

УДК 338.242

DOI: 10.34670/AR.2021.35.72.020

## Технологии автоматизации: будущее строительного бизнеса

**Ратаев Василий Павлович**

Аспирант кафедры экономики, Северо-Западный институт управления,  
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ,  
199178, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Средний проспект В.О., 57/43;  
e-mail: rataev.v.p@gmail.com

**Шматко Алексей Дмитриевич**

Доктор экономических наук, профессор,  
Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,  
191015, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41;  
e-mail: shmat2000@yandex.ru

### Аннотация

Строительный бизнес - это крупный сектор экономики, который в настоящее время страдает от неэффективности и низкой производительности. Проведенный анализ показал, что в России строительная промышленность отстает от уровня зарубежных стран по вкладу в экономику, что подразумевает необходимость поиска механизмов для долгосрочного эффективного развития отрасли. Представлены факторы, ограничивающие поступательную динамику данных процессов, среди которых низкий уровень внедрения цифровых технологий в строительной отрасли. в статье представлена систематизация роботизированных и автоматизированных систем в строительной отрасли, которая позволяет облегчить понимание сложного и разнообразного технологического ландшафта и предоставить наиболее перспективные направления автоматизации. Также в статье раскрыты факторы, ограничивающие внедрение автоматизированных систем, которые не позволяют обеспечить долгосрочное будущее строительного бизнеса. Выделены четыре группы факторов: экономические, клиентские, технико-технологические, мотивационные. Представленные результаты имеют существенное практическое значение, поскольку они могут предоставить информацию заинтересованным сторонам для разработки стратегий по смягчению выявленных факторов.

### Для цитирования в научных исследованиях

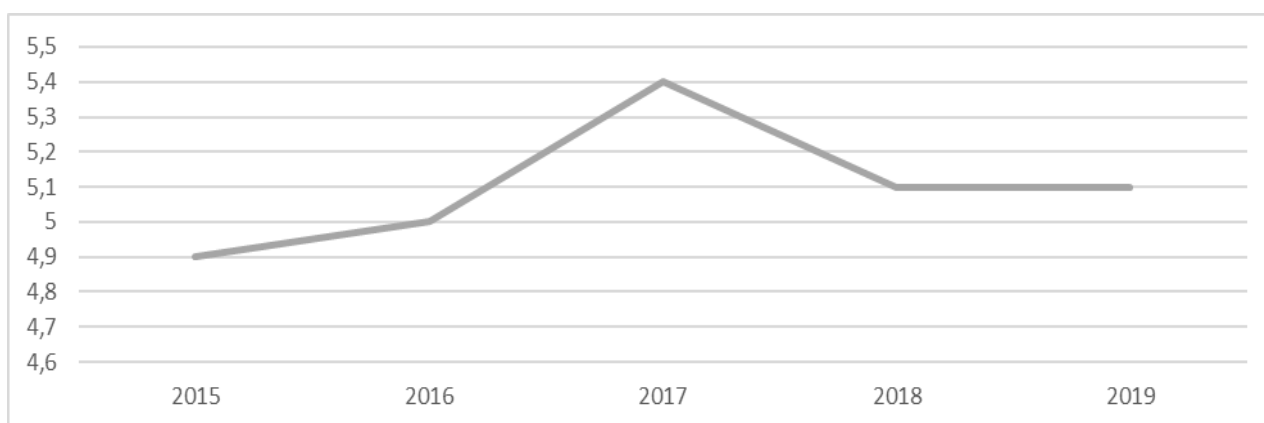
Ратаев В.П., Шматко А.Д. Технологии автоматизации: будущее строительного бизнеса // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 3А. С. 195-203. DOI: 10.34670/AR.2021.35.72.020

### Ключевые слова

Роботизация, цифровые технологии, вклад в экономику, строительство, производительность, автономные транспортные средства, экзоскелеты, дроны, аддитивное производство.

