

ЦИФРОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

Терешко Е.К., Рудская И.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Изучение вопроса формирования и развития процессов цифровизации строительного комплекса достаточно актуально в соответствии с общемировыми тенденциями. Цель исследования – изучение вопроса формирования цифрового потенциала строительного комплекса РФ через призму входящих в него строительных предприятий. Объект исследования – строительный комплекс. Предмет исследования – цифровой потенциал строительного комплекса. Методологической базой исследования выступил метод статистического анализа, а также качественный метод. В статье формируется эволюционная цепочка развития цифровой экономики отраслей и комплексов: «формирование инновационного потенциала – инновационный процесс – формирование цифрового потенциала – цифровизация – формирование цифровой экономики». Выявлено, что каждый этап представленной цепочки выступает составной частью следующего. Рассматривается поэтапное формирование дефиниции «Цифровой потенциал строительного комплекса», дается формулировка понятия. Так, цифровой потенциал определяется как совокупность машин и технического оснащения, информационных продуктов, а также квалифицированных специалистов, владеющих интерфейсом современных программ, входящих в процесс BIM-проектирования для реализации проектов цифрового моделирования зданий и сооружений в виде «цифрового двойника», что выступает основой формирования цифрового проектирования строительных комплексов на региональном уровне. Строится взаимосвязанная схема ключевых процессов строительного производства посредством облачных технологий BIM-проектирования, определяются узкие места, к которым можно отнести: 1) отсутствие информационного продукта позволяющего объединять и синхронизировать ключевые процессы строительного производства; 2) квалификацию персонала в соответствии с современными тенденциями строительного производства, низкий уровень владения программными комплексами или его отсутствие; 3) устоявшуюся систему строительного производства «заказчик – генподрядчик – субподрядчик 1...n – конечный исполнитель работ». Выявлено, что переход к цифровому моделированию строительного процесса – BIM-проектированию, позволит: устранить узкие места строительного производства; систематизировать производственный процесс на предприятиях; существенно сократить сроки строительства. Также, проводится оценка уровня развития цифрового потенциала строительного комплекса Российской Федерации, которая подкрепляется перечнем отобранных показателей государственной статистики.

Ключевые слова: цифровой потенциал, цифровизация, строительный комплекс, BIM-проектирование, Российская Федерация

Ссылка при цитировании: Терешко Е.К., Рудская И.А. Цифровой потенциал строительного комплекса: понятие, сущность и проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 3. С. 27–40. DOI: 10.18721/JE.13302

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

DIGITAL POTENTIAL OF THE CONSTRUCTION COMPLEX: CONCEPT, ESSENCE AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT

E.K. Tereshko, I.A. Rudskaja

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

The study of the formation and development of digitalization processes of the construction complex is quite relevant in accordance with global trends. The purpose of the research is to explore the issue of formation of the digital potential of the construction complex of the Russian Federation through a case study of its construction companies. The object of research is the construction complex. The subject of research is the digital potential of the construction complex. The methodological basis of the research was the method of statistical analysis, as well as the qualitative method. The article forms an evolutionary chain of development of the digital economy of industries and complexes: “formation of innovative potential – innovation process – formation of digital potential – digitalization – formation of the digital economy”. It is revealed that each stage of the presented chain is an integral part of the next one. We consider the gradual formation of the definition of “Digital potential of the construction complex”, and give the definition of the concept. Thus, the digital potential is defined as a set of machinery and technical equipment, information products, as well as qualified experts capable of using modern interface programs included in the BIM design for projects of digital modelling of buildings and structures in the form of a “digital twin” that is the basis of the digital design of building complexes at the regional level. We build an interconnected scheme of key construction production processes using cloud-based BIM-design technologies, and identify weak points which can include: 1) lack of an information product that would provide a merge and synchronization of the key construction processes; 2) qualification of personnel in accordance with modern trends in the construction industry, low proficiency in using the software or absence thereof; 3) the established system of building production “customer – contractor – subcontractor 1...n – the ultimate contractor”. The study revealed that the transition to digital modeling of the construction process, BIM design, will: eliminate the weak points in construction production; systematize the production process at enterprises; significantly reduce the construction time. Moreover, we perform an assessment of the level of development of the digital potential of Russian construction complex, and support it by a list of selected indicators of the state statistics.

Keywords: digital potential, digitalization, construction complex, BIM-design, Russian Federation

Citation: E.K. Tereshko, I.A. Rudskaia, Digital potential of the construction complex: concept, essence and problems of development, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (3) (2020) 27–40. DOI: 1018721/JE.13302

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Изучая развитие отраслей и комплексов в условиях рисков, а также рыночной неопределенности, многие предприятия стараются найти свое конкурентное преимущество в инновационном и цифровом потенциале. Данная тенденция подкрепляется и проводимой государственной политикой. В настоящее время можно выделить два основных нормативно-законодательных документа отражающих ключевые моменты инновационного и цифрового развития, а именно Стратегию развития информационного общества РФ на 2017-2030 гг.¹ и Программу «Цифровая экономика РФ»².

Анализируя официальные рейтинги и статистику, можно отметить, что по итогам 2018 года экспорт услуг в сфере технологий и услуг технического характера оказался на порядок выше, чем в 2017 году по стоимости соглашений (2017 г. – 26415 и 2018 г. – 32368 млн. долл. США), в тоже время импорт составил 17676 и 16470 млн. долл. США в 2017 и 2018 гг., соответственно. Положительное сальдо растёт, в связи с чем, данная тенденция свидетельствует о том, что предприятия РФ стараются выходить на мировой рынок с технологиями и услугами технического характера. Также, уровень информатизации и связи в ВВП в 2017 и 2018 гг. составляет 3,0%, оставаясь неизменным³. Рассматривая подробно перечень показателей, представленный в Приказе Минэкономразвития России «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению статистической оценки уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом и ее

¹ «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017– 2030 годы», утвержденная Указом Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203

² Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р

³ Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. URL: <https://www.gks.ru/folder/10705> (дата обращения 10.02.2020).

