

УДК 004.8: 693.22

## МОБИЛЬНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

**В.И. Юськович**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры технологии строительного производства

**А.В. Бондарь**

старший преподаватель кафедры технологии строительного производства

**С.С. Тыщук**

Студент

**Д.С. Саковский**

студент

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

e-mail: yuskovich\_vitaly@mail.ru

*В работе выполнены исследования по разработке робота-каменщика на базе манипулятора (Techman robot) и грузоподъемной тележки (Omron) путем их соединения с целью автоматизации процесса кирпичной кладки. Роботизированный комплекс состоит из мобильного коллаборативного устройства Omron LD90 и робота-манипулятора Tech man Robot TM5-900 с улучшенной авторами рукояткой OnRobot RG6. Представлена блок-схема по обучению робота-каменщика. Система управления роботом представляет собой программное обеспечение на базе TMFlow, которое обеспечивает процессы захвата и подачи кирпичей, имитируя нанесение раствора и его укладку в конструкцию секции.*

**Ключевые слова:** каменные сооружения, роботизированный комплекс, модель, робот, программа, захват, кирпич, кладка.

Строительство – область человеческой деятельности, где для робототехники имеется огромный потенциал. Строительный робот способен облегчить труд рабочих, ускорить процесс, обеспечить возведение уникальных сооружений в экстремальных условиях. В настоящее время существует целое направление с такой специализацией, базирующееся на инновационных технологиях и подходах.

Строительные процессы как правило связаны с трудоемкими операциями, требующими тяжелого физического труда. Применение роботов-строителей позволяет значительно сократить сроки строительства, облегчить труд на основных и вспомогательных процессах, устранить человеческий фактор, нередко приводящий к тяжелым последствиям, повысить качество и точность строительных работ. В ряде регионов климатические условия затрудняют строительство, а для роботов они не страшны. В конечном итоге роботизация позволяет снизить себестоимость возводимых объектов и расширяет зоны возможного строительства.

Возведение кирпичной кладки – это достаточно трудоемкая и однообразная работа. Однако при ее выполнении необходимо тщательно контролировать горизонтальность рядов и вертикальность кладки. Строительные роботы, работающие по соответствующей программе, легко справляются с такой задачей, значительно ускоряя процесс.

Одним из первых аппаратов стал американский робот Construction Robotics SAM. Он способен качественно укладывать более 3000 кирпичей за смену, что в несколько раз превышает

ет возможности человека. На российском рынке можно приобрести модель SAM100, который устанавливается непосредственно на месте возведения стен и обеспечивает нужное качество.

Другой пример — австралийский аппарат Fastbrick Robotics Hadrian X. Работая по программе BIM, он способен действовать по заданной пространственной модели, обеспечивая нужную систему кладки и резку кирпичей в рамках цельной конструкции.

Комплексный подход в автоматизации строительных работ продемонстрировали разработчики роботов Universal Robots. Их можно рассмотреть на примере самого легкого представителя этой серии — модели UR3e. Это компактный коллаборативный робот, подходящий для совместной работы с разнообразным оборудованием. Он имеет манипулятор в форме руки, в котором обеспечивается круговое вращение (360 градусов) во всех сочленениях (суставах) и неограниченное вращение в торцевом соединении. Такая подвижность дает возможность выполнения различных работ с подъемом и перемещением предметов весом до 3 кг.

Робот имеет универсальные способности. Его можно использовать для сборки конструкций (в т. ч. для завинчивания и сварки), склеивания, дозировки многокомпонентных смесей и растворов, полировки и зачистки, погрузочно-разгрузочных работ.

Компания FANUC Robotics создала ряд роботов, которые эффективно выполняют разнообразные строительные работы. Примером может служить модель FANUC M-10iA/12S с укороченной рукой и полым запястьем [1]. Это высокоскоростной аппарат с великолепной подвижностью суставов. Способен манипулировать предметами массой до 12 кг, справляется с облицовочными материалами, может укладывать стекловолокно, пенополистирольные и другие плиты. Высокая скорость достигается при ламинировании. Аппарат часто используется при погрузочно-разгрузочных работах, при этом обеспечивается идеальная укладка материалов в штабели.

Каменная кладка – процесс укладки каменных материалов, результатом которого являются строительные конструкции, например, из кирпичей, уложенных определённым образом и, как правило, скреплённых между собой строительным раствором. Кирпичная кладка всегда является одним из наиболее трудоемких и сложных строительных процессов.

Для возведения стен может применяться специальное оборудование, которое позволяет улучшить качество, увеличить скорость кладки и облегчить процесс для рабочего. На сегодняшний день автоматизированные процессы получили широкое распространение в строительной отрасли.

