

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24

^{1,*}Сулейманова Л.А., ²Сапожников П.В., ³Кривчиков А.Н.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²ООО «ГК ЭкспертПроектСтрой»³ООО «ПУ-ЖБК-1»

*E-mail: kafedrasigsh@mail.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ КАК ИТ-СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПИРАМИДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос внедрения процессов цифровизации строительной отрасли в рамках государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Анализ текущего развития цифровизации показал необходимость взаимодействия всех участников управления объектами капитального строительства. На уровне государственных органов управления переход к цифровизации проводится за счет ведения электронного документооборота и выдаче разрешительных документов на строительство в электронном виде. Заказчик должен посредством цифровизации проектных и строительных работ видеть текущее положение дел на каждом этапе строительства. Генеральный подрядчик заинтересован в мониторинге работы подрядных организаций и снижении материальных затрат. Проектная организация, разрабатывая единую цифровую информационную модель здания, упрощает процессы создания чертежей, спецификаций и исправления ошибок смежных отделов. На уровне производства работ на строительной площадке процессы цифровизации развиты меньше всего. Цифровизация производства работ позволит ускорить процессы контроля поставки грузов, работы исполнителей и механизмов, облегчит ведение журналов работ и исполнительной документации. В результате цифровизация каждого процесса строительства приведет к улучшенному взаимодействию участников, а также к эффекту «синергии».

Ключевые слова: цифровизация, технология информационного моделирования (ТИМ), объект капитального строительства.

Введение. Развитие Российской Федерации связано с острой необходимостью перехода на новую модель экономического развития с применением интеллектуального потенциала человека. В 2017 году в рамках Стратегии развития информационного общества была принята государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая предусматривает использование цифровых технологий во всех сферах деятельности [1].

Конфигурация глобальных рынков претерпевает значительные изменения под действием цифровизации. Многие традиционные индустрии теряют свою значимость в структуре мировой экономики на фоне быстрого роста секторов, генерирующих кардинально новые потребности. Определяющее значение в происходящей трансформации приобретают исследования и разработки, для которых требуется создание системы управления в области цифровой экономики, обеспечивающей координацию усилий заинтересованных сторон – представителей федеральных органов исполнительной власти, проектных и строительных организаций, образовательных учреждений и научных объединений.

Цифровая экономика определяется тремя характерными процессами:

- интенсивное использование цифровых технологий;
- новые способы ведения бизнеса;
- новая добавленная стоимость.

Во всем мире строительная отрасль занимает около 8–10 % от валового внутреннего продукта стран, обеспечивает занятость трудового населения и выступает связующим звеном между различными отраслями промышленности и экономики [2]. Однако доля процессов с применением цифровых технологий в строительной отрасли меньше, чем в других сферах народного хозяйства, таких как торговля, автомобилестроение, банковский сектор и государственное управление [3].

Анализ литературных источников по тематике исследования показал, что причинами, препятствующими развитию цифровых технологий в строительной отрасли являются плохая осведомленность об эффективности применяемых технологий, отсутствие опыта ведения строительства в цифровой среде, неосмысленное взаимодействие всех участников на различных уровнях управления объектами капитального строительства, материальные трудности, связанные с обучением работников, техническим улучше-

нием используемого технического оборудования, покупкой новых программных продуктов, опасения распространения конфиденциальной информации из облачных хранилищ и др. [3–11]. Цель данного исследования – обосновать эффективность внедрения цифровых технологий на всех уровнях управления объектами капитального строительства.

В строительстве цифровизация подразумевает собой создание единого информационного пространства на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации объектов капитального строительства с целью снижения себестоимости готового продукта и сокращения сроков его производства с учётом всех основных и сопутствующих процедур. К перспективным направлениями цифровой трансформации строительной отрасли можно отнести технологию информационного моделирования (ТИМ), 3D-печать материалов и конструкций, технологию дополненной и виртуальной реальности, интернет вещей (IoT), применение робототехники.

