

## ГЛОБАЛЬНАЯ ПЕРСПЕКТИВА 2025 ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

© 2019 Е.П. Фомин, А.А. Алексеев\*

Предложен научно-аналитический взгляд на глобальную инновационную перспективу и тенденции технологического развития строительной индустрии. Выделены 10 глобальных направлений технологических инноваций и их логическая взаимосвязь в инвестиционно-строительном цикле, представлены ожидаемые локальные экономические эффекты. Материалы статьи адресованы менеджменту инвестиционно-строительных компаний и профильным органам исполнительной власти для формирования стратегических перспектив технологического развития.

**Ключевые слова:** экономика, строительство, инновации, предпринимательство.

### **Основные положения:**

- ♦ выявлены 10 технологий, определяющих глобальную перспективу инновационного предпринимательства в строительной индустрии;
- ♦ установлены научно-технические и технологические взаимосвязи перспективных технологий, последовательность их имплементации в инвестиционно-строительный цикл;
- ♦ сформулированы экономические эффекты применения инновационных технологий в инвестиционно-строительном комплексе.

### **Введение**

Научный и практический интерес к инновационным процессам в строительстве и промышленности профильных материалов (в совокупности определяемых как инвестиционно-строительный комплекс, индустрия) в последние 5 лет становится все более пристальным. Фокус изучения инновационных процессов в индустрии за последние 5 лет претерпел значительные изменения. Если в период до 2017 г. предметом исследования являлись инновационные материалы и оптимизация строительных процессов, то в настоящее время интерес сосредоточен на конвергентных технологиях, на применении высокотехнологичных (в первую очередь, цифровых) решений в строительстве. Инновационная активность строительных компаний имеет перспективу приращения за счет программно-аппаратных достижений инфокоммуникационной отрасли. Данная тенденция не меняет “инновационного оппортунизма” как внутренней институциональной характеристики строительной индустрии, поэтому исследователи переносят горизонты инновационных стратегий на средне- и долгосрочную перспективу.

Глобальная инновационная перспектива строительной индустрии недостаточно полно формализована в научной публицистике. Будучи солидарны в цифровом векторе развития, ученые достаточно противоречиво видят перспективы отдельных технологий<sup>1</sup>, отсутствует понимание взаимосвязи, экономических и мультипликативных эффектов внедрения инновационных технологий. В развитие данной актуальной проблематики поставлены исследовательские задачи: выделить и формализовать глобальные инновационные решения среднесрочной перспективы в строительной индустрии, уточнить направленность их эффектов и взаимосвязи в технологических новациях.

### **Методы**

В процессе исследования мы скомпилировали данные аналитических отчетов Boston Consulting Group (2015-2017)<sup>2</sup>, World Economic Forum (2014-2017)<sup>3</sup>, World Green Building Trends (2018)<sup>4</sup>, Construction Global Market Report (2019)<sup>5</sup>, Global Construction Survey (2017, KPMG, 2017)<sup>6</sup>, International construction costs (2018)<sup>7</sup>, публикации и ма-

\* Фомин Евгений Пименович, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой налогообложения и аудита Самарского государственного экономического университета. E-mail: fomin@sseu.ru; Алексеев Андрей Алексеевич, доктор экономических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета. E-mail: idc@uneccon.ru.

териалы исследовательского центра Michigan Technological University (2019), консалтинговой группы Deloitte (2018), экономические практики в сфере НИОКР и инноваций глобальных лидеров индустрии - ENR 2018 Top 250 Global Contractors<sup>8</sup>, а также научные публикации профильных журналов Construction Research and Innovation (2015-2018), Building Design & Construction Magazine (2015-2017), Automation in Construction (2015-2018), Технологии строительства (2017-2018), Строительные материалы (2014-2018), университетские издания СПбГАСУ, НИУ МГСУ. Значительным вкладом в понимание цифровой перспективы строительной индустрии стало изучение возможностей программных комплексов, ориентированных на внедрение информационных технологий нового поколения (Autodesk BIM 360<sup>9</sup>, GenieBelt<sup>10</sup>, ManufactOn<sup>11</sup>, Rhumbix<sup>12</sup>, E-Sub<sup>13</sup>), а также кейсов инжиниринговых компаний Balfour Beatty (Великобритания), Construction Research Centre (США) и историй успеха, представленных на платформе Future of Construction<sup>14</sup>.