отдельных отраслей»⁴, который позволяет оценить уровень цифровизации отраслей и комплексов, стоит обратить внимание на то, что: удельный вес организаций, использующих облачные сервисы, в общем числе организаций по РФ в 2018 г. составил 26,1% (в 2017 г. 22,9%); удельный вес организаций, имеющих доступ в Интернет со скоростью не менее 2 Мбит/сек., в общем числе организаций по РФ составил 91,1% в 2018 г. (в 2017 г. 88,9%); удельный вес организаций, использующих CRM-системы, ERP-системы, SCM-системы, в общем числе организаций по РФ в 2018 г. составил 19,6% (в 2017 г. 17,4%); доля организаций, размещавших заказы на товары (работы, услуги) в Интернете, в общем числе обследованных организаций по РФ в 2018 г. составила 42,2% (в 2017 г. 41,2%). Следовательно, предприятия различных отраслей народного хозяйства РФ интенсивно занимают новую инновационно-цифровую нишу.

Так как информатизация поглощает все большее количество предприятий, стоит говорить о процессе перехода отраслей и комплексов к цифровой экономике. Данный процесс следует рассматривать как следующую эволюционную цепочку развития «формирование инновационного потенциала – инновационный процесс – формирование цифрового потенциала – цифровизация – формирование цифровой экономики». Каждое звено представленной цепочки представляет важность для последующего и непосредственно в него входит. Стоит понимать, что каждое звено включает трудовые ресурсы, материальные ресурсы и инвестиции. Эволюционную цепочку легко перенести в проекцию, как предприятий, так отраслей и комплексов в целом, что способствует определению настоящего уровня развития той или иной экономической единицы.

Определяя высокотехнологичную отрасль, которая достаточно активно развивается в данной цепочке, можно выделить – строительную отрасль, строительный комплекс конкретных регионов. Именно в строительной сфере деятельности достаточно активно происходит переход к цифровому моделированию строительного процесса – BIM-проектированию (Building Information Model). Изучая вопрос цифровых процессов в строительной отрасли в научной литературе можно выделить, как публикации, в которых рассматриваются вопросы проблемных аспектов перехода строительных организаций к процессу цифровизации [4], так и работы в которых описываются преимущества BIM-технологий в контексте перспективного развития территорий [2, 7, 16]. Также, авторы в работах [8, 10, 11] активно рассматривают цифровую трансформацию городов, Семенов А.А. акцентирует внимание на вопросе подготовки кадров в области BIM-проектирования [15]. Так, достаточно интересной для изучения является дефиниция «Цифровой потенциал строительного комплекса», которая близка к понятию цифровизация и выступает ее составной частью. Следовательно, в качестве *объекта* исследования целесообразно принять строительный комплекс, а *предметом* исследования – цифровой потенциал строительного комплекса.

Целью исследования является изучение вопроса формирования цифрового потенциала строительного комплекса РФ через призму входящих в него строительных предприятий. В соответствии с целью, *задачами* исследования является: 1) формирование дефиниции «Цифровой потенциал строительного комплекса»; 2) определение базовой структуры формирования цифрового потенциала для развития строительного комплекса РФ, в т.ч. построение взаимосвязанной схемы ключевых процессов BIM-проектирования; 3) проведение оценки информационно-цифрового развития строительного комплекса РФ.

Методы исследования

В ходе исследований авторы использовали методы статистического анализа. При этом в качестве показателей для анализа использовались: 1) количество публикаций исследователей в библиографической и реферативной базе SCOPUS по поисковому запросу «цифровизация строительного предприятия»; 2) показатели, характеризующие уровень развития науки, инноваций и

⁴ Приказ Минэкономразвития России от 12.02.2020 N 66 "Об утверждении Методических рекомендаций по проведению статистической оценки уровня технологического развития экономики Российской Федерации в целом и ее отдельных отраслей".

передовых производственных технологий на предприятиях строительной отрасли РФ. В качестве ключевых показателей были выбраны: 1) уровень инновационной активности предприятий, %; 2) объем инновационных товаров, работ, услуг, млн. руб.; 3) удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, %; 4) инновационные товары, работы, услуги, вновь внедренные или подвергшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет, млн. руб.; 5) число используемых передовых производственных технологий, ед.; 6) число разработанных передовых производственных технологий, ед.; 7) число разработанных передовых производственных технологий новых для России, ед.; 8) число принципиально новых разработанных передовых производственных технологий, ед.; 9) количество приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств, ед.; 10) степень влияния результатов инноваций на обеспечение соответствия современным техническим регламентам, правилам и стандартам, ед.

Качественный метод подразумевает анализ и синтез составных частей формирования дефиниции «Цифровой потенциал строительного комплекса», в т.ч. формулирование самого понятия. Также строится взаимосвязанная модель структуры BIM-проектирования, в контексте формирования цифрового потенциала строительного комплекса на территориях РФ.

Результаты исследований и их обсуждение

Рассматривая дефиницию «Цифровой потенциал строительного комплекса» проведем анализ того, как данное понятие может быть образовано. Необходимо разбить дефиницию «Цифровой потенциал строительного комплекса» на несколько составных частей, определив их сущность и вариации интерпретаций, а именно разобраться в таких понятиях, как: потенциал, цифровой потенциал, цифровой потенциал предприятия, цифровизация, строительный комплекс. Также определить емкость изучения вопроса цифровизации на строительных предприятиях в научной литературе.

Первостепенно раскроем понятие «потенциал» (происходит от латинского слова «*potentia*»), которое подразумевает источники, возможности, средства, запасы, которые могут быть использованы для решения какой-либо задачи, достижения определенной цели; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области. Также, потенциал в широком смысле можно определить как совокупность факторов, которые имеются в наличии, могут быть использованы и приведены в действие для достижения определенной цели или результата [28].