ТИМ зданий и сооружений позволяет создать «цифрового двойника» проектируемого

или существующего здания, с полным комплектом сведений и материалов, формируемых в электронном виде на этапах выделения земельных участков, выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства [13, 14]. Соответственно, ТИМ осуществляется при одновременном применении систем автоматизированного 3D-проектирования и методов компьютерной поддержки жизненного цикла здания (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – CALS) [15].

В России ТИМ стала применяться относительно недавно, однако уже сейчас доказана ее эффективность применения в строительной сфере. По данным опроса, проведенного ООО «Институт развития строительной отрасли» у 246 проектных и строительных организаций (рис. 1), процесс цифровизации в виде использования ТИМ позитивно сказался на экономических и качественных показателях предприятий [16].



Рис. 1. Результаты опроса о преимуществах применения ТИМ в строительстве

Процесс 3D-печати в строительстве основан на аддитивной технологии, то есть на процессе послойного накладывания пластичного материала до образования твердых материалов необходимой формы с использованием компьютерных моделей объекта производства [17]. Наиболее распространенным материалом для 3D-печати является бетон, однако также популярность набирает изготовление изделий из стеклопластика и стали. Возможной стала автоматизация изготовления армированных бетонных изделий [18].

Интернет вещей (IoT) – технология для постоянного мониторинга состояния строительного объекта и удаленного управления строительными процессами. Технология основана на внедрении интегрированных систем датчиков состояния здания, контролирующих основные строительные параметры, энергоэффективность, состояние инфраструктурных сетей, перемещение людей [19, 20].

Применение средств дополненной и виртуальной реальности (AR и VR) раскрывает возможности наглядного осмотра проектируемых и

строящихся объектов [21]. Актуальное применение данной технология находит в строительном контроле. Инженер строительного контроля, при наличии

VR-очков, имеющих встроенный GPS-приемник, в режиме реального времени обходит строительную площадку и анализирует наложенные системой проектные данные на реальное изображение установленной конструкции или части инженерной сети [22].

Набирает обороты использование средств робототехники в строительстве. Применение роботов, работающих совместно с человеком при

производстве строительных работ ускоряет выполнение технологических процессов [23]. Воздушные беспилотные летательные аппараты используются для контроля соответствия результатов строительства площадок объектов проектным решениям [24].

Материалы и методы. На первом этапе в рамках данного исследования был проведен сбор и систематический анализ литературных источников для выявления проблем, возникающих при внедрении цифровых технологий в строительной отрасли (табл. 1).

Таблица 1

Проблема	Литературный источник	Период опубликования
Отсутствие опыта применения цифровых технологий	3, 6, 9	2019–2021 г.
Требуется доказательство эффективности, чтобы повлиять на консервативное мышление / использование традиционных методов	3, 4, 7, 11	2017–2021 г.
Вероятность потери конфиденциальности, связанной с использованием цифрового программного обеспечения	3, 7	2019–2021 г.
Высокая стоимость обучения работников	9	2018 г.
Высокая стоимость программного и аппаратного обеспечения	8, 10, 132	2017–2020 г.
Неполная совместимость существующих программных обеспечений, используемых при разработке разделов проектной документации	5	2014 г.
Строительная индустрия еще недостаточно ясно представляет, что такое BIM	11	2017 г.
Использование цифровых технологий приведет к сокращению рабочих мест	3	2019 г.

На основе анализа литературных источников были обозначены возможные пути обеспечения

цифровой трансформации строительства (табл. 2).

Таблица 2

Направления цифровой трансформации строительства	Литературный источник	Период опубликования
Технология информационного моделирования (ТИМ)	13–16, 27–37	2016–2021 г.
3D-печать строительных материалов и конструкций	17, 18	2019–2020 г.
Технологии дополненной и виртуальной реальности	21, 22, 33	2019–2021 г.
Интернет вещей (IoT)	19, 20	2017–2020 г.
Применение робототехники	23, 24	2020 г.

