

И. В. Бока, А. А. Бока, О. В. Толстель, Д. В. Михеенко

**ДОРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК НАНЕСЕНИЯ КЛЕЯ
НА СТЕКЛА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ «АВТОТОР»**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия
Поступила в редакцию 09.06.2022 г.
Принята к публикации 25.06.2022 г.

21

Для цитирования: Бока И. В., Бока А. А., Толстель О. В., Михеенко Д. В. Доработки программного обеспечения роботизированных установок нанесения клея на стекла для внедрения на предприятии «Автотор» // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2022. №1. С. 21–26.

Для автоматизации процесса нанесения клея на предприятии «Автотор» была внедрена роботизированная установка на линию сборки KIA/Hyundai, также планируется внедрить установку для нанесения клея на линию сборки BMW. В данной статье описываются доработки программного обеспечения для внедрения установок.

Ключевые слова: программируемый логический контроллер, ПЛК, KUKA, Allen-Bradley, Siemens

«Автотор» — один из крупнейших автопроизводителей России, производящий до 250 000 автомобилей в год. Данное предприятие специализируется на сборке автомобилей, сварке и покраске кузовов.

В настоящее время на предприятии функционирует линия сборки автомобилей KIA/Hyundai [1] и идут работы по созданию линии сборки автомобилей BMW. На линии сборки KIA/Hyundai была внедрена автоматизированная установка нанесения полиуретанового клея на стекла. Такую же установку планируется внедрить на линию сборки BMW.

Автоматизация процесса нанесения клея позволяет повысить качество и эффективность его нанесения. Повышение качества достигается за счет исключения возможности получить брак вследствие ошибки человека, а также за счет равномерного нанесения клея. Эффективность достигается благодаря более экономному расходу клея [2–4]. Опыт внедрения установки на линии сборки KIA/Hyundai показал снижение расхода клея примерно в 2 раза.

Установки нанесения клея были закуплены во время распродажи оборудования завода Ford в Санкт-Петербурге, а следовательно, рассчитаны на стекла автомобилей Ford. Для работы с автомобилями KIA/Hyundai и BMW требовалось доработать установки, в том числе их программное обеспечение.

Роботизированная установка нанесения клея (рис. 1) на стекла позволяет автоматизировать процедуру нанесения клея на лобовые, зад-



ние и боковые стекла в процессе сборки автомобилей. Также она позволяет наносить полиуретановый клей более плавно, чем это происходит при использовании пистолета для нанесения клея, так как клей промежуточно накапливается в поршне, из которого плавно выдавливается в момент нанесения.

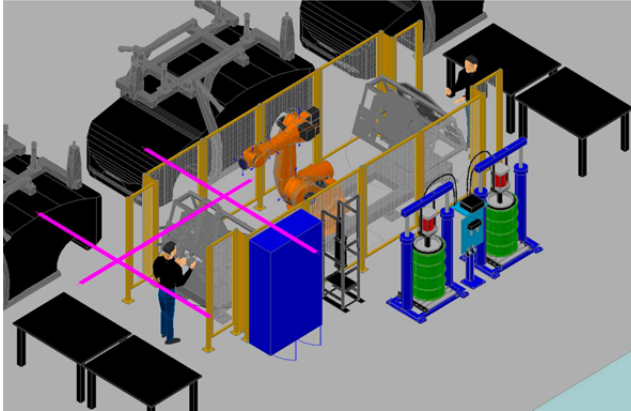


Рис. 1. Роботизированная установка для нанесения клея

Установка состоит из камер для размещения стекол с поворотными столами, робота KUKA KR 210 [5; 6] и его контроллера KR C2 [7–9], цистерн с клеем и шкафа автоматизации с главным контроллером.

В качестве главного контроллера установки для линии сборки KIA/Hyundai используется ПЛК Allen-Bradley Logix5561 [10], а для линии сборки BMW – Siemens S7-415 [11]. Для программирования ПЛК Allen-Bradley Logix5561 и Siemens S7-415 использовались IDE RSLogix 5000 [12] и SIMATIC Step 7 [13] соответственно.