## Результаты

Анализ первичной и вторичной информации позволил выделить 10 технологий, определяющих глобальную инновационную перспективу строительной индустрии, описание и эффекты которых представлены в таблице, а взаимосвязь на рис. 1.

## Обсуждение

Информационное моделирование (Building information modeling - BIM, "1" на рис. 1) является ядром строительного объекта на всех этапах его жизненного цикла от проектно-изыскательских работ до вывода из эксплуатации (до утилизации и рекультивации земельного участка). Информационная модель объекта<sup>15</sup> объединяет субъектов индустрии и процессы на единой цифровой платформе, а с учетом возможностей "облачных технологий" ("10") объединение превращается в распределенную виртуальную сеть, интегрирующую на принципах "интернет-вещей" инновационные продукты ("1" - "9" на рис. 1) и процессы специализированных субъектов инвестиционно-строительно-

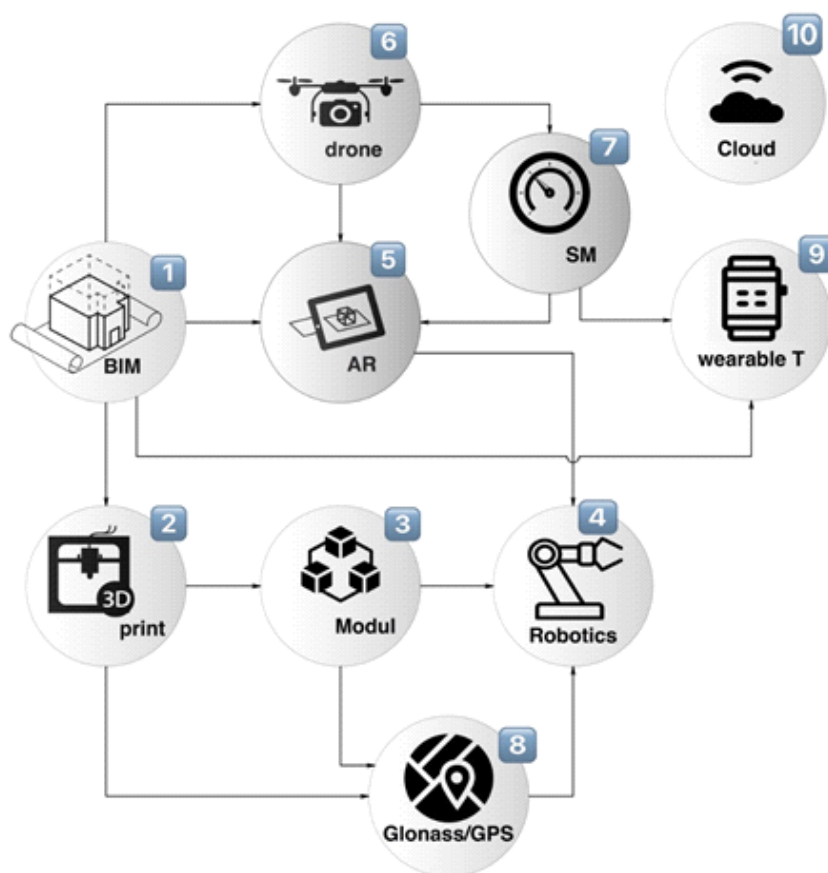


Рис. 1. Взаимосвязь глобальных инновационных решений в строительной индустрии

го цикла. Данная инновационная технология принята глобальным рынком и поддержана готовыми инфокоммуникационными решениями: Allplan (Nemetschek Allplan Systems GmbH), ArchiCAD (Graphisoft), Revit (Autodesk).

В России с 2017 г. принята серия стандартов, регламентирующих информационное моделирование строительных объектов: ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013), 57310-2016 (ИСО 29481-1:2010), 57311-2016, 57563-2017/ISO/TS 12911:2012, ИСО 22263-2017, ИСО 12006-2-2017, 12006-3-2017. Таким образом, BIM является актуальным, состоявшимся информационным, цифровым ядром, образующим кластер инновационных решений<sup>16</sup>. Конечно, объективна экономическая целесообразность самостоятельного применения отдельных инноваций в строительном цикле ("2"- "9", эффекты отражены в таблице), но именно в сопряжении с BIM обнаруживаются мультипликативные эффекты<sup>17</sup>.