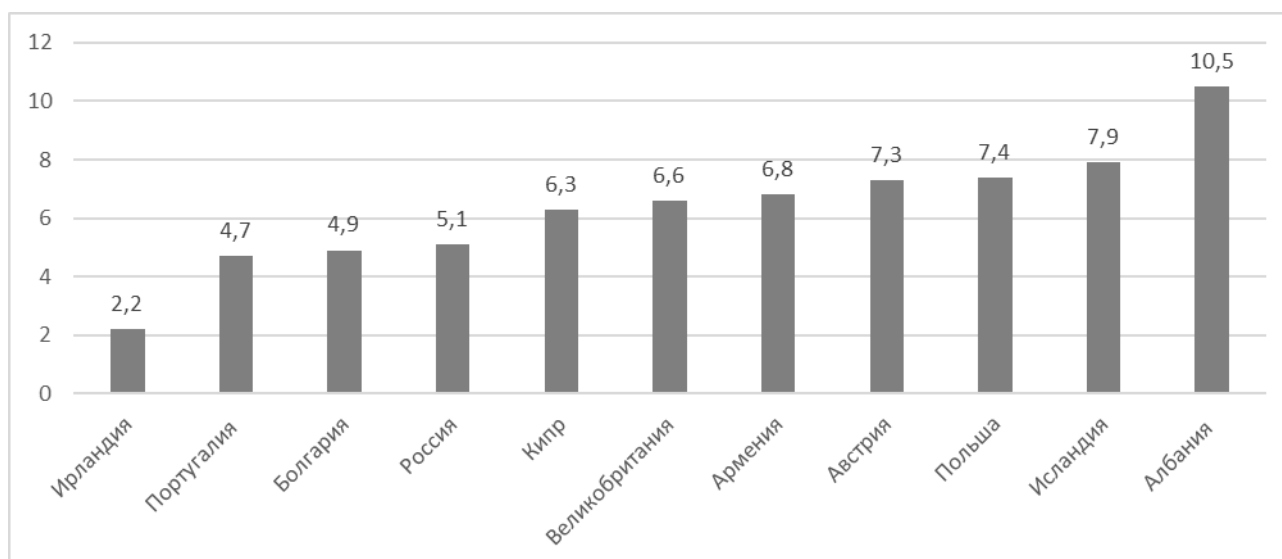
## Введение

Строительная промышленность - один из важнейших секторов экономики во всем мире. Расходы на строительство составляют от 9% до 15% ВВП в большинстве стран; и до половины национальных инвестиций может быть направлено на разработку и внедрение новых цифровых технологий в деятельность строительных компаний. Несмотря на огромное экономическое значение, строительная отрасль в России характеризуется недостаточным уровнем эффективности. Производительность во многих секторах неуклонно росла за последние пять десятилетий; однако производительность в российской строительной отрасли практически не увеличилась, а, возможно, даже снизилась. Об этом позволяет говорить вклад строительной отрасли в национальную экономику (рис.1).



**Рисунок 1 - Динамика вклада российской строительной отрасли в ВВП, %**

Как мы видим, доля вклада строительства в ВВП в России нестабильна, в последние годы характеризуется снижением, что говорит о сокращении производительности, несмотря на рост объемов строительного бизнеса. Кроме того, данный показатель в России ниже, чем в большей части не только развитых, но и развивающихся государств (рис.2).



**Рисунок 2 - Вклад строительной отрасли отдельных государств в ВВП, %**

Анализ представленных на рисунке данных демонстрирует нам существенное отставание строительного бизнеса России от других стран. Изучив научную литературу по данному вопросу, нами был сделан вывод о том, что одним из ключевых направлений долгосрочного будущего строительного бизнеса является внедрение во все строительные процессы современных технологий, прежде всего, в сфере робототехники и автоматизации. Робототехника и автоматизированные системы могут произвести революцию и предоставить множество преимуществ для строительной отрасли и для области архитектуры, проектирования и строительства в целом.

### Основная часть

Строительство - трудоемкий процесс. Роботизированные системы и автоматизация оказались очень эффективными в других секторах для снижения затрат на рабочую силу при одновременном повышении производительности и качества. Более того, роботизированные системы могут снизить травматизм и освободить рабочих от выполнения опасных задач, то есть, можно согласиться с тем, что традиционные методы строительства достигли своих пределов и что технологии автоматизации и робототехники могут решить проблемы производительности в строительной отрасли.

Ниже представлена систематизация различных типов роботизированных и автоматизированных систем, используемых в строительной отрасли. Эти системы различны, и нет единого мнения относительно определенной категоризации. Границы между категориями постоянно смещаются или стираются из-за новых технологий. Представленная здесь категоризация призвана облегчить понимание очень сложного и разнообразного технологического ландшафта и предоставить наиболее перспективные направления автоматизации (табл.1).