Коллективом авторов выполняются исследования по разработке робота-каменщика на базе манипулятора (Techman robot) и грузоподъемной тележки (Omron) путем их соединения (скрещивания). Роботы TM ROBOT оснащены встроенным машинным зрением, идеально интегрированным как в аппаратное, так и в программное обеспечение, а мобильный робот Omron серии LD – это интеллектуальная машина грузоподъемностью 90 кг.

Благодаря программному обеспечению TMFlow удалось соединить эти два устройства и в результате получился, своего рода, коллаборативный робот, способный обучаться и адаптироваться к широкому спектру различных новых задач.

Используя искусственный интеллект, машина самостоятельно планирует маршруты транспортировки, рассчитывая оптимальный по времени и сложности маршрут. Система учитывает свои габариты и особенности окружающей среды и, как следствие, «обходит» механические препятствия и не врезается в людей.

Наша цель – создание мобильного роботизированного комплекса для автоматизации процесса кирпичной кладки, робота-каменщика.

Для достижения поставленной цели решалась задача по адаптации и обучению вышеописанного комплекса оборудования выполнять работы по укладке кирпича на сухую, без использования кладочного раствора. При этом робот должен класть кладку из натурального кирпича с соблюдением правил перевязки и вертикальных швов толщиной 8 мм. На данном этапе работ подача раствора не предусмотрена, шов остается не заполненным.

Основной проблемой была адаптация механического захвата для кирпича и его фиксации от поворота и раскачивания в процессе выполнения различных движений. При этом

внесение изменений в механизм фиксации кирпича позволило не ограничивать свободу движения робота.

Робот программируется в интегрированной внутренней программе TMflow, которая предоставляет пользовательский графический интерфейс [2-3]. Сама программа состоит из главной точки запуска и трёх блоков. Каждый блок соответствует своему уровню кладки. Фрагмент блок схемы по обучению робота-каменщика представлен на рисунке 1.