Опишем процесс нанесения клея. Оператор устанавливает стекло в камеру с поворотным столом. После загрузки стекла в одну из оснасток на поворотном столе оператор должен выйти из защитной зоны ПЛК-сканера и нажать кнопку «Пуск» на операторском пульте управления. Лобовое или заднее стекло будет расположено в нужном положении с помощью центраторов, после этого положение будет зафиксировано с помощью вакуумных присосок и шаровых опор. Когда стекло окажется в правильном положении, ПЛК с помощью индуктивных датчиков или датчика линейного перемещения сможет распознать, стекло какой модели автомобиля загружено в камеру для нанесения клея. Это определяется программой, после чего модель будет записана в ПЛК и передана роботу KUKA KR 210 для того, чтобы выбрать траекторию нанесения клея для установленной модели автомобиля. Затем робот выполняет процедуру нанесения полиуретанового клея (рис. 2). После завершения роботом операции нанесения клея и освобождения защитной зоны поворотный стол снова поворачивается к оператору, стекло готово к выгрузке. Если оператор входит в защитную зону ПЛК-сканера (в этом случае начинает мигать оранжевый индикатор сканера), вакуумные присоски отжимаются (с них снимается вакуум) и начинается продувка воздухом, чтобы стекло можно было легко вынуть.

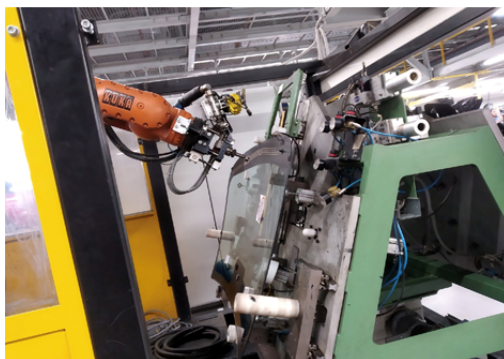


Рис. 2. Робот KUKA KR 210 в рабочем положении для нанесения клея

Для внедрения робота было необходимо запрограммировать главный контроллер на определение типа стекол собираемых автомобилей. Программы главных контроллеров были написаны на языках релейной логики, совместимых с языком Ladder Diagram из стандарта МЭК-61131-3 [15]. Стекла разных автомобилей отличаются размерами, это позволяет определять тип стекла по его параметрам при загрузке стекла в камеру. Определение типа стекла автомобиля возможно благодаря датчикам, установленным на камерах для крепления стекол. Ранее для стекол автомобилей Ford определение производилось с помощью нескольких индуктивных датчиков — для каждой модели использовался свой. Когда стекло фиксировалось центраторами, на положение вертикального центратора реагировал один из трех индуктивных датчиков. По тому, какой датчик сработал, программа определяла, функцию какой траектории нанесения клея нужно вызвать.

Стоит отметить, что подход в определении типа стекла, который был применен на заводе Ford, требует, чтобы количество датчиков было равно количеству моделей автомобилей, собираемых на линии. Также при смене модельного ряда может потребоваться изменение расположения датчиков. При текущих доработках было решено перейти к использованию датчика линейного положения (рис. 3). В этом случае каждой модели соответствует некий диапазон значений с этого датчика, по которому и распознается модель автомобиля и, соответственно, выбирается нужная траектория нанесения клея. Данный способ является более гибким для масштабирования количества моделей и возможных дальнейших доработок.



Рис. 3. Датчик линейного положения в установке на линии сборки KIA/Hyundai



В программу были добавлены проверки на принадлежность показаний датчика линейного положения диапазонам, соответствующим типам стекол собираемых автомобилей KIA/Hyundai. После этого значение, соответствующее типу стекла, передается роботу KUKA KR 210, который исполняет программный код нанесения клея, соответствующий переданному типу стекла.

Требовалось написать программный код, соответствующий стеклам собираемых на предприятии «Автотор» автомобилей KIA/Hyundai. Для этого использовался пульт управления роботом KUKA KR 210 (рис. 4) [16].

