

DOI: 10.12737/article_5968b44fe46d98.84373103

*Малахов А.В., аспирант
Юго-Западный государственный университет
Шутин Д.В., канд. техн. наук
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева*

ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ КЛАДКИ ИЗ МЕЛКОШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАБОТЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

4ega@inbox.ru

Применение автоматизации и робототехники является экономически обоснованными в большинстве отраслей промышленности, включая строительство, остающееся слабо автоматизированным. Одним из процессов, перспективных с данной точки зрения, является возведение объектов из мелкоштучных материалов. Процесс предлагается автоматизировать с использованием мобильных робототехнических комплексов. Однако, для этого необходимо детальное рассмотрение технологических аспектов монтажа таких видов конструкций, как примыкания стен, углы, проемы, перекрытия. Данные элементы представляют определенную сложность для робототехнических систем, влияют как на работу комплекса, так и на ход строительства в целом. Статья показывает подходы к выполнению этих конструкций с учетом использования робототехнических комплексов.

***Ключевые слова:** робототехника, автоматизация, мелкоштучные материалы, технология строительного дела.*

В то время, как автоматизация технологических процессов является неотъемлемой частью многих хозяйственных отраслей [1], использование подобных технологий в строительном деле по-прежнему незначительно. Вместе с тем, применение автоматизированных и робототехнических комплексов в строительстве видится перспективным направлением развития отрасли [2]. Однако, глубокая автоматизация строительных процессов затруднена, а в ряде случаев вовсе невозможна ввиду технологических особенностей выполнения работ.

Целесообразность применения средств автоматизации при возведении объектов из блочных материалов обоснована в [3]. Вместе с тем, рассмотренные в [4] технологические аспекты применения мобильных робототехнических комплексов позволяют выделить несколько групп факторов, непосредственно влияющих как на эффективность применения подобных программно-аппаратных средств, так и на организацию строительного производства. К этим группам относятся:

- выполнение углов и примыканий стен.
- выполнение оконных и дверных проемов.
- монтаж перекрытия на конструкции из мелкоштучных материалов.

Углы и примыкания стен – элементы, монтаж которых, рассматриваемыми комплексами является более сложным, чем исполнение линейных конструкций. В ходе устройства примыканий стен или перегородок требуется также вы-

полнение штраб и гнезд с точностью, достаточной для сопряжения конструкций. Еще одним часто используемым приемом при выполнении кладки толщиной более 0.5 кирпича, является использование дробных частей блока при выполнении углов [5]. Необходимость же использования дробных частей блоков ведет к усложнению конструкции автоматизированных средств, что повышает их стоимость и снижает потенциальную эффективность применения [6]. В то же время, номенклатура существующих архитектурно-конструктивных решений достаточно широка и позволяет использовать варианты, приемлемые для реализации, с учетом функциональных особенностей автоматизированных комплексов [7].

На рис. 1 представлены варианты примыкания внутренних стен и перегородок к наружным стенам, а также варианты выполнения углов, которые могут быть исполнены в автоматическом режиме при кладке из мелкоштучных материалов. Особенностью представленных решений является отсутствие дробных частей материала. Это важно для упрощения конструкции робототехнического комплекса, поскольку позволяет ему работать с полностью однотипными элементами без необходимости осуществлять дробление блоков по ходу работы или хранить запас подобных элементов, заготовленных заранее.

Оконные и дверные проемы являются для автоматизированных комплексов еще более трудной задачей в сравнении с выполнением углов и примыканий стен, так как представляют собой существенные неоднородности в контексте

общего массива кладки, требуют особых алгоритмов работы автоматизированного комплекса и специального подхода к технологии их обустройства [8, 9].

Предлагаемый авторами настоящей статьи вариант решения мобильного автоматизированного комплекса имеет ряд преимуществ перед стационарными устройствами и устройствами типа 3D-принтеров [10, 11] при выполнении проемов. Преимущества обеспечиваются большей мобильностью комплекса, отсутствием ограничений по траектории его движения в пределах возводимого объекта.

Стоит отметить, что указанные группы архитектурно-конструктивных элементов имеют крайне большое количество спецификаций и вариантов исполнения. Зачастую, при возведении зданий и сооружений используются не типовые решения, а индивидуальные. Поэтому при решении задачи автоматизации процесса выполнения кладки из мелкоштучных материалов необходимо создание инновационного программного обеспечения, позволяющего отказаться от сложной механической концепции комплекса, но в тоже время, обеспечивающего выполнение поставленной задачи на основе детально проработанного кладочного плана.

