

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ НА ОКОНЧАТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ СБОРКИ

Дж. Виларраса, Х. Видал-Рибас, Дж. Артигас, Т. Грот, Б. Чжан (ABB)

В статье сформулированы причины, по которым роботы редко применяются на окончательных этапах сборочных процессов. Рассмотрены технологии, разработанные компанией ABB, позволяющие устранить производственные проблемы и применить роботов при окончательной сборке автомобилей¹.

Ключевые слова: сборочный процесс, робот, система технического зрения, транспортная система.

В последние десятилетия в автомобилестроении был автоматизирован широкий спектр процессов, включая работу прессов, кузовных цехов, покраску и сборку двигателей и трансмиссий. Однако когда дело доходит до окончательной сборки, автоматизация по-прежнему представляет собой большую проблему. Причина заключается в том, что такие процессы, как подключение кабелей, сборка колес и установка многих других компонентов, чрезвычайно сложны в исполнении.

Исторически сложилось, что автоматизация многих операций окончательной сборки автомобилей считалась практически невозможной. Как следствие, соответствующие компоненты никогда не задумывались и не проектировались с учетом современных возможностей автоматизации. В результате сегодняшние автомобильные конвейеры окончательной сборки (рис. 1) по-прежнему в подавляющем большинстве требуют ловких человеческих манипуляций.

Полностью автоматизированные конвейеры в таких областях, как сварка кузовов, работают в режиме «Stop & Go», что облегчает автоматизацию различных участков. С другой стороны, линии с ручным управлением движутся медленно и непрерывно, при этом кузова автомобилей транспортируются с помощью различных типов конвейеров или в более сложных случаях на автоматизированных управляемых транспортных средствах (роботах-тележках). Эти системы, используемые на заводах и складах, перемещаются при помощи размеченных проводных линий на полу или используют для навигации радиоволны, камеры

видеонаблюдения, магниты или лазеры. Независимо от того, является ли средством транспортировки конвейерная система или автоматически управляемая транспортная система, движение происходит с умеренной скоростью около 100 мм/с, что позволяет оператору выполнять задачи по сборке с требуемым уровнем безопасности.

Однако для роботов такая среда представляет ряд проблем. Во-первых, автомобильные транспортные системы могут иметь неравномерно распределенную нагрузку, а полы иногда могут быть неровными, что приводит к тряске и возникновению вибраций. Таким образом, чтобы робот мог имитировать поведение человека в такой среде, он должен быть оснащен искусственным зрением. Современные системы технического зрения традиционно основаны на захвате статических исходных позиций для определения необходимого положения для сборки. В данном случае, когда кузова автомобилей движутся вдоль конвейера, требуется дополнительное решение: непрерывное визуальное отслеживание, позволяющее справляться с движениями, неровностями и вибрациями. Компания ABB разработала специальную систему технического зрения, чтобы роботы могли постоянно адаптировать свое движение к последовательности контрольных изображений с частотой захвата 20-50 кадров в секунду. Система технического зрения (рис. 2) использует информацию, полученную от датчика изображения, для компенсации движений и вибраций.

В данном случае вместо того, чтобы двигаться по запрограммированной траектории, как это делает стандартный робот, движения робота управляются в соответствии с информацией, предоставляемой датчиком (датчиками) изображения. Функция «Внешне управляемое движение» (ВУД, External Guided Motion), разработанная компанией ABB для роботов, обеспечивает обновление входных управляющих данных каждые 4 мс, что приводит к очень быстрой реакции.

Помимо функции ВУД роботы ABB также используют технологию «Встроенное силовое управление ABB» (ABB Integrated Force Control), базирующуюся на информации от датчиков силы и крутящего момента. Она позволяет роботу адаптировать свои движения в зависимости от силы и крутящего момента, возникающих при контакте с кузовом автомобиля (комплементарное механическое поведение). Датчик обычно устанавливается между инструментом и запястным шарниром робота (рис. 2). Сочетание технологий технического зрения и комплементарного механического



Рис. 1. Пример автомобильного сборочного конвейера в демонстрационном центре ABB

¹ Статья подготовлена по материалам статьи Vilarrasa J., Vidal-Ribas J., Artigas J., Groth T., Zhang B. Why robots are focusing on final assembly processes // ABB Review. 2021. №1.