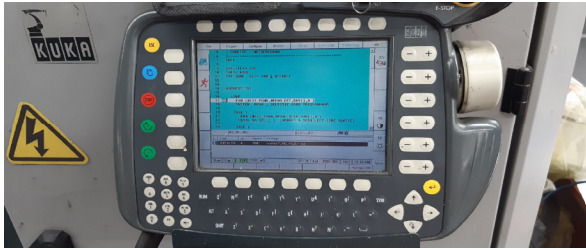


Рис. 4. Пульт управления роботом KUKA KR 210

Пульт позволяет вручную управлять каждой из шести осей робота, а также добавлять точку текущего положения робота в программу. Также пульт позволяет выполнять программу пошагово с целью отладки.

Программный код робота KUKA KR 210 был написан на языке KUKA Robot Language [17]. Для составления программного кода нанесения клея было необходимо установить робота на опорные точки траектории, после чего добавить последовательность этих точек в программу и указать тип движения между опорными точками. Движение робота задается командами PTP (Point-To-Point), LIN (Linear), CIRC (Circular), также указывается целевая точка, система координат и скорость движения.

Команды движения (рис. 5):

- PTP (Point-To-Point) – движения по наиболее быстрой траектории;
- LIN (Linear) – движение по прямой линии;
- CIRC (Circular) – движение по окружности.

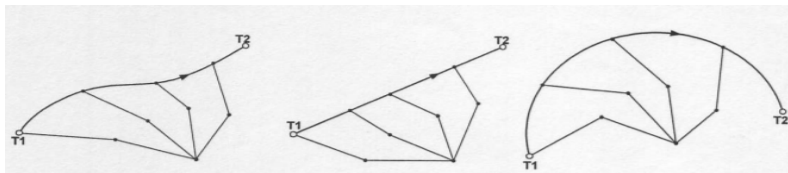


Рис. 5. Команды движения робота PTP, LIN, CIRC (слева направо)

Возникшая в процессе внедрения проблема перегрева клея была решена подбором коэффициентов программы, управляющей нагревом.

В дальнейшем на предприятии «Автотор» планируется внедрить роботизированную установку для нанесения клея на линии сборки автомобилей BMW. Для этого необходимо выполнить доработки, аналогичные описанным ранее:



- 1) доработать программу определения типа стекла добавив в нее стекла автомобилей BMW;
- 2) написать программный код нанесения клея на стекла автомобилей BMW.

