

Ильдияров Евгений Викторович

к.т.н., доцент кафедры ТОСП
ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Ildiyarov Evgeny Viktorovich
Samara State Technical University

Майоров Денис Сергеевич, Студент

ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Mayorov Denis Sergeevich
Samara State Technical University

**ПРОБЛЕМЫ ШИРОКОГО ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ ПОДАЧИ И УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ
НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ
PROBLEMS OF WIDESPREAD USE OF ROBOTIC COMPLEXES FOR SUPPLY
AND PLACEMENT OF CONCRETE MIXTURE DURING CONSTRUCTION
OF BUILDINGS ON A CONSTRUCTION SITE**

Аннотация. В статье анализируются проблемы внедрения роботизированных комплексов для подачи и укладки бетонной смеси в монолитном строительстве. Сравниваются традиционные, современные и инновационные методы механизации по техническим, экономическим и энергетическим параметрам, раскрываются преимущества роботизации – точность, снижение трудозатрат и перерасхода материалов, интеграция с BIM и IoT. Выявлены ключевые барьеры внедрения, а также обозначены перспективы развития.

Abstract. The article analyzes the problems of introducing robotic complexes for concrete mixture supply and placement in monolithic construction. Traditional, modern, and innovative methods of mechanization are compared in terms of technical, economic, and energy parameters, and the advantages of robotization are revealed, such as accuracy, reduced labor costs and material waste, and integration with BIM and IoT. Key barriers to implementation are identified, and development prospects are outlined.

Ключевые слова: Монолитное строительство, роботизированные комплексы, подача и укладка бетонной смеси, подготовка кадров в строительстве.

Keywords: Monolithic construction, robotic complexes, concrete mixture supply and placement, training in construction.

Монолитное строительство широко применяется в современном жилищном и промышленном строительстве благодаря высокой прочности, долговечности конструкций и возможности реализации сложных архитектурных решений. Эффективность процесса во многом зависит от выбора способа подачи и укладки бетонной смеси. В настоящее время существуют несколько вариантов механизации данных процессов, различающихся по техническим, экономическим и энергетическим параметрам.

Целью данной статьи является анализ проблем широкого внедрения роботизированных комплексов для подачи и укладки бетонной смеси в монолитном строительстве и выявление путей их решения.

Традиционные методы механизации подачи и укладки бетонной смеси отличаются проверенной надёжностью, но сопряжены со значительной трудоёмкостью. Например, схема «кран–бадья» характеризуется низкими капитальными затратами, однако требует привлечения рабочих для разгрузки и зависит от графика использования крана. Другой вариант – гравитационные системы с вибрлотками: они недороги, обеспечивают уплотнение смеси за счёт вибрации, но подходят лишь для локальных работ (в т.ч. при возведении фундаментов и стен небольшой высоты) и требуют ровной поверхности для установки – их применение ограничено малыми высотами подачи.



Современные методы механизации демонстрируют более высокую производительность и целесообразны при строительстве крупных объектов. Автобетононасосы с распределительной стрелой позволяют подавать смесь на значительные расстояния как по горизонтали, так и по вертикали и снижают трудоёмкость работ, хотя отличаются высокими эксплуатационными затратами. Стационарные бетононасосы со стационарным бетоноводом особенно эффективны на масштабных стройках: несмотря на существенные капитальные затраты на монтаж, они обеспечивают большую дальность подачи и в итоге дают экономию при крупных объёмах работ.

Инновационные методы открывают новые перспективы в строительной механизации. Роботизированные бетоноукладчики обеспечивают автоматизированное распределение смеси с высокой точностью и возможностью интеграции с BIM-моделями: при повышенных капитальных затратах они заметно сокращают трудозатраты за счёт оптимизации процессов. Строительные 3D-принтеры позволяют осуществлять послойную укладку смеси, минимизируя отходы, – однако требуют специальных составов бетона и отличаются высокой стоимостью оборудования.

Преимущества роботизированных комплексов перед традиционными методами значительны. Они обеспечивают высокую точность укладки (до 2 мм против 10–20 мм при ручной укладке), сокращают трудозатраты на 40–60% и повышают производительность на 20–30% по сравнению с традиционными методами. Кроме того, минимизируется человеческий фактор и связанные с ним ошибки, появляется возможность работы в опасных или труднодоступных зонах без риска для персонала, возможна интеграция с цифровыми технологиями (BIM, IoT) для мониторинга и контроля качества. Также снижается количество отходов и перерасход материалов на 15–25%, улучшаются условия труда и повышается безопасность на стройплощадке, а за счёт оптимизации маршрутов подачи и снижения перерасхода материалов уменьшается выброс CO₂ на 10–15% [6].

Однако проблемы и ограничения широкого внедрения роботизированных комплексов существенны и сдерживают их распространение. Прежде всего, это высокие капитальные затраты: стоимость роботизированных комплексов в 2–3 раза превышает стоимость традиционных бетононасосов и кранов [1]. Далеко не каждая строительная организация готова вложиться в них, поскольку окупаемость таких инвестиций возможна только на крупных проектах или при длительном использовании.