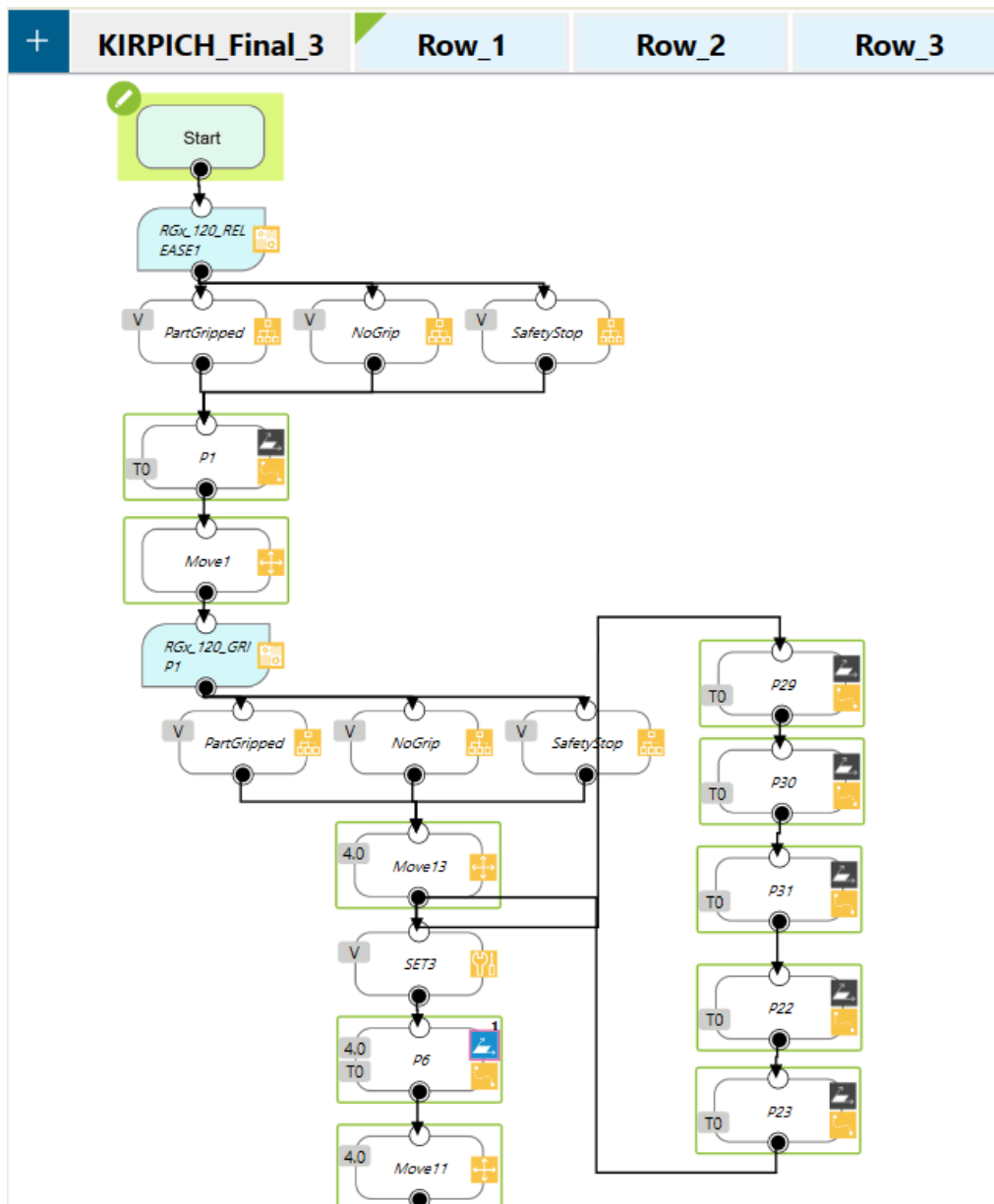


Рисунок 1 – Фрагмент блок схемы по обучению робота-каменщика

Сначала происходит первоначальная настройка робота: устанавливаются различные величины, такие как максимальный вес кирпича, случаи для отлова ошибок, настройка безопасности для возможности остановки при касании человека или постороннего объекта, дабы исключить травмоопасность и т.д. Затем в программе пишем определённые координаты, по которым будем искать кирпичи и раствор, устанавливаем скорость движения захватом и расстояние, на которое робот будет поднимать кирпичи. После нахождения и поднятия кирпича робот подносит его к устройству подачи раствора и имитирует намазывание раствора с необходимых сторон. Далее работа делится на общие и частные случаи. Частные случаи – робот кладёт кирпичи на определённые точки под определённым углом, так как кладка угловая. В общих случаях используется программный компонент – паллет, в котором мы

прописываем количество необходимых кирпичей на уровне, указываем расстояние данного уровня, подход и отход от стены при кладке, далее координаты рассчитываются автоматически. Всё работает с точностью до миллиметров, соблюдаются требования к стыкам и расстоянию между кирпичами. Есть некоторые вопросы в области досягаемости, которые решаются выбором старшей модели робота, либо прописыванием в программе обходных путей от данных точек.

Роботизированный комплекс сконструирован из мобильного коллаборативного робота Omron LD90 и робота-манипулятора TechmanRobot TM5-900 с усовершенствованным автoрамами захватом OnRobot RG6. Система управления роботом – программное обеспечение, обеспечивает выполнение процессов захвата и подачи кирпича, симуляцию нанесения раствора и его укладку в конструкцию перегородки.

На данный момент робот-каменщик осуществляет захват и фиксацию кирпича с определенной точки своей платформы, выкладывает кирпичную кладку модели перегородки насухо, без использования раствора, оставляя зазоры на вертикальный шов (рисунок 2).



*Рисунок 2 – Процесс укладки кирпича в конструкцию модели перегородки*

Планируется задействовать мобильный робот Omron для самостоятельного передвижения на захватке путём отрисовки карты данного объекта; задействовать машинное зрение для самостоятельного поиска и захвата кирпича и для последующей укладки в заданной последовательности. Робот-каменщик из БрГТУ неоднократно становился экспонатом специализированных выставок. В учебно-практической лаборатории БрГТУ продолжается работа по его усовершенствованию.

#### *Литература:*

1. Строительные роботы: технологии будущего уже сегодня [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vektor.us.ru/blog/stroitelnyj-robot.html>
2. Collaborative Robots for a World of Applications | Techman Robot [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tm-robot.com/en/>
3. Official specification for TechMan Robot [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tm-robot.com/en/wpdownload/tm5-dm-pdf/>

### ***MOBILE ROBOTIC COMPLEX FOR AUTOMATING THE BRICKLAYING PROCESS***

*The robotic complex is constructed from the Omron LD90 mobile collaborative device and the TechmanRobot TM5-900 robot manipulator with the OnRobot RG6 grip improved by the authors. The robot control system is a TMFlow-based software that provides the processes of capturing and feeding bricks, simulating the application of mortar and its laying in the partition structure.*

**Keywords:** *stone structures, robotic complex, model, robot, program, capture, brick, masonry.*