**Таблица 1 - Систематизация роботизированных и автоматизированных систем в строительной отрасли (авторское обобщение по данным**

Категория	Описание, типы и варианты использования
1. Внешние автоматизированные системы заводского изготовления	Производство строительных компонентов на выездных площадках в автоматизированном режиме
	Производство строительных компонентов (BCM)
	Крупномасштабное сборное производство (LSP)
	Аддитивное производство (3D-печать)
2. Локальные автоматизированные и роботизированные системы	Однозадачные строительные роботы (STCR) для кладки кирпича, сборки стальных ферм, сварки стали, монтажа фасадов, покраски стен, укладки бетона и т. Д.
	Роботизированные фабрики на территории
	Роботы для сборки компонентов зданий
3. Дроны и автономные транспортные средства	Доступ к экстремальным и опасным средам
	Съемка, инспекция и мониторинг
	Автоматизированное бурение, земляные и землеройные работы
4. Экзоскелеты	Повышение производительности труда: подъем тяжелых грузов, снижение утомляемости и упрощение использования инструментов в неудобных положениях.
	Уменьшение травм

Как мы видим, типы автоматизации и робототехники для строительства можно

сгруппировать в четыре общие категории:

- 1) Сборные системы за пределами площадки,
- 2) Автоматические и роботизированные системы на месте,
- 3) Дроны и автономные транспортные средства,
- 4) экзоскелеты.

Категория 1. Первые строительные роботы были разработаны в Японии для повышения качества строительных компонентов модульных домов. Внедрение этих роботов стало результатом успешного использования роботов в автомобильной промышленности Японии. В эту категорию входят различные технологии, позволяющие производить строительные компоненты за пределами объекта в автоматическом режиме. Основная цель этих систем заключалась в улучшении качества сборных строительных элементов и основана на использовании роботов в других производственных секторах. Эти технологии включают подходы к производству строительных компонентов (BCM), которые преобразуют материалы (бетон, кирпич, дерево, сталь и т. д.) и компоненты низкого уровня в компоненты здания высокого уровня. Например, сборные бетонные элементы, стальные фермы, элементы деревянных конструкций, стены, пол и секции крыши и т.д.

Существуют также подходы крупномасштабного заводского изготовления (LSP), которые объединяют компоненты здания высокого уровня в готовые целые строительные модули (например, ванна или кухонные модули). В эту категорию также входят методы аддитивного производства, также известные как 3D-печать. В литературе имеется большое количество публикаций, касающихся использования аддитивных технологий производства в строительной отрасли. Основные выявленные проблемы включают разработку соответствующих материалов и отсутствие понимания механических характеристик материала.

Позже на строительных площадках стали появляться строительные роботы, и были разработаны автоматизированные системы строительных площадок (Категория 2): локальные автоматизированные и роботизированные системы). В эту категорию входят автоматизированные и роботизированные системы, которые можно использовать непосредственно на строительной площадке для создания конструкций и зданий. Первым типом используемых систем были роботы-конструкторы для одной задачи (STCR), которые могут выполнять одну задачу в повторяющейся манере.

Типичный пример роботов этого типа - роботизированные манипуляторы, используемые в автомобилестроении. Эти типы роботизированных манипуляторов обычно устанавливаются на передвижных платформах и используются на месте для выполнения простых задач (например, интегрированная роботизированная система строительных лесов, которая позволяет устанавливать роботизированный манипулятор на них, роботизированная система для окрашивания стен или для распыления бетона, мобильный роботизированный манипулятор и др. Данный подход можно легко адаптировать для использования в сочетании с другими традиционными методами строительства. Однако он является источником других проблем, таких как необходимость в дополнительных требованиях по охране труда и технике безопасности, сложность параллелизации и интеграции с деятельностью человеческих работников, а также отсутствие интеграции с последующими и следующими видами деятельности.

Для решения этих проблем были разработаны фабрики робототехники на месте. Это фабричная среда на строительных площадках. Его основное намерение состоит в том, чтобы интегрировать автономные STCR в контролируемые среды, которые позволяют реализовать

сетевые роботизированные системы, в которых различные роботы могут использоваться для различных типов задач в автоматическом режиме, напоминая производственную линию.