Вторым элементом кластера инноваций индустрии ("2", 3D-print) можно выделить перенос технологии 3D-печати в производство строительных материалов и конструкций. Технология активно внедряется, свидетельством чего является серийное производство программно-аппаратных комплексов рядом российских и зарубежных производителей: Apis Cor (рис. 2), BatiPrint, WASP, KamerMaker (Ultimaker & DUS Architects), WinSunCazza Construction и др. Система 3D-печати имеет значимый потенциал сокраще-



Рис. 2. 3D-принтер компании Apis Cor (Россия)\*

\* URL: <https://www.apis-cor.com> (дата обращения: 26.03.2019).

ния стоимости изготовления строительных конструкций и длительности монтажных работ. Аналогична направленность экономического эффекта от процессной инновации - "модульное строительство" (modular buildings, "3" на рис. 1). В его основе проектирование и строительство типизированных строительных модулей, изготавливаемых на производстве, удаленном от объекта строительства. Каждый модуль - это законченный объект (помещение) с отделкой и инженерным обеспечением. Строительство объекта - монтаж и сопряжение модулей с инженерными сетями (у многих возникает аналогия с конструктором "Lego"). Так, компания CID Associates (США) предлагает готовые модули для жилищного, коммерческого и производственного строительства (от "офиса" до "лаборатории"), которые могут быть интегрированы практически в любой архитектурно-строительный проект<sup>18</sup>. Специализированные производители предлагают ArchiCAD-библиотеки модулей для архитектурно-строительного проектирования.

Логично дополняет совокупность процессных инноваций роботизация ("4", Robotics) строительного-монтажных работ. Если инновационные технологии 3D-печати и модульного строительства относятся к промышленности строительных материалов и конструкций<sup>19</sup>, то роботизация направлена на повышение экономической эффективности процесса строительства на объектах и земельных участках. Как и любая автоматизация и роботизация производства, направленность ее экономического эффекта - снижение стоимости и длительности строительного-монтажного этапа на участке-объекте, повышение качества работ. Четвертая промышленная революция переносится и на строительную индустрию. Роботизация строительного-монтажных работ технологически эффективно сопрягается с 3D-производством и модулями на основе BIM. На глобальном рынке предлагают строительные роботизированные комплексы 8 компаний: Full Stack Modular / DIRTT / Hill Group, Piaggio Fast Forward, Cazza, Caterpillar, Ekso Bionics, Construction Robotics. Обратим внимание, что разработку и производство "строительных роботов" ведут как традиционные производители строительных машин и оборудования (например, Caterpillar),



Рис. 3. Технология дополненной реальности (AR) в строительстве\*

\* URL: <https://thebimhub.com> (дата обращения: 22.01.2019).

так и специализированные машиностроительные предприятия, занимающиеся автоматизацией обрабатывающей промышленности (Ekso Bionics). Глобальный рынок строительных роботов (Bosch T.) находится на этапе роста, низко консолидирован, технологические стандарты значительно вариативны, а спрос кастомизирован<sup>20</sup>.

Перенос инфокоммуникационной технологии дополненной реальности (от англ. Augmented Reality - AR, "5" на рис. 1) в строительную индустрию был вполне ожидаем после принятия BIM, поскольку технологически сопрягается с информационной моделью объекта. Практически AR реализуется (рис. 3) как наложение проекта объекта (информационной модели - BIM) на участок и объект

строительно-монтажных работ. Основной экономической эффект AR визуализации состоит (кейс Li X., Yi W и др.) в повышении качества строительно-монтажных работ<sup>21</sup>, за счет повышения точности измерения и сопряжения элементов (материалы, конструкции и работы). Впрочем, пока данная технология не получила широкого распространения, сдерживающим фактором является относительно высокая стоимость AR-программирования единичного объекта<sup>22</sup>. Эксперты видят область ее применения для сложных, нетиповых строительных объектов.

Визуализация AR дополняется возможностью использования дронов ("6") в проектно-изыскательских и строительных работах на участке (рис. 4). Функционал дронов: об-



Рис. 4. Использование дрона в обследовании земельного участка строительной компанией Handy X Hub development\*

\* URL: <https://buildinghandyhub.wordpress.com/about> (дата обращения: 18.03.2019).