Определение сущности цифрового потенциала с позиции российских ученых было раскрыто только с нескольких сторон. Так, авторы Е.В. Попов и К.А. Семячков под цифровым потенциалом понимают «совокупность данных, программного обеспечения и технических средств для создания, хранения и обработки данных, а также специалистов, обеспечивающих процесс управления данными» [13, с. 38], отмечая, что «способность наращивания цифрового потенциала зависит от ряда факторов, наиболее важным из которых является наличие технических и программных средств, финансового обеспечения, кадровой составляющей» [13, с. 39]. Городнова Н.В. в работе [5] дает определение цифрового потенциала промышленного предприятия, трактуя его как «способность предприятия к осуществлению деятельности по созданию, внедрению, интеграции, применению, сопровождению, развитию и реализации информационных технологий, а также обеспечению информационной безопасности с целью удовлетворения существующих или вновь возникающих потребностей предприятия и субъектов, с которыми оно взаимодействует (потребители, поставщики, партнёры и т.д.)». Предложенные определения цифрового потенциала и цифрового потенциала промышленного предприятия свидетельствуют о том, что выдвинутая ранее закономерность имеет место быть и именно цифровой потенциал способствует цифровизации процессов внутри предприятий, отраслей и комплексов. Следовательно, в табл. 1 проведем анализ различных вариаций трактовки определения «Цифровизация».

Таблица 1. Сущность цифровизации в научной литературе
Table 1. The essence of digitalization in the scientific literature

Автор, год [источник]	Определение
Негропонте Н., 1995 [26] (первое упоминание термина)	Цифровизация – преобразование информации в цифровую форму, которое в большинстве случаев ведет к снижению издержек, появлению новых возможностей и т.д.
Вартанова Е.Л., Максеенко М.И., Смирнов С.С., 2017 [3, с. 17]	Цифровизация – это не только перевод информации в цифровую форму, а комплексное решение инфраструктурного, управленческого, поведенческого, культурного характера.
Свириденко Д., 2017 [30]	Цифровизация формирует целостные технологические среды «обитания» (экосистемы, платформы), в рамках которых пользователь может создавать для себя нужное ему дружественное окружение (технологическое, инструментальное, методическое, документальное, партнерское и т.п.) с тем, чтобы решать уже целые классы задач.
Халин В.Г., Чернова Г.В., 2018 [17]	Цифровизация (в широком смысле) – современный общемировой тренд развития экономики и общества, который основан на преобразовании информации в цифровую форму и приводит к повышению эффективности экономики и улучшению качества жизни. Цифровизация – это основа цифровой экономики, тот тренд мирового развития, который определяет развитие экономики и общества, формирует цифровую экономику. Цифровизация представляет собою главный современный тренд развития экономики и общества, основанный на переходе к цифровому формату представления информации, который направлен на повышение эффективности экономики и улучшение качества жизни.
Марей А., 2018 [9]	Цифровизация – это изменение парадигмы того, как мы думаем, как мы действуем, как мы общаемся с внешней средой и друг с другом. И технология здесь – скорее инструмент, чем цель.
Плотников В.А., 2018 [12]	Цифровизация – это современный этап развития информатизации, отличающийся преобладающим использованием цифровых технологий генерации, обработки, передачи, хранения и визуализации информации, что обусловлено появлением и распространением (в том числе повышением экономической и физической доступности) новых технических средств и программных решений.
Алексеев А.А., 2019 [1]	Цифровизация – это то, что требуется, чтобы сделать производство более гибкими, приспособленным к реалиям современного дня и конкурентоспособным в нарождающемся «цифровом мире». Цифровизация – это средство получения желаемого исхода, а именно гибкого производства, приносящего клиентам отличный результат, а владельцам – более высокую прибыль.

В табл. 1 приведено определение «Цифровизации», которое было впервые опубликовано в научной литературе в 1995г. [26], но информационные и цифровые процессы происходили и до этого момента. Так, данный факт подтверждают исследования, проведенные в работах [6, 14], где достаточно четко прописана история становления информационных технологий, первые упоминания которых идут с 30х годов 20 века.

Рассматривая понятие «Строительный комплекс», стоит понимать, что он представляет собой структуру, которая позволяет обеспечить конкретный регион инфраструктурой различного уровня: производственными объектами (промышленное строительство), непроизводственными объектами (жилищное и социальное строительство), линейными объектами (дорожно-транспортное строительство) [24]. Отметим, что для обеспечения строительного производства важным является планомерное развитие строительных организаций входящих в строительные комплексы субъектов федерации, деятельность которых направлена на реализацию процесса строительного производства от проектной документации до ввода объектов в эксплуатацию, а также реконструкцию и ремонт зданий и сооружений. Под строительным комплексом России понимается совокупное рассмотрение субъектов РФ посредством обеспечения внутри них развития инфраструктурных объектов различного уровня благодаря деятельности строительных организаций, которые обеспечивают процесс строительного производства дифференцированного по отраслям. Целевой направленностью строительного комплекса России выступает ориентация на стра-

тегическое территориальное и планомерное отраслевое развитие в соответствии с современными тенденциями [31].

Изучая подробно процесс цифровизации строительного комплекса, авторы провели обзор исследований с помощью библиографической и реферативной базы SCOPUS, в которой был проведен поиск публикаций в соответствии с поисковым запросом по ключевым словам «цифровизация строительного комплекса» (digitalization; construction; complex). Обзор исследований показал, что изучение цифровизации строительного комплекса оценить сложно, что вызвано малой распространенностью понятия строительного комплекса, также на территории каждого государства оно трактуется по-своему. В связи с чем, был проведен поиск публикаций в соответствии с поисковым запросом по ключевым словам «цифровизация строительного предприятия» (digitalization; construction; company), так как отталкиваясь от сущности определения строительного комплекса важным является осуществление цифровых процессов внутри строительных организаций обеспечивающих функционирование строительного комплекса. Ключевые исследования были проведены следующими авторами: Achi A., Helmus M., Kelm A, Meins-Becker A., Salinesi C., Viscusi G., Amirova E.F., Barata J., Bertetti M., Chang I.C., Voronkova O.Y., Afanasyeva O.N., Akhmetshina L., Aleksandrova E., Alimova G.B., Andreeva O.V., Antov D., Asual A., Astafeva O.V., Cheremisina T.P., Makarova I., Esetova A.M., Gusakova E., Kapustina N.V., Telyatnikova N. и др.