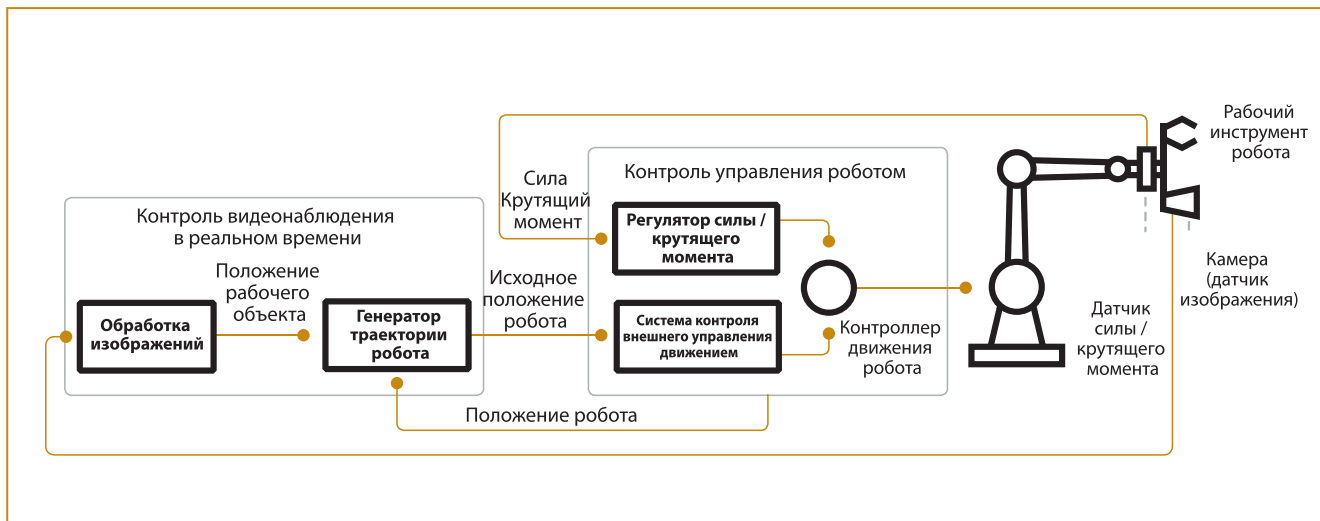


Рис. 2. Система технического зрения предоставляет информацию от датчика изображения для компенсации движения и вибрации

поведения является примером интеграции в режиме реального времени информации, поступающей от различных источников.

Далее рассмотрим сборочные задачи, при решении которых будут использоваться разработанные технологии [3].

1. Отслеживание направления движения

Первая задача связана с отслеживанием основного движения сборочного конвейера для получения псевдостатической среды. Как правило, роботы отслеживают движение деталей на конвейерной системе, используя так называемую функцию слежения за конвейером. Данная функция основана на использовании кодового датчика положения, который механически связан с движением конвейера. Однако в случае с кузовами автомобилей, перемещающихся на автоматически управляемом транспортном средстве, эту форму отслеживания нелегко реализовать из-за связанных с ней необходимых механических приспособлений.

Компания ABB решила эту проблему, применив собственную технологию технического зрения, которая позволяет отслеживать автоматически управляемые транспортные средства либо с помощью метки AprilTag, либо с помощью визуального отслеживания. Преимущество использования AprilTag заключается не только в простоте установки, но и высоком уровне надежности. Метки AprilTag разработаны Мичиганским университетом и представляют собой двухмерные штрихкоды, которые концептуально похожи на QR-коды. Разница в том, что метки AprilTag предназначены для обработки меньших объемов данных, что делает их сравнительно надежными и более простыми для обнаружения. Это приводит к повышению точности локализации и более быстрой компьютерной обработке.

Визуальное слежение, с другой стороны, предполагает использование камер, установленных на полу или на ноге робота, если сам робот смонтирован на линейной оси. Линейная ось робота, также известная как функция

«отслеживания движения» в ассортименте решений ABB, предполагает использование линейного сервоуправляемого устройства, которое используется для расширения зоны действия робота. Линейная ось робота необходима в процессах сборки, характеризующихся значительным временем контакта между устанавливаемой деталью или запчастями и кузовом автомобиля.

Эта технология не ограничивается отслеживанием перемещений роботов на автоматически управляемом транспорте и может также использоваться на обычных конвейерах.

2. Отслеживание объекта и управление роботом

После создания псевдостатической среды для завершения сборки роботу все еще необходимо справиться с остаточными погрешностями, неровностями и вибрациями. В данном случае на рабочий инструмент робота устанавливается камера. Робот знает положение камеры по отношению к регулятору крутящего момента и силы инструмента, что позволяет ему сфокусироваться на заданном положении. В отличие от отслеживания движения конвейера на основе меток AprilTag, камера фокусируется на изображении реального объекта (рис. 3) – отслеживаемого кузова автомобиля, положение которого относительно объекта сборки известно. В таких условиях метки AprilTag не используются из-за дополнительной сложности, связанной с необходимостью установки и последующего удаления меток, которые должны выполняться на разных сборочных станциях. Однако отслеживание визуальных признаков при движении кузова автомобиля на высокой скорости по-прежнему является проблемой, особенно в отношении работы с разными цветами и изменениями условий освещения.