Список литературы

1. Автор освоил производство кроссовера Kia Sportage нового поколения // Автор: [официальный сайт]. URL: <https://www.avtotor.ru/news/2009-avtotor-osvoil-proizvodstvo-krossovera-kia-sportage-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 08.06.2022).
2. Координатный манипулятор ВЕКТОР 2МБГ нанесения пастообразного 2К клея-герметика на автомобильные, железнодорожные окна для крепления форточек // АСД-Техника: [официальный сайт]. URL: <https://asdteh.com/news/koordinatnyj-manipuljator-vektor-2mbg-nanesenija-pastoobraznogo-2k-kleja-germetika-na-avtomobilnye-zheleznodorozhnye-okna-dlja-kreplenija-fortochek> (дата обращения: 08.06.2022).
3. Нанесение клеев и герметиков // Альфа-Инжиниринг: [официальный сайт]. URL: <https://alfamatic.ru/services/robotizatsiya/nanesenie-kleev-i-germetikov/> (дата обращения: 08.06.2022).
4. Роботизированные ячейки нанесения клея, герметика // Медиа Инжиниринг: [официальный сайт]. URL: <http://media-engineering.ru/spetsializatsiya/robotizirovannye-yachejki-naneseniya-kleja-germetika> (дата обращения: 08.06.2022).
5. KUKA KR 210 R2700-2 F. URL: https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/6b77eecacf542d3b736af377562ecaa/0000346514_ru.pdf?rev=930ce3337aac4e95b9e189a2b2c281fa&hash=F13D44036EE17E14F9FB738E32705A40 (дата обращения: 08.06.2022).
6. KUKA KR 210-2. URL: <https://www.eurobots.ru/kuka-robots-kr-210-2-p186-ru.html> (дата обращения: 08.06.2022).
7. KUKA KR210 VKRC2 CONTROL. URL: <https://www.eurobots.ru/kuka-robots-kr210-vkrc2-control-p128-ru.html> (дата обращения: 08.06.2022).
8. Система управления роботом KUKA. URL: https://www.zetek.ru/catalogs/the_companys_products_gudel/robots/control_systems/robot_controllers/krc2/ (дата обращения: 08.06.2022).
9. Контроллер KR C2 edition2005: инструкция по эксплуатации. URL: <https://auction-house.ru/media/uploads/l-30000039483/df157579.pdf> (дата обращения: 08.06.2022).
10. Logix 5561. URL: <https://www.dosupply.com/automation/allen-bradley-plc/controllogix/Logix5561> (дата обращения: 08.06.2022).
11. Программируемые контроллеры S7-400. Функциональные модули. URL: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-400/06_S7_400_2015_ru-part2.pdf (дата обращения: 08.06.2022).
12. RSLogix 5000. URL: https://www.eskovostok.ru/catalog/software/development/rslogix_5000#docs (дата обращения: 08.06.2022).
13. STEP7 (TIA PORTAL). URL: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-SA01/10226907/info/> (дата обращения: 08.06.2022).
14. Язык релейных диаграмм LD (Ladder diagram) и его применение // URL: <http://elektrik.info/main/automation/1298-yazyk-releynyh-diagramm-ld-i-ego-primenenie.html> (дата обращения: 08.06.2022).
15. IEC 61131-3. International Standard. 2015. URL: https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/iec_61131-3_preview.pdf (дата обращения: 08.06.2022).
16. Панели оператора промышленных роботов. URL: http://rus-robot.com/zapasnye_chasti/pul_ty/ (дата обращения: 08.06.2022).
17. Программирование промышленного робота KUKA KR AGILUS: метод указания по выполнению лабораторных работ для студ. направлений 15.03.06 и 15.04.06 «Мехатроника и робототехника». Курск, 2020. URL: [https://swsu.ru/sveden/files/PROGRAMMIROVANIE_PROMYSHLENNOGO_ROBOTA_KUKA_LAB\(1\).pdf](https://swsu.ru/sveden/files/PROGRAMMIROVANIE_PROMYSHLENNOGO_ROBOTA_KUKA_LAB(1).pdf) (дата обращения: 08.06.2022).



Об авторах

Илья Вячеславович Бока — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.
E-mail: bokailya@gmail.com

Алина Александровна Бока — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.
E-mail: alinabear0405@gmail.com

Олег Владимирович Толстель — канд. техн. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.
E-mail: tolstel.oleg@mail.ru

Дмитрий Викторович Михеенко — нач. отдела промышленной электроники, «Автотор», Калининград, Россия.
E-mail: miheenkodv@kld.avtotor.ru

I. V. Boka, A. A. Boka, O. V. Tolstel, D. V. Mikheenko

IMPROVEMENTS IN THE SOFTWARE FOR ROBOTIC INSTALLATIONS FOR APPLYING GLUE TO GLASS FOR IMPLEMENTATION AT THE ENTERPRISE "AVTOTOR"

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.
Received 09 June 2022
Accepted 25 June 2022

To cite this article: Boka I.V., Boka A.A., Tolstel O.V., Mikheenko D.V. 2022, Improvements in the software for robotic installations for applying glue to glass for implementation at the enterprise, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Physical-mathematical and technical sciences*, №1. P. 21–26.

To automate the process of applying glue at the Avtotor enterprise, a robotic system was introduced to the KIA/Hyundai assembly line, and it is also planned to introduce a system for applying glue to the BMW assembly line. This article describes rework of the software for introduction to assembly lines.

Keywords: programmable logic controller, PLC, KUKA, Allen-Bradley, Siemens

The authors

Ilya V. Boka, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.
E-mail: bokailya@gmail.com

Alina A. Boka, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.
E-mail: alina.bear0405@gmail.com

Dr Oleg V. Tolstel, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.
E-mail: tolstel.oleg@mail.ru

Dmitriy V. Miheenko, Head of the Industrial Electronics Department, Avtotor, Kaliningrad, Russia.
E-mail: miheenkodv@kld.avtotor.ru