Все исследования относительно процесса цифровизации на строительных предприятиях из поискового запроса можно разбить на 2 ключевые группы: 1) всего проведенных исследований; 2) исследования, проведенные русскоязычными авторами. По первой группе была получена выборка исследований из 279 публикаций за период с 1985 по 2019 гг. На графике, который представлен на рис. 1 отражено распределение статей по поисковому запросу по годам. Можно отметить, что больший интерес относительно вопроса цифровизации на строительных предприятиях появился с 2015 года, а к 2019 году количество публикаций достигло почти 120 ед.

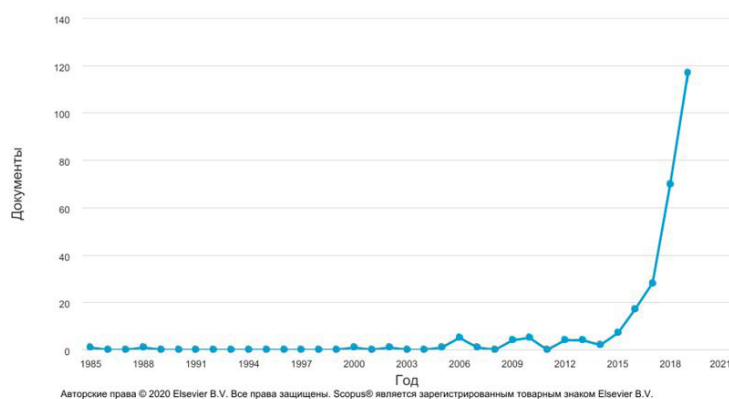


Рис. 1. Исследование процесса цифровизации на строительных предприятиях по годам всего в базе SCOPUS

Fig. 1. Research of the digitalization process at construction enterprises by year total in the SCOPUS database

Источник: Библиографическая и реферативная база данных SCOPUS.

Проводя анализ исследований русскоязычных авторов среди исследуемых работ первой группы выявлено 36 исследований, ключевыми из которых являются [18–23, 25, 27]. Все работы распределены по годам с 2016 г. по 2019 г., пик исследуемой темы также наблюдается в 2019 году составляя 24 публикации (рис. 2). Рассматривая публикации по второй группе в разрезе организаций, можно выделить лидеров в исследуемой теме – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.

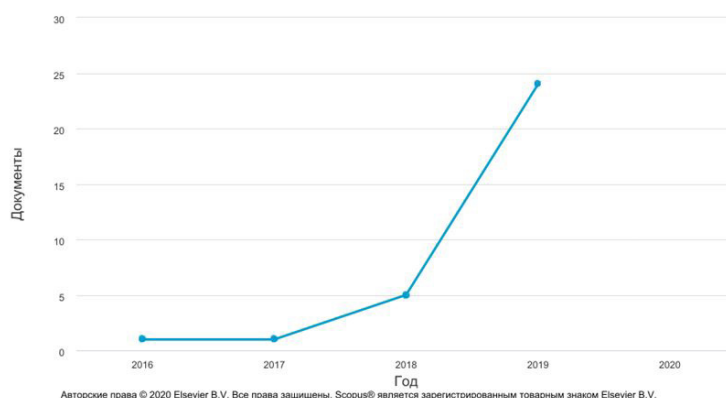


Рис. 2. Исследование процесса цифровизации на строительных предприятиях по годам русскоязычными авторами в базе SCOPUS

Fig. 2. Research of the digitalization process at construction enterprises by year by Russian-speaking authors in the SCOPUS database

Источник: Библиографическая и реферативная база данных SCOPUS.

Вышеприведенный анализ исследований, на основе библиографической и реферативной базы SCOPUS, показал, что вопрос цифровизации на строительных предприятиях изучается достаточно активно имея восходящую тенденцию. В ближайшие годы данная тенденция будет только расти, что также подкрепляет проводимая программа развития цифровой экономики РФ.

Основываясь на проведенном анализе формирования составных частей дефиниции «Цифровой потенциал строительного комплекса», можно предложить следующее ее определение:

Цифровой потенциал строительного комплекса – это совокупность машин и технического оснащения, информационных продуктов, а также квалифицированных специалистов владеющих интерфейсом современных программ входящих в процесс BIM-проектирования для реализации проектов цифрового моделирования зданий и сооружений в виде «цифрового двойника», что выступает основой формирования цифрового проектирования строительных комплексов на региональном уровне.

Процесс цифрового развития строительной отрасли представляет собой переход от традиционного производственного процесса в строительных организациях и на строительных площадках к цифровому процессу. Подразумевается облачное сетевое обеспечение строительного производства с использованием BIM-технологий, которые подкрепляются специальным программным обеспечением, например, такими программными продуктами как: Autodesk BIM 360 и Tekla Structures. С использованием данных программных продуктов, процесс разработки проектной документации, в т.ч. внесение коррективов в проекты – ускоряется, следовательно, сокращаются сроки всего строительного процесса, т.е. от проектной документации до ввода объекта в эксплуатацию. Это происходит по причине того, что облачные программы охватывают разные этапы строительного производства в цифровом «двойнике» проекта (рис. 3).