следование участка-объекта с высоты, подъемные работы (тяжелые дроны) и транспортировка материалов и конструкций в труднодоступные, скрытые участки работ. Для визуализации применяются серийные дроны, оборудованные камерой, а грузовые дроны, как правило, кастомизированы под процессы, задачи и специфику строительной организации. По оценке экспертов (Dillow С.), тяжелые дроны могут занять значительный сегмент рынка подъемно-транспортного оборудования в строительстве, а легкие, серийные станут “карманным” инструментом инженеров и прорабов<sup>23</sup>.

Дроны сопрягаются и с инновационным направлением “умные измерения” (Smart Measure - SM, “7”), построенным на цифровых программных решениях в измерениях и разметке участков, строительных объектов<sup>24</sup>. SM - это приложения для смартфонов, планшетов и других устройств индивидуального использования (доступные и на бытовом уровне). В наиболее простом виде на изображение камеры цифрового устройства накладывается программный измерительный инструмент (масштаб, угол, дистанция и т.п.), данные с которого сохраняются и (или) программно анализируются. В расширенном виде к смартфону подключается внешний измерительный инструмент (например, лазерный дальномер), данные с которого аналогично обрабатываются цифровым устройством.

Экономические эффекты “умных измерений” аналогичны AR, дронам и применению систем глобального позиционирования Glonass/GPS (“8” на рис. 1). Конечно, системы позиционирования не новы для строительной индустрии и уже более 10 лет используются в проектно-изыскательских работах. Но в среднесрочной перспективе видится расширение функциональности данных систем за счет чипирования единичных строительных конструкций, чтобы отслеживать их логистику. Многие эксперты видят и перспективу расширения спектра применения технологии Glonass/GPS в строительстве, основываясь на ожидаемом росте точности спутникового позиционирования<sup>25</sup>.

Инновационная прогрессия в экономике строительного процесса имеет значительные перспективы в применении носимых индивидуальных цифровых устройств (планшеты,

смартфоны, smart watch и другие новые, ежегодно предлагаемые на рынке интерактивные программно-аппаратные средства). Инновация построена на декомпозиции и адресации фрагментов BIM коллективным и индивидуальным участникам<sup>26</sup> строительного-монтажных работ (wearable T, “9” на рис. 1). Распределяются задачи не только на уровне инженерных участков, но и на уровне единичных строительных операций.

Экономические эффекты применения носимых цифровых устройств ожидаются в повышении индивидуальной производительности участников строительного-монтажных работ, в увеличении качества и технологической сопряженности участков работ, в снижении стоимости управления процессом в части постановки задач и контроля операций<sup>27</sup>.

### **Заключение**

Представленные 10 глобальных инновационных перспектив скомпилированы в таблице, отражающей их содержание и направленность экономических эффектов. Глобальные инновационные перспективы строительной индустрии имеют единую платформу развития, общий принцип приращения, адаптации субъектами новых технологий и логику внутренней взаимосвязи (сопряжения на рис. 1). Платформой является BIM, информационная модель жизненного цикла объекта, имеющая значимо большую функциональность, чем архитектурно-строительный проект. BIM интерактивна и интегрирована во все процессы проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации объекта, имеет субъектную (организации) и индивидуальную декомпозицию<sup>28</sup>. Интеграция и декомпозиция определяют системный характер BIM, а ее программные возможности поддерживаются быстро развивающейся технологией “big data”<sup>29</sup>. Адаптация и принятие инноваций субъектами индустрии обусловлены их поддержкой BIM и относительной независимостью при вовлечении в комплекс технологий. Каждый из 9 элементов может быть принят самостоятельно (при обязательности платформы BIM) в зависимости от специфики строительного проекта или специализации организации. Взаимосвязь элементов обусловлена цифровым характером всех инновационных решений, что обеспечивает их комбинаторику в строительном процессе.