Последними разработками стали роботы и автономные транспортные средства для осмотра, мониторинга, обслуживания и т.д. (Категория 3): дроны и автономные транспортные средства. В эту категорию входят наземные, воздушные или морские транспортные средства, которыми можно управлять дистанционно или которые являются автономными. Эти транспортные средства могут использоваться для различных задач, включая доступ к экстремальным и опасным средам, удаляя людей из зон высокого риска; задачи по обследованию и мониторингу; автоматизированные выемки, снос и транспортировка материалов.

Дроны можно использовать для исследования экстремальных условий окружающей среды и изучения суровых и труднодоступных мест. Основными вариантами использования беспилотных летательных аппаратов являются задачи съемки и мониторинга; для этих задач разработаны и наземные дроны для автоматизации визуального осмотра мостов и другой местности. Однако основным применением наземных транспортных средств было использование автономных транспортных средств и экскаваторов для добычи полезных ископаемых. Но для традиционных строительных площадок по-прежнему существует много проблем с автоматизацией землеройных машин.

Кроме того, существует множество проблем, которые необходимо решить, чтобы дроны можно было эффективно использовать в строительстве: высокие первоначальные затраты; низкий срок службы батареи, что ограничивает работу; например, у большинства дронов время полета составляет менее 30 минут; сложная работоспособность аппаратного и программного обеспечения, что требует дополнительного обучения и увеличивает затраты; ложно воспринимаемые уровни точности и допусков, которые могут привести к ошибкам и несчастным случаям; строгие правила, увеличивающие затраты на усыновление; дроны представляют дополнительные риски для здоровья и безопасности.

Наконец, экзоскелеты - это носимые механические устройства, расширяющие возможности пользователя, они не являются строго роботизированной системой, потому что расширяют возможности рабочего, а не полностью заменяют его. Тем не менее, было решено включить сюда экзоскелеты, потому что это автоматизированная технология, улучшающая строительные работы. Кроме того, экзоскелеты требуют высокой степени автоматизации, и существует значительный потенциал сотрудничества человека и робота. В этом смысле до того, как на строительных площадках полностью исчезнут люди, можно ожидать, что роботы, автоматизированные системы будут работать вместе.

Экзоскелеты - это носимые устройства, которые работают вместе с пользователем, а не робот, который выполняет задачу автономно. Экзоскелеты - это механические устройства, которые носят рабочие, которые усиливают человеческие способности. Экзоскелеты могут помочь строителям снизить нагрузку на их работу и повысить производительность, позволяя им поднимать тяжелые грузы, уменьшать утомляемость, облегчать использование инструментов в неудобных положениях и т.д. Экзоскелеты также могут способствовать снижению травматизма и поддержанию здоровья рабочей силы. Как мы видим, данные технологии позволяют решить многие проблемы, связанные с физическими нагрузками задач, выполняемых строителями, сложными точными действиями в неудобных положениях и пр. Полагаем, для широкого использования данных технологий необходимо решить множество проблем, включая высокие затраты, энергоэффективность, безопасность и удобство; проблемы безопасности и здоровья, поскольку использование экзоскелетов может увеличить риск зацепления и падения; вопросы

гигиены; ложное чувство безопасности; проблемы удобства использования, включая долговечность, надежность и универсальность; отсутствие интеграции с другими средствами индивидуальной защиты; первоначальные высокие затраты на внедрение и необходимость быстрой окупаемости инвестиций; возможное не признание со стороны рабочих.

Робототехнические системы для строительства разрабатывались с 1960-х и 1970-х годов, однако, внедрение данных технологий в строительную промышленность идет очень медленно. Отметим, что степень автоматизации в строительстве отстает от других отраслей. Хотя компании считают, что робототехника и автоматизированные системы улучшают производительность, здоровье и безопасность, существуют значительные риски, включая высокие затраты на внедрение и высокие коммерческие и технические риски. Кроме того, строительная отрасль медленно внедряет не только робототехнику, но и новые технологии в целом, что также снижает перспективы бизнеса. Например, другие технологические разработки, такие как парадигма Индустрии 4.0, информационное моделирование зданий (BIM), сенсорные технологии и искусственный интеллект, могут стимулировать внедрение робототехники в строительной отрасли.

Это происходит потому, что по-прежнему существует множество факторов, ограничивающих внедрение автоматизированных систем в строительной отрасли. Были выделены четыре группы факторов, которые ограничивают использование автоматизированных систем в строительный бизнес: экономические, клиентские, технико-технологические, мотивационные.