Исходя из схематичного представления BIM-проектирования на рис. 3, можно сказать, что сейчас данный процесс имеет хорошую базу для создания единой модели проектируемого здания. Так, разработаны отдельные информационные продукты позволяющие осуществлять: 1) эскизный проект здания и сооружения (Revit, SketchUp и др.); 2) архитектурную модель здания (например, Revit); 3) конструктивную и расчетную модель здания (SCAD, Сапфир и др.); 4) разработку проектной документации (Autocad, Revit, Word и др.); 5) расчет финансовой модели и плана графика (выполнения работ, поставки материалов, оборудования и пр.) проектируемого здания (MS Excel, MS Project, MS Word, SmetaWIZARD и др.). В то же время, существует ряд проблем с некоторыми функциями, которые непосредственно связаны со строительным произ-

водством, но процесс их автоматизации не налажен, что не позволяет в должной мере сократить сроки строительного производства. Так, в настоящее время к проблемам (узким местам) строительного производства можно отнести:

- 1) отсутствие информационного продукта позволяющего объединять и синхронизировать ключевые процессы строительного производства, представленные на рис. 3;
- 2) квалификацию персонала в соответствии с современными тенденциями строительного производства, низкий уровень владения программными комплексами или его отсутствие;
- 3) устоявшуюся систему строительного производства «заказчик – генподрядчик – субподрядчик 1...n – конечный исполнитель работ».

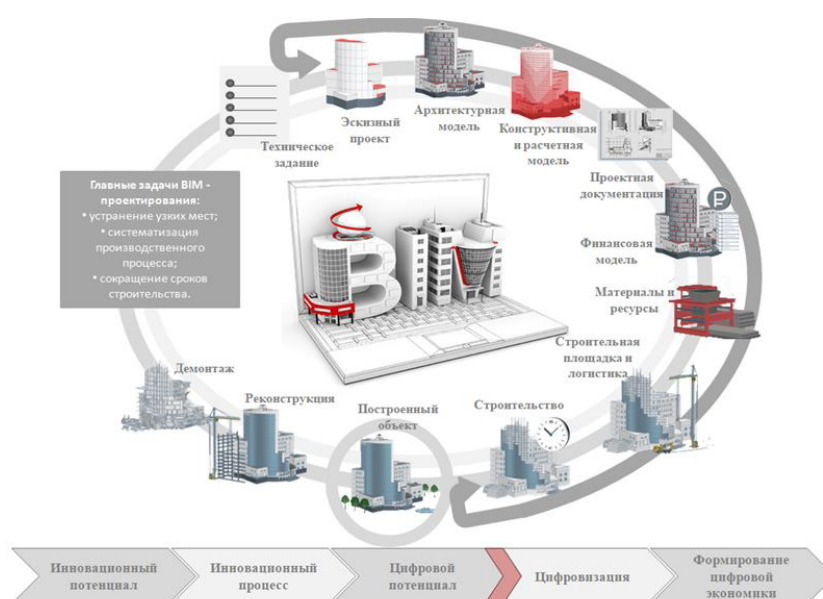


Рис. 3. Ключевые процессы BIM-проектирования и их взаимосвязь

Fig. 3. Key BIM-design processes and their relationship

Перечисленные проблемы препятствуют интенсивному развитию BIM-проектирования. Следовательно, строительство в настоящее время находится на стыке двух стадий – стадии формирования цифрового потенциала, а также на стадии перехода к полной цифровизации процессов строительного производства.

Для оценки информационно-цифрового развития строительной отрасли РФ в настоящее время и готовности строительных комплексов регионов перейти на уровень взаимосвязанной системы цифровизации, проведем анализ данных государственной статистики по показателям, характеризующим уровень развития науки, инноваций и передовых производственных технологий на предприятиях строительной отрасли. Отбор предприятий для анализа произведем по виду экономической деятельности в соответствии с кодом 71 ОКВЭД «Деятельность в области архитектуры и инженерно-технического проектирования; технических испытаний, исследований и анализа». Отметим, что для показателей «число используемых передовых производственных технологий, ед.», «число разработанных передовых производственных технологий, ед.», «число разработанных передовых производственных технологий новых для России, ед.» и «число принципиально новых разработанных передовых производственных технологий, ед.», анализ будет проведен по расширенному коду ОКВЭД 71, а именно по: 71.11.1 Деятельность в области архитектуры, связанная со зданиями и сооружениями; 71.12.1 деятельность, связанная с инженерно-техническим проектированием, управлением проектами строительства, выполнением строительного контро-

ля и авторского надзора; 71.12.2 деятельность заказчика-застройщика, генерального подрядчика; 71.2 технические испытания, исследования, анализ и сертификация. Результаты представим в табл. 2 в соответствии с данными за 2017–2018 гг. опубликованными федеральной службой государственной статистики⁵.

Таблица 2. Уровень развития науки, инноваций и передовых производственных технологий на предприятиях в соответствии с кодом ОКВЭД, 2017–2018 гг.

Table 2. The level of development of science, innovation and advanced production technologies in enterprises in accordance with the OKVED code, 2017–2018

Показатель	Код ОКВЭД	2017	2018
Уровень инновационной активности предприятий, %	71	13,0	12,4
Объем инновационных товаров, работ, услуг, млн. руб.	71	14362,3	19370,9
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, %	71	2,3	2,3
Инновационные товары, работы, услуги, вновь внедренные или подвергшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет, млн. руб.	71	7240,9	18019,2
Число используемых передовых производственных технологий, ед.	71.11.1	1665	733
	71.12.1	1721	2029
	71.12.2	19	64
	71.2	846	917
Число разработанных передовых производственных технологий, ед.	71.11.1	9	5
	71.12.1	5	7
	71.12.2	-	-
	71.2	9	10
Число разработанных передовых производственных технологий новых для России, ед.	71.11.1	9	5
	71.12.1	5	7
	71.12.2	-	-
	71.2	8	9
Число принципиально новых разработанных передовых производственных технологий, ед.	71.11.1	-	-
	71.12.1	1	-
	71.12.2	-	-
	71.2	1	1
Количество приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств, ед.	71	1119	1453