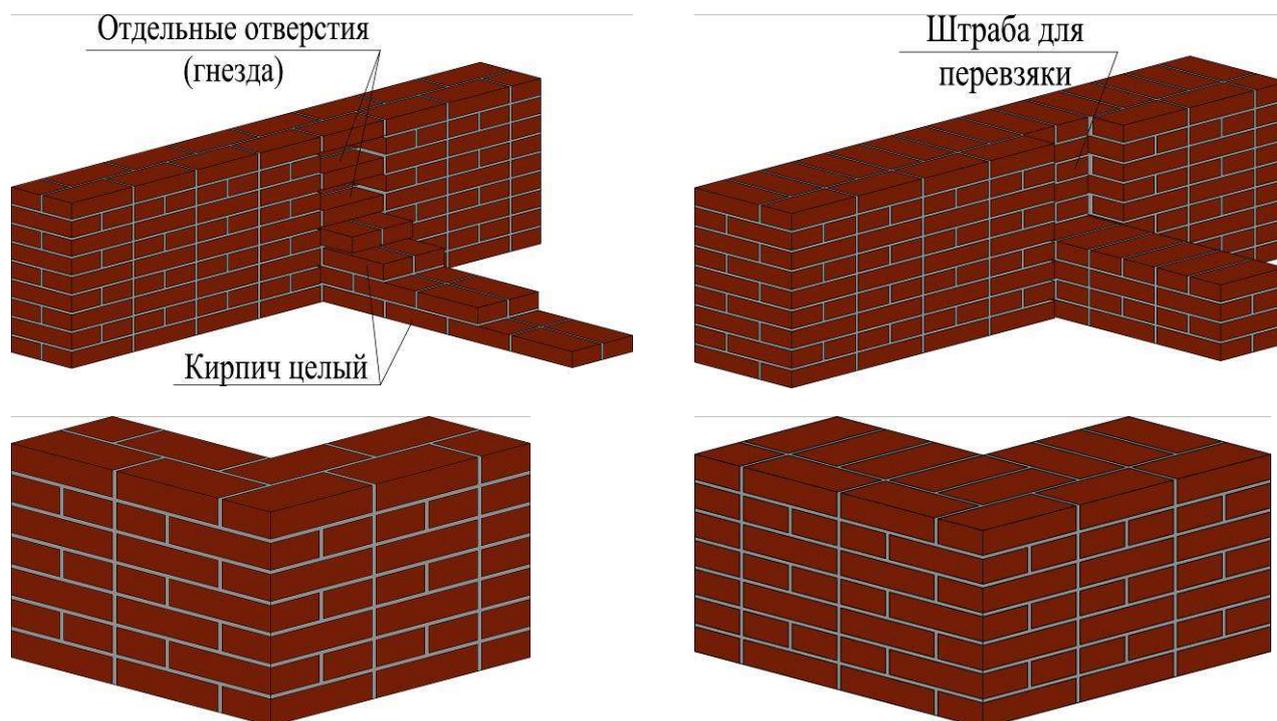


Рис. 1. Варианты примыкания внутренних стен и перегородок к наружным стенам, углов кладки, выполняемых робототехническим комплексом при строительстве из блочных материалов

Монтируемое на объекте перекрытие оказывает опосредованное влияние на процесс возведение кладки. Поскольку рассматриваемый автоматизированный комплекс мобилен, то единственным ограничивающим фактором при работе комплекса является площадь и конфигурация перекрытия, которые влияют на траекторию его перемещения, что в свою очередь приводит к изменению организации строительной площадке и всего процесса возведения конструкций. Также стоит отметить, что вид перекрытия (сборное или монолитное) определяет режим работы устройства. При монтаже сборного перекрытия выполнение кладки комплексом начинается сразу после укладки элементов в проектное положение. При заливке монолитного перекрытия необходимо время для набора необходимой прочности

во избежание деформаций и запредельных напряжений в конструкциях. Данные аспекты регулируются при составлении календарных графиков и технологических карт на строительные процессы [12, 13].