Экономические факторы со стороны строительного бизнеса - в эту группу входят все факторы, связанные с расходами, которые строительные компании должны понести, чтобы внедрить робототехнику в строительство. Высокие начальные капитальные вложения оправданы, потому что они уменьшают дорогостоящий ручной труд и повысят производительность. Однако для многих строительных компаний эти преимущества не всегда достижимы. Полагаем, экономические факторы со стороны подрядчика представляют наиболее заметное ограничение для внедрения автоматизации и робототехники в строительной отрасли, поскольку строительство - это низкоприбыльная и высокорисковая отрасль, в которой внедрение новых технологий нецелесообразно на практике и может повлиять на выживаемость компаний.

Клиентские экономические факторы - основным фактором в этой категории являются затраты, которые клиент должен понести за внедрение робототехники. На высококонкурентном рынке, если цена является единственным критерием выбора, строительные компании, как правило, снижают размер прибыли, а внедрение новых технологий ограничивают, поскольку оно не позволяет ее снизить. Ограниченные бюджеты на инфраструктуру и краткосрочное принятие решений препятствуют принятию новых подходов к данному фактору вследствие чего происходит усиление негативного и взаимно подпитывающего цикла низких цен и низких инноваций.

Технико-технологические факторы - в эту группу входят практические факторы, ограничивающие внедрение робототехники. Они касаются технических ограничений текущих технологий и факторов, связанных с рабочей культурой. Так, препятствием является высокая сложность строительных задач, ограничивающая удобство использования и эффективность роботизированных и автоматизированных решений. Взаимодействие человека и робота также является серьезной проблемой для внедрения робототехники в целом, так как для строительной отрасли это критический фактор, учитывая ее трудоемкие задачи и ожидаемое постепенное

внедрение робототехники. Высокие затраты на внедрение тестирования взаимодействия человека с роботом очень дороги, также у рабочих есть обычное неприятие к выполнению задач вместе с роботами. Еще одна группа ограничений связана с эксплуатационными требованиями к интерфейсам человек-робот. Важным представляется при разработке роботов для строительства учитывать конкретные эксплуатационные потребности взаимодействия машины и робота для выполнения конкретных строительных задач.

Мотивационные факторы - основным фактором в этой группе является неясная ценность, которую строительные компании могут получить от внедрения автоматизации. Центральным основополагающим аспектом этой категории является отсутствие веских доказательств того, что внедрение робототехники действительно приведет к снижению затрат на доставку активов. Строительная отрасль - это бизнес с низкой прибылью и высоким риском, в котором отсутствие доказательств представляет собой серьезное препятствие. Широко признано, что внедрение робототехники может снизить затраты, связанные с рабочей силой и травмами, но в этом же смысле робототехнические системы считаются дорогостоящей технологией, так как в стоимость входят не только роботизированные системы, а также программное обеспечение, квалифицированные кадры и обучение.

### Заключение

Таким образом, в статье представлена систематизация роботизированных и автоматизированных систем в строительной отрасли, которая позволяет облегчить понимание сложного и разнообразного технологического ландшафта и предоставить наиболее перспективные направления автоматизации. Также в статье раскрыты факторы, ограничивающие внедрение автоматизированных систем, которые не позволяют обеспечить долгосрочное будущее строительного бизнеса. Выделены четыре группы факторов: экономические, клиентские, технико-технологические, мотивационные. Представленные результаты имеют существенное практическое значение, поскольку они могут предоставить информацию заинтересованным сторонам для разработки стратегий по смягчению выявленных факторов.