**Направления и эффекты инновационных решений  
в глобальной строительной индустрии**

Обозн. рис. 1	Направление	Эффекты
BIM	Цифровое моделирование объектов строительства (BIM), построение информационной модели, интегрирующей этапы проектирования, строительства и эксплуатации строительного объекта (участка)	Сокращение транзакционных расходов за счет интеграции циклов изыскания, проектирования и строительства. Повышение качества строительства за счет цифрового сопряжения элементов (материалы, конструкции и работы)
3D-print	3D-печать строительных материалов и конструкций	Сокращение стоимости производства строительных конструкций и длительности монтажных работ на объекте. Снижение длительности и стоимости проектных работ, согласование проектов при использовании модульных библиотек производителей
Modul	Модульное строительство, построенное на монтаже секций и конструкций на производстве (удаленном от участка). Модуль объединяет строительные, инженерные и отделочные элементы в готовое строительное решение, доставляемое и интегрируемое в каркас объекта	Снижение стоимости и длительности строительно-монтажного этапа на участке-объекте, повышение качества работ
Robotics	Роботизация строительно-монтажных работ на объектах и земельных участках	Снижение стоимости и длительности строительно-монтажного этапа на участке-объекте, повышение качества работ
AR	Дополненная реальность - информационная технология совмещения реальных и виртуальных объектов. В строительной индустрии реализуется как визуализация реального участка - объекта с виртуальной моделью строительного проекта (BIM)	Снижение длительности и повышение качества строительно-монтажных работ за счет повышения точности измерения и сопряжения элементов (материалы, конструкции и работы)
drone	Использование дронов для 3D-визуализации, обследований участка и объекта строительства, а также скрытых, удаленных фрагментов зданий и сооружений	
SM	Цифровые решения в измерениях и разметке (Smart Measure - SM) земельного участка и объекта строительно-монтажных работ. Реализуется как программный комплекс для стационарных и носимых универсальных цифровых устройств (wearable T)	
Glionass/GPS	Расширение традиционного применения ГИС в проектировании: использование Glionass, GPS-сигнала переносится на земельный участок, объект строительно-монтажных работ и чипирование конструкций (логистика, привязка к объекту)	
wearable T	Носимые индивидуальные цифровые устройства (планшеты, смартфоны и др.), позволяющие проводить декомпозицию BIM и адресацию фрагментов участникам строительно-монтажных работ	Повышение индивидуальной производительности участников строительно-монтажных работ, увеличение качества и технологической сопряженности, снижение стоимости управления процессом
Cloud	Облачные решения, распределяющие в сети устройств, чипов информационную модель BIM и интегрирующие взаимодействие с объектом строительства. Реализуются как единая информационная сеть, доступная всем субъектам инвестиционно-строительного цикла	Сокращение длительности и стоимости инвестиционно-строительного цикла за счет сокращения транзакционных и процессных (на объекте) расходов

Итак, авторы статьи видят следующее изменение парадигмы среднесрочной глобальной инновационной перспективы строительной индустрии: поиск экономических эффектов (снижение стоимости и длительности, рост качества) через процессные нововведения, построенные на цифровых, инфокоммуникационных

технологиях. Конечно, сохраняются и направления поиска новых строительных материалов, совершенствование строительных машин и оборудования, но на первый план выходят цифровые решения, изменяющие процессы проектирования, строительства и эксплуатации объекта, интегрирующие его жизненный цикл.