Как видно из табл. 2, уровень инновационной активности предприятий строительной отрасли высокий, является близким к среднему по РФ (14,6% – 2017г., 12,8% – 2018 г.). Но существенно опережают строительную отрасль по уровню инновационной активности предприятия в сфере обрабатывающих производств 2018 г. – 23,2% (код ОКВЭД С) и научных исследований и разработок 2018 г. – 61,4% (код ОКВЭД 72). Показатель отгруженных инновационных товаров в объеме всех товаров у рассматриваемых предприятий строительной отрасли достаточно мал (2,3%). Также, стоит отметить, что рассматриваемая группа предприятий (код 71 ОКВЭД) достаточно активно использует передовые производственные технологии, в т.ч. разрабатывают новые и принципиально новые для России. В связи с чем, можно сделать вывод, что действительно строительный

⁵ Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. URL: <https://www.gks.ru/folder/10705> (дата обращения 10.02.2020).

комплекс РФ готовится и в скором времени сможет перейти на уровень полноценного взаимосвязанного цифрового моделирования процессов строительного производства (см. рис. 3).

Анализируя уровень влияния инновационных процессов рассматриваемой группы строительных предприятий на обеспечение соответствия современным техническим регламентам, правилам и стандартам (табл. 3), можно сказать, что влияние есть.

Таблица 3. Степень влияния результатов инноваций на обеспечение соответствия современным техническим регламентам, правилам и стандартам по виду экономической деятельности по коду ОКВЭД 71 в 2017–2018 гг., ед.
Table 3. The degree of impact of innovation results on ensuring compliance with modern technical regulations, rules and standards for the type of economic activity under the OKVED 71 code in 2017–2018, units

год	код 1 (низкая степень воздействия)	код 2 (средняя степень воздействия)	код 3 (высокая степень воздействия)	код 4 (воздействие отсутствовало)
2017	4	45	59	103
2018	7	45	60	140

Также, к 2024 году планируется реализация федерального проекта «Цифровое строительство», который позволит обеспечить цифровую платформу для проектирования. Система цифрового строительства предположительно должна ускорить производственный процесс строительных предприятий на 30% [29].

Заключение

Проведенный анализ позволил выявить важность развития цифрового потенциала отраслей и комплексов, а также восходящую тенденцию роста информационно-коммуникационных продуктов на предприятиях РФ. Проведенное исследование позволило:

1. Сформировать эволюционную цепочку развития цифровой экономики отраслей и комплексов: «формирование инновационного потенциала – инновационный процесс – формирование цифрового потенциала – цифровизация – формирование цифровой экономики», в которой каждое звено представляет важность для последующего и непосредственно в него входит. Цепочка развития позволяет определять стадию развития отрасли или экономической структуры.

2. Сформулировать дефиницию «Цифровой потенциал строительного комплекса», которая достаточно четко отражает ключевые позиции необходимые строительным предприятиям, входящим в строительный комплекс РФ, для возможности их перехода к полному процессу цифровизации. Ранее определение цифрового потенциала строительного комплекса в научной литературе авторами не было обнаружено.

3. Определить базовую структуру цифрового потенциала для развития строительного комплекса РФ с отражением ключевых процессов BIM-проектирования и их взаимосвязь посредством схемы. Схема является новой, с выделением базового блока (эскизный проект, архитектурная модель, конструктивная и расчетная модель, проектная документация, финансовая модель, материалы и ресурсы, строительная площадка и логистика, процесс строительства), а также предшествующих (техническое здание) и последующих этапов BIM-проектирования (реконструкция и демонтаж).

4. Выявить недостатки развития строительного комплекса РФ, которые затрудняют цифровые процессы его развития.

5. Определить, что строительная отрасль РФ имеет уровень инновационной активности предприятий строительного комплекса по коду ОКВЭД 71 на достаточно высоком уровне (12,4% в

2018 г.), что является близким к среднему по РФ (12,8% в 2018 г.). Также, анализ прочих показателей развития науки, инноваций и передовых производственных технологий на рассматриваемых предприятиях показал, что строительный комплекс РФ в скором времени сможет перейти на уровень полноценного взаимосвязанного цифрового моделирования процессов строительного производства. В том числе была выявлена переходная стадия развития строительного комплекса РФ в соответствии со сформированной цепочкой развития – со стадии цифрового потенциала к стадии цифровизации.

Направления дальнейших исследований

В дальнейшем представляется целесообразным проведение исследований направленных на изучение вопроса формирования цифрового потенциала и цифровизации строительного комплекса конкретного региона, в рамках формирования и развития региональной инновационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алексеев А.А.** Цифровизация производства // Academy. 2019. № 1 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-proizvodstva> (дата обращения: 21.02.2020).
2. **Борисова Л.А., Исмаилова Ф.Н.** Перспективные направления цифровизации в строительстве // УЭПС. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-napravleniya-tsifrovizatsii-v-stroitelstve> (дата обращения: 01.03.2020).
3. **Варганова Е.Л.** Индустрия российских медиа: цифровое будущее : академическая монография / Е.Л. Варганова, А.В. Вырковский, М.И. Максеенко, С.С. Смирнов. М.: МедиаМир, 2017. 160 с.
4. **Васильева Н.В., Бачуринская И.А.** Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 7. С. 39–46.
5. **Городнова Н.В.** Развитие теоретических основ оценки цифрового потенциала промышленного предприятия // Дискуссия. 2018. № 5 (90). С. 74–84.
6. **Козырев А.Н.** Цифровая экономика и цифровизация в исторической ретроспективе // Цифровая экономика. 2018. № 1(1). С. 5–19.
7. **Коробов Р.Н.** BIM-технологии как эффективный способ управления развитием территории в условиях цифровизации экономики // В сборнике: Современная наука: актуальные вопросы и перспективы развития. 2019. С. 197–201.
8. **Куприяновский В.П.** и др. Стандартизация умных городов, интернета вещей и больших данных. Соображения по практическому использованию в России // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 2. С. 34–40.
9. **Марей А.** Цифровизация как изменение парадигмы. URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/digitalization.aspx> (дата обращения: 15.02.2020).
10. **Намиот Д.Е.** Умные города 2016 // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 10. С. 55–61.
11. **Намиот Д.Е., Куприяновский В.П., Синягов С.А.** Инфокоммуникационные сервисы в умном городе // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 4. С. 1–9.
12. **Плотников В.А.** Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия СПбГЭУ. 2018. № 4 (112). С. 16–24.
13. **Попов Е.В., Семячков К.А.** Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики // Инновации. 2017. № 4 (222). С. 37–41.
14. **Розина И.Н.** Цифровизация образования. URL: <http://ito.lgb.ru/tezises/1027.doc> (дата обращения: 12.02.2020).
15. **Семенов А.А.** Подготовка специалистов в области BIM-технологий для развития цифровой экономики в строительстве // В сборнике: Новые информационные технологии в строительстве и архитектуре. 2018. С. 44.
16. **Травуш В.И.** Цифровые технологии в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 3. С. 107–117.

