

УДК 69.002.5:004.9

**С. Ю. БАЛЫНИН**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства;  
**А. А. ОСКИРКО**, ст. преподаватель кафедры технологии строительства

## ПЕРСПЕКТИВЫ РОБОТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ МАШИН ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;  
эл. почта: anoskirko@yandex.ru

*Ключевые слова:* роботизация строительных процессов, производство земляных работ, землеройная и землеройно-транспортная техника.

---

*Авторами рассмотрены примеры использования современных роботов в строительстве, в частности при производстве земляных работ. Определены перспективы использования роботизации в строительной отрасли. Отмечено, что для более качественного использования подобных машин программное обеспечение помимо имеющегося функционала должно приобрести инструментарий, позволяющий проектировщику закладывать часть специфической информации о проведении работ строительной машиной.*

---

Современная строительная отрасль характеризуется в первую очередь внедрением различных автоматизированных систем как в сфере проектирования, так и в сфере непосредственно строительства. Начав борьбу за повышение качества и снижение сроков строительства, отрасль уже практически пережила этап массовой механизации различных строительных работ, полным ходом идет процесс автоматизации строительства, и уже в ближайшее время произойдет появление роботов на строительных площадках.

Признавая роботизацию как таковую, тем не менее многие, в том числе и именитые строители считают это отдаленной перспективой, в какой-то мере справедливо кивая на реальную стройку и на предложения крупных производителей строительной техники, которые в подавляющем большинстве предлагают именно решения в сфере автоматизации строительства, а отнюдь не строительных роботов.

Какие роботы сейчас присутствуют на стройке? Практически их нет. Да, есть идеи и даже образцы роботов-каменщиков. К примеру, стартап из Екатеринбурга «Виктория BRICK» (2020) представил робота-каменщика, в задачи которого входит укладка кирпичей или блоков. В текущем 2023 году австралийскими учеными и инженерами был представлен робот *Hadrian*, который управляется с планшета и использует 32-метровую телескопическую стрелу также для укладки кирпичей и блоков. Вообще различных решений по роботизации кладочных работ достаточно много. Так еще в 2017 году *Construction Robotics*, США представила полуавтоматический робот-каменщик *SAM*, предназначенный для кладки кирпича. По данным открытых источников, *SAM* справляется с выполнением кладки стен, не проблема для него и оконные проемы, однако, возводить углы самостоятельно этот робот не может. Несмотря на значительный



срок, прошедший с первых упоминаний о роботах-каменщиках, в массовом строительстве такие роботы до сих пор не появились.

Есть попытки роботизировать и другие строительные работы. Есть роботы, выполняющие штукатурные работы, работы по устройству полов, работы по устройству остекления и витражей и даже роботы, устраивающие технологические отверстия различного назначения в полу, стенах и потолке строящегося здания и маркирующего их. Есть большое разнообразие транспортирующих различные грузы роботов. Однако воспринимаются они не как роботы, а как оснастка, инструмент, позволяющий механизировать с высоким процентом автоматизации какой-то один вид деятельности, но не отдать его на выполнение машине полностью. Причиной этого служит частичное отсутствие отработанных технических решений, необходимых для выполнения поставленных задач.

Тем не менее к настоящему времени уже появились технологии, которые даже на существующем уровне развития техники и технологий позволяют роботизировать такое направление строительства как земляные работы. По мнению авторов, именно на роботизации этого направления и стоит сосредоточить усилия, рассчитывая на скорейший успех. Рассмотрим эти элементы более подробно.

Во-первых, имеется большой парк землеройной и землеройно-транспортной техники: бульдозеры, скреперы, грейдеры, экскаваторы различных размеров и видов, включая траншейные, фронтальные погрузчики и т. д. Степень механизации земляных работ при этом крайне высока и оценивается в литературе величиной в 95 %. Землеройные и землеройно-транспортные машины не прекратили своего развития и в настоящее время. Идут работы и в направлении совершенствования конструкции как самих машин, так и их конструктивных элементов. В отдельное направление выделились и успешно решаются вопросы автоматизации строительного процесса. Причем речь уже давно не идет о применении щупа и копирной проволоки, хотя и такие технологии по-прежнему можно встретить на производстве. Технология выравнивания поверхности строительной техникой, при которой проектное положение поверхности задается геодезистом, который устанавливает стойки и натягивает копирную проволоку, повторяя решения, заложенные проектом. Машина же, выполняя срезку или разравнивание поверхности, определяет высоту подъема отвала по данной копирной проволоке [1].

В практику строительства все увереннее входят системы 3D-нивелирования различных производителей. По своей сути, система 3D-нивелирования – это система контроля положения рабочего оборудования землеройной или землеройно-транспортной машины по высоте и уклону. Рабочий орган машины позиционируется в трехмерных координатах и, соответственно, зная плоские координаты и отметку на кромке рабочего органа, можно судить о правильности формирования поверхности строительной машиной [2].

Во-вторых, в настоящее время есть и вполне распространены спутниковые системы позиционирования, аббревиатуры *GPS*, ГЛОНАСС, *Galileo* на слуху у многих и применяются эти технологии повсеместно. Помимо всего прочего, они функционируют и в системах автоматизации землеройной техники. А в-третьих, существует электроника, способная, размещаясь на борту строительной машины и определяя свое местоположение посредством спутниковой системы



позиционирования, определять фактическое положение грунта или слоя дорожной одежды и его проектное положение.