- <sup>1</sup> См.: *Alwan Z., Greenwood D., Gledson B.* Rapid LEED evaluation performed with BIM based sustainability analysis on a virtual construction project. *Construction Innovation*, 2015; *Barrett P.* Enhancing Building Performance. *Construction Management and Economics*, 2013; *Bröchner J.* Construction contractors as service innovators. *Building Research and Information*, 2010; *'ski O.* Innovative solutions in construction industry. Review of 2016-2018 events and trends. *Engineering Structures and Technologies*, 2018. Vol. 10. Issue 1. P. 27-33; *Shibeika A., Harty C.* Diffusion of digital innovation in construction: a case study of a UK engineering firm. *Construction Management and Economics*, 2015; *Slowey K., Tyler M., Cowin M.L.* 8 construction trends to watch in 2018, *ConstructionDive*, 2018; A self-evolutionary model for automated innovation of construction technologies / *W. Der Yu* [et al.]. *Automation in Construction*, 2012.
- <sup>2</sup> См.: *Beyond Budgets: The Real Solution to the Global Infrastructure Gap.* Boston. Boston Consulting Group, 2014; *Digital in Engineering & Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling.* Boston : Boston Consulting Group, 2016.
- <sup>3</sup> См.: *Shaping the Future of Construction Inspiring innovators redefine the industry.* Geneva, World Economic Forum, 2017; *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology.* Geneva, World Economic Forum, 2017.
- <sup>4</sup> *World Green Building Trends 2018.* SmartMarket Report. Dodge Data & Analytics, 2018.
- <sup>5</sup> *Construction Global Market Report 2019.* ReportLinker, 2019.
- <sup>6</sup> *Global Construction Survey 2017. Make it, or break it. Reimagining governance, people and technology in the construction industry.* KPMG, 2017.
- <sup>7</sup> *International construction costs 2018. Tackling costs in the digital age.* Arcadis, 2018.
- <sup>8</sup> URL: <https://www.enr.com/> 18.02.2019.
- <sup>9</sup> URL: <https://www.autodesk.com/bim-360/> 18.02.2019.
- <sup>10</sup> URL: <https://geniebelt.com> 18.12.2018.
- <sup>11</sup> URL: <https://www.manufacton.com> 9.01.2018.
- <sup>12</sup> URL: <https://rhumbix.com/> 6.12.2018.
- <sup>13</sup> URL: <https://esub.com/products/> 9.01.2018.
- <sup>14</sup> URL: <https://futureofconstruction.org/case/> 18.03.2019.
- <sup>15</sup> McGraw Hill Construction. *The business value of BIM: Getting building information modeling to the bottom line.* Bedford, USA: McGraw-Hill Construction Research and Analytics, 2009.
- <sup>16</sup> The structure and knowledge flow of building information modeling based on patent citation network analysis / *Y.N. Park* [et al.]. *Automation in Construction*, 2018.
- <sup>17</sup> *Dastbaz M., Gorse C., Moncaster A.* Building information modelling, building performance, design and smart construction. Springer International Publishing AG 2017.
- <sup>18</sup> URL: <https://www.cidbuildings.com> 11.02.2019.
- <sup>19</sup> *The BIM Revolution comes to Building Materials.* Boston. Boston Consulting Group, 2017.
- <sup>20</sup> *Bock T.* Construction robotics. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 2016.
- <sup>21</sup> A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety / *X. Li* [et al.]. *Automation in Construction*, 2016.
- <sup>22</sup> *Jansson G., Viklund E., Lidelöw H.* Design management using knowledge innovation and visual planning. *Automation in Construction*, 2016.
- <sup>23</sup> *Dillow C.* A drone for every job site. *Fortune*, 2016.
- <sup>24</sup> *Chen Y., Dib H., Cox R.F.* A measurement model of building information modelling maturity. *Construction Innovation*, 2014.
- <sup>25</sup> Automating code checking for building designs - DesignCheck / *L. Ding* [et al.]. *CRC for Construction Innovation*, 2006.
- <sup>26</sup> User participation in the building process / *P. Christiansson* [et al.] // *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2011.
- <sup>27</sup> *Moselhi O., Khan Z.* Analysis of labour productivity of formwork operations in building construction. *Construction Innovation*, 2010.
- <sup>28</sup> Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges / *A. Ghaffarianhoseini* [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017.
- <sup>29</sup> *Preimesberger C.H.* Big Data. *Brighten BI Future EWeek*, August 2011.

Поступила в редакцию 06.07.2019 г.

## GLOBAL PERSPECTIVE 2025 OF INNOVATIVE ENTREPRENEURSHIP IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

© 2019 Eu.P. Fomin, A.A. Alekseev\*

A scientific and analytical view of the global innovative perspective and trends in the technological development of the construction industry is proposed. 10 global directions of technological innovations and their logical interconnection in the investment and construction cycle were identified, and the expected local economic effects were presented. The materials of the study are addressed to the management of investment and construction companies and relevant executive authorities for the technological development of strategic prospects.

**Keywords:** economics, construction, innovation, entrepreneurship.

**Highlights:**

- ◆ 10 technologies that determine the global perspective of innovative entrepreneurship in the construction industry were identified;
- ◆ the scientific, technical and technological interconnections of promising technologies, the sequence of their implementation in the investment and construction cycle were established;
- ◆ the economic effects of innovative technologies in the investment and construction complex were formulated.

*Received for publication on 06.07.2019*

---

\* Eugenie P. Fomin, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Taxation and Audit of Samara State University of Economics. E-mail: fomin@sseu.ru; Andrey A. Alekseev, Doctor of Economics, Professor of St. Petersburg State University of Economics. E-mail: idc@unecon.ru.