### Библиография

1. Piev Ben-Zion Modern Trends in innovative construction projects // Review of Business and Economics Studies. 2019. №2. С.53-56.
2. Берсенева М.Л., Клиндух Н.Ю., Данченко Т.В., Якшина А.А. Экономическая эффективность аддитивных технологий в строительной отрасли // Вестник евразийской науки. 2020. №1. С.3.
3. Динамика и структура ВВП России. 2020. URL: [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE\\_62.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE_62.pdf)
4. Дудин М.Н., Толмачев О.М. Практика внедрения инновационных технологий в строительной отрасли // Вопросы инновационной экономики. 2017. №4. С.407-416.
5. Европейская экономическая комиссия ООН. Доля строительства в ВВП. URL: <https://w3.unecsc.org/PXWeb/ru/CountryRanking?IndicatorCode=8>
6. Еременко В.Т., Шпичак С.А. Автоматизация управления доступом к ресурсам АСУ ТП предприятий строительной индустрии и ЖКХ // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2017. №6. С.141-146.
7. Корабельникова С. С., Корабельников С. К. Цифровые технологии как элемент снижения рисков в строительстве // Дискуссия. 2019. №2 (93). С.18-27.
8. Полякова Е.В., Болдырева Р.Ю. Инновационные технологии как основа стратегического развития строительных компаний // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2017. №5 (23). С.115-119.
9. Потапов Д.П. Главные инновации в сфере строительных технологий // E-Scio. 2019. №4 (31). С.127-131.
10. Тилинин Ю. И., Ворона-Сливинская Л. Г. Архитектурно-строительные системы и технологии для крупномасштабного жилищного строительства // Colloquium-journal. 2019. №22 (46). С.17-20.

## **Automation technologies: the future of the construction business**

**Vasilii P. Rataev**

Postgraduate student of the Department of Economics,  
North-West Institute of Management,  
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,  
199178, 57/43, Sredny prospect VO, Saint-Petersburg, Russian Federation;  
e-mail: rataev.v.p@gmail.com

**Aleksei D. Shmatko**

Doctor of Economics, Professor,  
North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,  
191015, 41, Kirochnaya street, Saint-Petersburg, Russian Federation;;  
e-mail: shmat2000@yandex.ru

### **Abstract**

The construction business is a large sector of the economy that currently suffers from inefficiency and low productivity. The analysis showed that the construction industry in Russia lags behind the level of foreign countries in terms of contribution to the economy, which implies the need to find mechanisms for long-term effective development of the industry. The factors limiting the progressive dynamics of these processes, including the low level of implementation of digital technologies in the construction industry, are presented. The article presents a systematization of robotic and automated systems in the construction industry, which makes it easier to understand the complex and diverse technological landscape and provide the most promising areas of automation. The article also reveals the factors that limit the implementation of automated systems, which do not allow to ensure the long-term future of the construction business. Four groups of factors are identified: economic, customer, technical and technological, and motivational. The results presented are of significant practical importance, as they can provide information to stakeholders to develop strategies to mitigate the identified factors.

### **For citation**

Rataev V.P., Shmatko A.D. (2021) Tekhnologii avtomatizatsii: budushchee stroitel'nogo biznesa [Automation technologies: the future of the construction business]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (3A), pp. 195-203. DOI: 10.34670/AR.2021.35.72.020

### **Keywords**

Robotization, digital technologies, contributions to the economy, construction, productivity, autonomous vehicles, exoskeletons, drones, additive manufacturing.

### **References**

1. Iliev Ben-Zion Modern Trends in innovative construction projects // Review of Business and Economics Studies. 2019. No. 2. S.53-56.



2. Berseneva M.L., Klindukh N.Yu., Danchenko T.V., Yakshina A.A. Economic efficiency of additive technologies in the construction industry // *Bulletin of Eurasian Science*. 2020. No. 1. C.3.
3. Dynamics and structure of Russia's GDP. 2020. URL: [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE\\_62.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE_62.pdf)
4. Dudin M.N., Tolmachev O.M. The practice of introducing innovative technologies in the construction industry // *Issues of innovative economics*. 2017. No. 4. S.407-416.
5. United Nations Economic Commission for Europe. Share of construction in GDP. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb/ru/CountryRanking?IndicatorCode=8>
6. Eremenko V.T., Shpichak S.A. Automation of access control to the resources of the APCS of the enterprises of the construction industry and housing and communal services // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2017. No. 6. Pp. 141-146.
7. Korabelnikova SS, Korabelnikov SK Digital technologies as an element of risk reduction in construction // *Discussion*. 2019. No. 2 (93). Pp. 18-27.
8. Polyakova E.V., Boldyreva R.Yu. Innovative technologies as the basis for the strategic development of construction companies // *Innovative economy: prospects for development and improvement*. 2017. No. 5 (23). Pp. 115-119.
9. Potapov D.P. The main innovations in the field of building technologies // *E-Scio*. 2019. No. 4 (31). Pp. 127-131.
10. Tilinin Yu. I., Vorona-Slivinskaya L. G. Architectural and construction systems and technologies for large-scale housing construction // *Colloquium-journal*. 2019. No. 22 (46). P.17-20.