Кроме того, большинство роботизированных систем спроектированы для выполнения конкретных задач и не могут быть легко адаптированы к различным типам строительных работ или изменениям в проекте. Например, 3D-принтеры требуют специальной подготовки основания и не подходят для всех типов фундаментов. Для обслуживания и эксплуатации роботизированных комплексов требуются специалисты с навыками программирования и работы с высокотехнологичным оборудованием, а дефицит таких кадров на рынке труда ограничивает внедрение технологий.

Строительные площадки часто не оборудованы необходимой инфраструктурой (электропитание, сети связи, системы позиционирования) для эффективной работы роботизированных систем. Например, при строительстве объекта в «чистом поле» подготовка под роботизированные комплексы может занять продолжительное время. Роботизированные комплексы также чувствительны к погодным условиям (дождь, снег, низкие температуры), неровностям поверхности и другим факторам строительной площадки, что ограничивает их применение на территории нашей страны.

Действующие строительные нормы и правила (СП, ГОСТ) не в полной мере учитывают особенности применения роботизированных технологий. Отсутствие чётких регламентов по их эксплуатации и контролю качества затрудняет внедрение. Например, СП 70.13330.2012 не содержит требований к контролю качества укладки бетонной смеси роботизированными комплексами [2], что вынуждает подрядчиков разрабатывать индивидуальные технические условия для каждого проекта и увеличивает сроки согласования на 2–3 месяца.



Роботы имеют ограничения по грузоподъёмности, дальности подачи и скорости работы. Например, строительные 3D-принтеры пока не могут работать с обычными бетонными смесями – требуются специальные составы с особыми реологическими свойствами. В случае поломки роботизированного комплекса сроки и стоимость ремонта могут быть значительно выше, чем для традиционного оборудования, а запасные части часто приходится заказывать у производителя, что увеличивает время простоя. Сбои в программном обеспечении, кибератаки или проблемы с подключением к сети могут парализовать работу роботизированных систем.

Согласно прогнозам Минстроя РФ [3], к 2030 году доля роботизированных систем в монолитном строительстве может достичь 15-20% при условии решения ключевых проблем. Наиболее перспективными направлениями являются разработка модульных роботизированных комплексов, адаптируемых под разные задачи, создание отечественных систем управления с открытым кодом и интеграция с системами умного строительства (BIM + IoT + AI).

Для успешного внедрения роботизированных комплексов требуется комплексный подход, включающий разработку новых нормативных документов, учитывающих особенности роботизированных технологий, в т.ч. актуализацию СП 48.13330 «Организация строительства» [4], СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [2] и ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» [5]. Необходимо ввести чёткие регламенты по контролю качества укладки бетонной смеси роботизированными комплексами, требования к их эксплуатации и техническому обслуживанию, что позволит сократить сроки согласования проектов с применением роботов на 2–3 месяца.

Важным элементом является создание программ обучения и повышения квалификации для строительных специалистов с привлечением профильных вузов и научно-исследовательских институтов. Программы должны охватывать основы программирования роботизированных систем, работу с BIM-моделями и системами цифрового мониторинга, техническое обслуживание и диагностику роботизированного оборудования, а также правила безопасности при работе с автоматизированными комплексами.

Реализация этих мер позволит сформировать кадровый потенциал, необходимый для массового внедрения роботизированных комплексов в строительстве. По оценкам экспертов, при условии системной работы по обучению специалистов к 2030 году доля квалифицированных кадров, способных эффективно работать с роботизированными технологиями, может достичь 40-50 % от общего числа инженерно-технического персонала в отрасли. Это, в свою очередь, станет ключевым фактором для достижения целевого показателя Минстроя РФ – 15-20% доли роботизированных систем в монолитном строительстве к 2030 году.

Таким образом, комплексный подход, сочетающий разработку новых нормативных документов, государственную поддержку инновационных проектов, стандартизацию технологий, проведение пилотных внедрений и системную подготовку кадров, позволит преодолеть существующие барьеры и обеспечит успешное внедрение роботизированных комплексов для подачи и укладки бетонной смеси. Это приведёт к повышению эффективности, качества и экологичности строительного производства, а также укрепит конкурентоспособность российской строительной отрасли на глобальном рынке.

Список литературы:

1. Дунаева В. П. Эффективные способы подачи бетонной смеси при производстве монолитных работ в жилом строительстве // Молодой учёный. – 2025. – № 24 (575). – С. 57-60.
2. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87»- М.: Госстрой ФАУ «ФЦС», 2012. – 196 с.».



3. Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. – М. 2022

4. СП 48.13330.2019 «Организация строительства. СНиП 12-01-2004» – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 61 с.

5. ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» – М.: Стандартинформ, 2011. – 15 с.

6. Горбатенко Д. А., Акимова В. П., Володин В. А. и др. Разработка алгоритмов оптимизации технологических процессов монтажа монолитных железобетонных конструкций с применением роботизированных комплексов // Вестник МГСУ. – 2025. – № 3. – С. 45-58

