производственную линию. Продукция перемещается по линии в упаковочную машину.

В состав РТК входят:

- робот-манипулятор;
- контроллер робота со шкафом управления;
- воздуходувка (для обеспечения правильной работы захвата);
- комбинированный пневматический захват;
- конвейерные столы для изделий типоразмеров 1 и 2;
- двигатели и частотные преобразователи конвейерных столов (для плавного перемещения продукции в линию);
- емкостные датчики и световая индикация (для контроля правильного положения палет);
- световая барьерная сигнализация (для безопасности);



Рис. 1. Общий вид РТК

- индуктивные датчики (для контроля давления захвата на продукцию);
- фотоэлектрические датчики наличия продукции на конвейере, правильного положения палет, предупреждения о переполнении линии, проверки оставшейся продукции;
- датчики давления воздуха (один для разрешения работы пневматического захвата, другой на захвате с цифровой индикацией);
- три поста управления (по одному на каждую зону).