Таким образом, помимо непосредственно разработки конструктивно-архитектурных и планировочных решений, выполняемых на стадии проекта, необходимо оценивать производство процессов, для которых требуется ручной труд, а именно: армирование конструкций, монтаж закладных деталей, перемычек, устройство слоя утеплителя и т.д. Указанные виды работ должны производиться параллельно с работой комплекса, что должно быть учтено при составлении проекта производства работ и проекта организации строительства, т.е. должен быть применен комплексный подход к строительно-монтажным работам

при выполнении кладки из мелкоштучных материалов в автоматическом режиме [14, 15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Промышленная роботизация в России [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.robotgeek.ru/intervyu/promyshlennaya-robotizatsiya-v-rossii](http://www.robotgeek.ru/intervyu/promyshlennaya-robotizatsiya-v-rossii) (дата обращения 17.05.2017).

2. Целищев О.В., Мунасыпов Р.А. Автоматизация процесса кирпичной кладки // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 1. С. 56–61.

3. Малахов А.В., Шутин Д.В. К обоснованию эффективности применения роботизированных устройств для выполнения кладки из мелкоштучных материалов с учетом технологических и экономических факторов / Интеграции, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов международной научной конференции // МГСУ (Москва, 16-17 ноября 2016); М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 270–274.

4. Федорова Н.В., Малахов А.В., Шутин Д.В. Технологические аспекты применения роботизированных автоматических комплексов для возведения объектов из мелкоштучных материалов // Технология текстильной промышленности. 2017. №1. С. 226–232.

5. Вахненко П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции. К.: Изд-во Будивельник, 1978. 152 с.

6. Робот Адриан может построить дом за два дня [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.robotgeek.ru/promyshlennye-roboty/robot-adrian-mozhet-postroit-dom-za-dva-dnya](http://www.robotgeek.ru/promyshlennye-roboty/robot-adrian-mozhet-postroit-dom-za-dva-dnya) (дата обращения 20.05.2017).

7. Булгаков А.Г., Бертрам Торстен, Горчаков В.В., Касаткин А.В. Разработка мобильного робота для технологических процессов в строительстве // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2011. №6. С. 20–25.

8. Пат. США, US2009038258 (A1). Automated Brick Laying System for Constructing a Building From a Plurality of Bricks / Pivac M.J., Wood M.B. 2009. 19 с.

9. Пат. США, US2015082740 (A1). Brick Laying System / Lawrence P.S., Nathan P., Charles C.T. 2015. 49 с.

10. Оборудование для автоматизированной кладки кирпичных стен МКСК [Электронный ресурс]. URL: [http:// a-v-a.ru / index. php / real-projects / story / kamen](http://a-v-a.ru/index.php/real-projects/story/kamen) (дата обращения 22.05.2017).

11. Создан самый большой в мире 3d-принтер для строительства домов [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/technology/sozdansamyj-bolshoj-v-mire-3d-printer-dlya-stroitelstva-domov.html> (дата обращения 22.05.2017).

12. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений. Учеб. для строит. вузов. М.: Высш. шк., 2004. 446 с.

13. Теличенко В.И. Технология строительных процессов. Учеб. для строит. вузов. М.: Высш. шк., 2005. 392 с.

14. Добронравов С.С. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для строит. вузов. М.: Высш.шк., 2001. 575 с.

15. Емельянов С.Г. Роботизация и автоматизация строительных процессов. Курск: ЮЗГУ, 2014. 323 с.

Malakhov A.V., Shutin D.V.

IMPLEMENTATION OF SOME ARCHITECTURE-CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR CONSTRUCTION OF SMALL-PIECES MATERIALS USING ROBOTIC COMPLEXES

The use of automation and robotics is economically feasible in most industries, including construction, which remains poorly automated. One of the processes that are promising from this point of view is construction using small-piece materials. The process is proposed to be automated using mobile robotic complexes. However, this requires a detailed consideration of the technological aspects of installation of wall junctions, corners, openings and overlaps. These elements are rather difficult for mobile robotic systems, affect both the operation of the complex and the whole construction process. The article shows the approaches to the implementation of these elements when mobile robotic bricklaying systems are used.

Key words: robotics, automation, small-piece materials, masonry robots, construction technology.

Малахов Александр Валерьевич, аспирант кафедры промышленное и гражданское строительство Юго-Западный государственный университет
Адрес: Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.
E-mail: 4ega@inbox.ru

Шутин Денис Владимирович, кандидат технических наук, директор центра трансфера и коммерциализации технологий
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: Россия, 302020, Орел, Наугорское шоссе, д. 29.
E-mail: rover.ru@gmail.com