3. Соблюдение физического взаимодействия

При решении третьей задачи робот выполняет функцию по сборке (рис. 4), используя визуальные

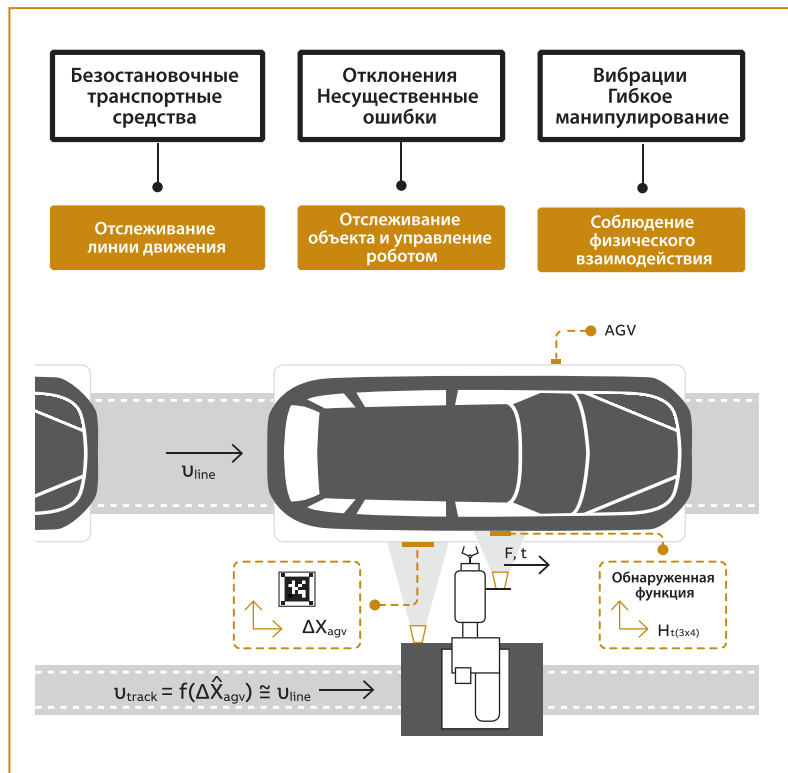


Рис. 3. Иллюстрация полностью автоматизированного процесса окончательной сборки автомобиля



Рис. 4. Иллюстрация сборки кабины и двери

сигналы и сигналы от датчиков силы и крутящего момента. Это означает, что робот сохраняет визуальный контроль во время сборки и выполняет свои функции за счет непрерывной обратной связи, обеспечиваемой датчиком регулирования силы, установленным между его запястным узлом и инструментом. Комбинация сигналов от датчика изображения

и датчиков силы и крутящего момента является основой успешного выполнения процесса сборки.

В некоторых случаях функции, используемые на этапах 2 и 3, могут не потребоваться. Например, высокая точность может не понадобиться, если сборка выполняется с ручным управлением на сборочной станции, расположенной следующей по технологическому маршруту. В других случаях шаг 1 можно пропустить из-за использования традиционного конвейерного отслеживания.

Перспективы

В будущем могут быть реализованы новые подходы, которые позволят собирать узлы автомобилей в статичных условиях, что устранил необходимость в технологиях, разработанных для выполнения задач по сборке в движущихся конвейерах. Например, одна из концепций предусматривает объединение тех участков, которые можно легко автоматизировать, в полностью автоматизированную подсистему, работающую в режиме «Stop & Go». Другие подходы рассматривают статические сборочные ячейки, которые обеспечивают сборку компонентов автомобилей по мере их движения.

Однако в краткосрочной и среднесрочной перспективе спрос на автоматизацию сборочных операций на движущихся конвейерах будет расти. Хотя в настоящее время спрос обусловлен потребностями производственных участков окончательной сборки автомобилей, но по мере развития описанных технологий области их применения будут расширены. Так они могут применяться, например, в технологических операциях, основанных на использовании автоматизированных управляемых транспортных средств.

Однако на данный момент компания АВВ сосредоточена на применении этой технологии в автомобильном секторе, где ее пилотные разработки уже включают сборку кабины (в настоящее время идет наращивание производства), укладку ковров, установку сидений, сборку дверей и др.

Полученный опыт будет использован в других областях автомобильной сборки, характеризующихся аналогичными техническими проблемами.

*Джосеп Виларраса, Хорхе Видал-Рибас, Джорди Артигас – АВВ (Барселона, Испания),
Томас Грот – АВВ (Вестерос, Швеция), Бяо Чжан – АВВ (США).
[Http://www.abb.ru](http://www.abb.ru)*