В-четвертых, мы имеем бурно развивающиеся информационные технологии – те, что скрываются под популярным термином *BIM*. *BIM (Building Information Model)* – это объектно-ориентированная модель строительного объекта, выполненная в трехмерном виде, с элементами которой связаны данные различных характеристик строительного объекта [3]. Информационная модель объекта строительства в обязательном порядке включает в себя и цифровую модель местности и цифровую модель рельефа. Проектировщики же дополняют ее проектными данными, отображая как поверхность грунта, так и основания, подстилающего и растительного слоя и других слоев, если они предусмотрены проектировщиком.

В настоящее время мы имеем широкий спектр землеройных и землеройно-транспортных машин, которые могут быть оснащены бортовыми компьютерами, способными управлять в полном объеме действиями данных машин. Свое положение в пространстве, а, следовательно, и положение рабочих органов машина может определять с высокой точностью, используя систему спутникового позиционирования. Информация о границах участка строительства, о проектных высотных отметках поверхности земли или отсыпаемого слоя может передаваться на бортовой компьютер машины. Таким образом, вопрос состоит только в разработке алгоритмов выполнения работ машиной и представления его в виде программного кода для конкретного типа строительной машины.

Отдельно стоит остановиться на программах, предназначенных для проектирования генеральных планов, вертикальной планировки, подсчета земляных масс. На рынке оно представлено достаточно широко. Можно вспомнить и Генплан «Кредо-Диалог», и *NanoCAD* Модуль «Генплан» и *ROBUR* Автомобильные и железные дороги (НПО Топоматик). При этом специально не упоминаем решения *AutoDesk* и других разработчиков, покинувших отечественный рынок, но фактически оставивших свои программные продукты.

Представляется, что данное программное обеспечение помимо имеющегося функционала должно приобрести инструментарий, позволяющий проектировщику закладывать часть специфической информации о проведении работ строительной машиной. Так, например, границы работы строительной техники, последовательность выполнения работ, места складирования растительного грунта, размещения на строительной площадке резервов грунта и многие другие вопросы, освещаемые в проекте организации строительства и проекте производства работ целесообразнее выполнять в том же программном обеспечении, что и разработка самого проекта. Инженером, ответственным за строительство на подоснове, включающей существующую поверхность земли, проектную поверхность, поверхности конкретных слоев значительно удобнее спланировать и траектории движения техники, определить время выполнения работ, предполагаемые затраты топлива.

Траектория движения машины может определяться в программном обеспечении автоматически или в полуавтоматическом режиме с учетом ограничений, накладываемых специалистом. Результаты работы одновременно послужат материалами к проекту организации строительства и проекту производства работ, при этом будут переданы на строительную машину как необходимый перечень данных для выполнения работ.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаборов, В. А. Робототехника и BIM-технологии в строительстве / В. А. Лаборов, О. С. Гамаюнова. – Текст : непосредственный // Инженерные исследования. – 2021. – № 5. – С. 15–22.
2. Строительство и роботы : каталог роботов для строительства. – URL: <https://robotrends.ru/robopedia/katalog-robotov-dlya-stroitelstva> (дата обращения: 27.11.2023). – Текст : электронный.
3. BIM-стандарт. Промышленные объекты. – URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://infrabim.csd.ru/upload/news/bim-standart-promyshlennye-objekty.pdf?ysclid=lpd021vtis709064190> (дата обращения: 27.11.2023). – Текст : электронный.

**BALYNIN Stanislav Yurevich., candidate of technical sciences, associate professor of the chair of construction technology; OSKIRKO Anastasiya Alekseevna, senior teacher of the chair of construction technology**

### **PROSPECTS FOR ROBOTICS IN CONSTRUCTION BY THE EXAMPLE OF MACHINES FOR EARTHWORK**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;  
e-mail: anoskirko@yandex.ru

*Key words:* robotization of construction processes, excavation work, earthmoving and earthmoving-transport equipment.

---

*In this paper, the authors review examples of the use of modern robots in construction, in particular, in excavation work. The prospects for using robotics in the construction industry have been identified. It is noted that for better use of such machines, the software, in addition to the existing functionality, must acquire tools that allow the designer to provide some of the specific information about the work carried out by the construction machine.*

---

## REFERENCES

1. Laborov V. A., Gamayunova O. S. Robototekhnika i BIM-tehnologii v stroitelstve [Robotics and BIM technologies in construction]. Inzhenernye issledovaniya [Engineering Research]. Moscow, 2021. № 5. P. 15–22.
2. Stroitelstvo i roboty [Construction and robots] : katalog robotov dlya stroitelstva // URL: <https://robotrends.ru/robopedia/katalog-robotov-dlya-stroitelstva/> (data obrascheniya: 27.11.2023).
3. BIM-standart. Promyshlennye obekty [BIM standard. Industrial facilities]. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://infrabim.csd.ru/upload/news/bim-standart-promyshlennye-objekty.pdf?ysclid=lpd021vtis709064190/> (data obrascheniya: 27.11. 2023).

© С. Ю. Балынин, А. А. Оскирко, 2023

Получено: 01.11.2023 г.