17. **Халин В.Г., Чернова Г.В.** Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // *Управленческое консультирование*. 2018. № 10 (118). С. 46–63.
18. **Aleksandrova E., Vinogradova V., Tokunova G.** Integration of digital technologies in the field of construction in the Russian Federation. *Engineering Management in Production and Services*, 2019. no 11 (3), pp. 38–47.
19. **Astafeva O.V., Pecherskaya E.P., Tarasova T.M., Korobejnikova E.V.** Digital Transformation in the Management of Contemporary Organizations. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2020. no 84, pp. 382–389.
20. Chermisina T.P. Evolution of the business models of Russian construction companies digitalization of the industry. *Journal of Siberian Federal University – Humanities and Social Sciences*, 2019. no 12 (4), pp. 565–582.
21. **Esetova A.M., Ismailova S.T., Emirbekova D.R., Pavluchenko E.I., Yusufova A.M.** Managing the information potential of a construction company in the transition to a digital economy. *Espacios*, 2019. no 40 (14), 28 p.
22. **Gusakova E.** Development of high-rise buildings: Digitalization of life cycle management. *E3S Web of Conferences*, 2018. 33. 03063.
23. **Kapustina N.V., Rjachovskaya A.N., Rjachovskij D.I., Gantseva L.V.** External risk factors influence on the financial stability of construction companies. *Journal of Reviews on Global Economics*, 2018. no 7 (Special Issue), pp. 726–730.
24. **Kozlov A., Gutman S., Tereshko E.** Analysis of the Industry and Entrepreneurship component of the Murmansk region construction complex strategic chart. *E3S Web of Conferences*, 2019. 91. 05011.
25. **Makarova I., Shubenkova K., Antov D., Pashkevich A.** Digitalization of Engineering Education: From E-Learning to Smart Education. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2019. no 47, pp. 32–41.
26. **Negroponte N.** *Being Digital*. New York, Vintage. 1996. 272 p.
27. **Telyatnikova N., Spiridonov E., Boyarinov D.** Innovation, informatization and digitization of the infrastructure facilities design and construction of high-speed railways in Russia & Eurasian Union. *Transport Means – Proceedings of the International Conference*, 2018. no October, pp. 1161–1166.
28. URL: <https://gufo.me/dict/bes/ПОТЕНЦИАЛ> (дата обращения: 21.02.2020)
29. URL: <http://varjag.net/rossiya-k-2024-godu-zapustit-sistemu-cifrovое-stroitelstvo/> (дата обращения: 28.02.2020).
30. URL: <https://expert.ru/siberia/2017/48/prinyat-vyizov-tsifrovой-ekonomiki/> (дата обращения: 17.02.2020).
31. Российская архитектурно-строительная энциклопедия. URL: <http://gosstroy-vniintpi.ru/rase.htm> (дата обращения: 17.03.2020).

REFERENCES

1. **A.A. Alekseyev**, Tsifrovizatsiya proizvodstva [Digitalization of production], *Academy*, 1 (40) (2019) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-proizvodstva> (accessed February 21, 2020).
2. **L.A. Borisova, F.N. Ismailova**, Perspektivnyye napravleniya tsifrovizatsii v stroitelstve [Perspective directions of digitalization in construction], *Management, Economics, Politics, Sociology*, 4 (2018) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnyye-napravleniya-tsifrovizatsii-v-stroitelstve> (accessed March 01, 2020).
3. **Ye.L. Vartanova, A.V. Vyrkovskiy, M.I. Makseyenko, S.S. Smirnov**, Industriya rossiyskikh media: tsifrovoye budushcheye: akademicheskaya monografiya [Industry of Russian media: digital future: academic monograph], Moscow: MediaMir (2017) 160.
4. **N.V. Vasilyeva, I.A. Bachurinskaya**, Problemnyye aspekty tsifrovizatsii stroitelnoy otrasli [Problematic aspects of digitalization of the construction industry], *Bulletin of the Altai Academy of Economics and law*, 7 (2018) 39–46.
5. **N.V. Gorodnova**, Razvitiye teoreticheskikh osnov otsenki tsifrovogo potentsiala promyshlennogo predpriyatiya [Development of theoretical bases for evaluating the digital potential of an industrial enterprise], *Discussion*, 5 (90) (2018) 74–84.

6. **A.N. Kozyrev**, Tsifrovaya ekonomika i tsifrovizatsiya v istoricheskoy retrospektive [Digital economy and digitalization in historical retrospect], *Digital economy*, 1 (1) (2018) 5–19.
7. **R.N. Korobov**, BIM-tehnologii kak effektivnyy sposob upravleniya razvitiyem territorii v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki [BIM-technologies as an effective way to manage the development of the territory in the conditions of digitalization of the economy], In the collection : Modern science: current issues and prospects for development, (2019) 197–201.
8. **V.P. Kupriyanovskiy** i dr., Standartizatsiya umnykh gorodov, interneta veshchey i bolshikh dannykh. Soobrazheniya po prakticheskomu ispolzovaniyu v Rossii [Standardization of smart cities, the Internet of things and big data. Considerations on practical use in Russia] *International Journal of Open Information Technologies*, vol 4, 2 (2016) 34–40.
9. **A. Marey**, Tsifrovizatsiya kak izmeneniye paradigmy [How Digitalization changes the paradigm]. URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/digitalization.aspx> (accessed February 15, 2020).
10. **D.Ye. Namiot**, Umnyye goroda 2016 [Smart cities 2016], *International Journal of Open Information Technologies*, vol 4, 10 (2016) 55–61.
11. **D.Ye. Namiot, V.P. Kupriyanovskiy, S.A. Sinyagov**, Infokommunikatsionnyye servisy v umnom gorode [Infocommunication services in a smart city], *International Journal of Open Information Technologies*, vol 4, 4 (2016) 1–9.
12. **V.A. Plotnikov**, Tsifrovizatsiya proizvodstva: teoreticheskaya sushchnost i perspektivy razvitiya v rossiyskoy ekonomike [The Digitalization of production: the theoretical essence and prospects of development of the Russian economy], *Proceedings of St. Petersburg state economic University*, 4 (112) (2018) 16–24.
13. **Ye.V. Popov, K.A. Semyachkov**, Otsenka gotovnosti otrasley RF k formirovaniyu tsifrovoy ekonomiki [Assessment of the readiness of Russian industries to form a digital economy], *Innovations*, 4 (222) (2017) 37–41.
14. **I.N. Rozina**, Tsifrovizatsiya obrazovaniya [Digitalization of education]. URL: <http://ito.lgb.ru/tezises/1027.doc> (data obrashcheniya: 12.02.2020).
15. **A.A. Semenov**, Podgotovka spetsialistov v oblasti BIM-tehnologiy dlya razvitiya tsifrovoy ekonomiki v stroitelstve [BIM-technologies for the development of the digital economy in construction], In the collection: New information technologies in construction and architecture, (2018) 44.
16. **V.I. Travush**, Tsifrovyye tehnologii v stroitelstve [Digital technologies in construction], *Academia, Architecture and construction*, 3 (2018) 107–117.
17. **V.G. Khalin, G.V. Chernova**, Tsifrovizatsiya i yeye vliyaniye na rossiyskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski [Digitalization and its impact on the Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks], *Management consulting*, 10 (118) (2018) 46–63.
18. **E. Aleksandrova, V. Vinogradova, G. Tokunova**, Integration of digital technologies in the field of construction in the Russian Federation, *Engineering Management in Production and Services*, 11 (3) (2019) 38–47.
19. **O.V. Astafeva, E.P. Pecherskaya, T.M. Tarasova, E.V. Korobejnikova**, Digital Transformation in the Management of Contemporary Organizations, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 84 (2020) 382–389.
20. **T.P. Cheremisina**, Evolution of the business models of Russian construction companies digitalization of the industry, *Journal of Siberian Federal University – Humanities and Social Sciences*, 12 (4) (2019) 565–582.
21. **A.M. Esetova, S.T. Ismailova, D.R. Emirbekova, E.I. Pavluchenko, A.M. Yusufova**, Managing the information potential of a construction company in the transition to a digital economy, *Espacios*, 40 (14) (2019) 28.
22. **E. Gusakova**, Development of high-rise buildings: Digitalization of life cycle management, *E3S Web of Conferences*, 33, 03063, (2018).
23. **N.V. Kapustina, A.N. Rjachovskaya, D.I. Rjachovskij, L.V. Gantseva**, External risk factors influence on the financial stability of construction companies, *Journal of Reviews on Global Economics*, 7 (Special Issue) (2018) 726-730.
24. **A. Kozlov, S. Gutman, E. Tereshko**, Analysis of the Industry and Entrepreneurship component of the Murmansk region construction complex strategic chart, *E3S Web of Conferences*, 91, 05011, (2019).

25. **I. Makarova, K. Shubenkova, D. Antov, A. Pashkevich**, Digitalization of Engineering Education: From E-Learning to Smart Education, Lecture Notes in Networks and Systems, 47 (2019) 32–41.
26. **N. Negroponte**, Being Digital, New York, Vintage (1996) 272.
27. **N. Telyatnikova, E. Spiridonov, D. Boyarinov**, Innovation, informatization and digitization of the infrastructure facilities design and construction of high-speed railways in Russia & Eurasian Union, Transport Means – Proceedings of the International Conference, October (2018) 1161–1166.
28. URL: <https://gufo.me/dict/bes/POTENTsIAL> (accessed February 21, 2020).
29. URL: <http://varjag.net/rossiya-k-2024-godu-zapustit-sistemu-cifrovoe-stroitelstvo/> (accessed February 28, 2020).
30. URL: <https://expert.ru/siberia/2017/48/prinyat-vyizov-tsifrovoj-ekonomiki/> (accessed February 17, 2020).
31. Russian architectural and construction encyclopedia. URL: <http://gosstroy-vniintpi.ru/rase.htm> (accessed March 17, 2020).

Статья поступила в редакцию 24.03.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

ТЕРЕШКО Екатерина Кирилловна

E-mail: ektereshko@mail.ru

TERESHKO Ekaterina K.

E-mail: ektereshko@mail.ru

РУДСКАЯ Ирина Андреевна

E-mail: iarudskaya@mail.ru

RUDSKAIA Irina A.

E-mail: iarudskaya@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020