Технология информационного моделирования была выбрана основным методом трансформации строительной отрасли, преимущества которой подтверждены на основании опроса большого количества ведущих проектных и строительных организаций. Распределение управленческих функций в условиях новой цифровой экономики было изучено на основе социальной пирамиды взаимодействия Толкотта Парсонса.

В рамках исследования было изучено практическое применение цифровой трансформации строительной отрасли на примере завода по изготовлению железобетонных изделий «ПУ-ЖБК-1».

Основная часть. В строительстве, как и в других отраслях, вне зависимости от количества уровней управления, согласно пирамиде Пар-

сонса (рис. 2), можно выделить три вида управления: институциональный, управленческий и технический [25]. На техническом уровне ответственные лица занимаются операциями, обеспечивающими непосредственное производство готового продукта. В строительстве к такому виду можно отнести управление при выполнении инженерных изысканий, проектировании, производстве работ и технической эксплуатации. На управленческом уровне главной особенностью является координация, согласование всех видов работ технического уровня. Руководители институциональных уровней разрабатывают масштабные и долгосрочные планы внутри отрасли, обеспечивают взаимодействие с другими отраслями народного хозяйства. В результате, осознанное выполнение локальных функций работника (ру-

ководителя) каждого уровня и слаженное взаимодействие с другими уровнями обеспечивает синергичное выполнение поставленных целей.

На уровне органов государственной власти перспективным направлением развития цифровизации является создание единой информационной платформы, которая в автоматическом ре-

жиме позволит пользователю (участнику инвестиционно-строительного процесса) в личном кабинете заполнить заявление, прикрепить необходимые документы и получить разрешения на выделение земельного участка, разрешение на строительство, ввод объекта в эксплуатацию с временным отслеживанием процессов, установленным законом.

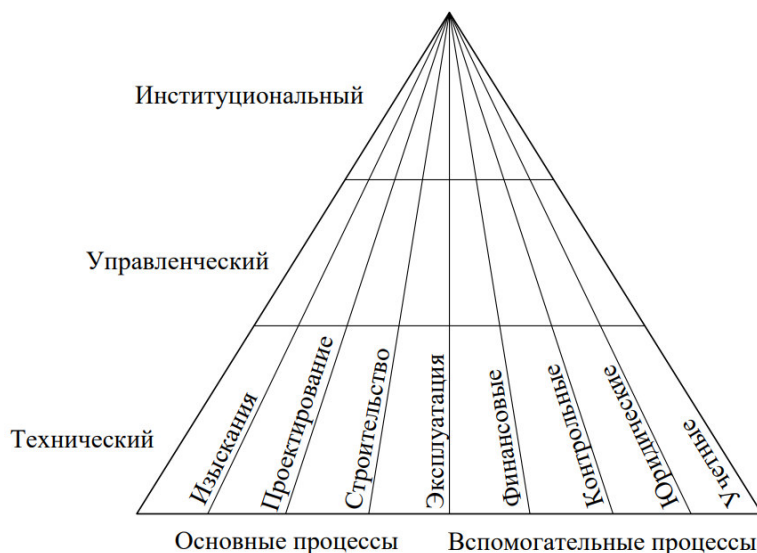


Рис. 2. Пирамида управления строительными процессами

Основой информационной платформы должна быть сформированная база актуальных и подробных данных о земельных участках, санитарных зонах, существующей проектной и исполнительной документации в виде информационной модели здания, государственных экспертизах, технических условиях и других документов, регламентирующих строительство.

Совмещение данных трехмерного рельефа городской среды с существующими искусственными сооружениями и расположенными на нем информационными моделями зданий создаст базу для проекта «б» [26], и позволит эффективнее управлять городскими ресурсами и повысить качество жизни граждан.

Частой проблемой, которая возникает у заказчика при классическом управлении строительством, является неосведомленность о производстве работ при реализации проекта. Именно заказчик заинтересован в соблюдении срока сдачи объекта, и он должен быть инициатором ведения строительных процессов с помощью цифровых технологий. Использование цифровых программ управления и сервисов облачного хранилища файлов проекта, программ календарного планирования поможет заказчику видеть текущее положение дел на площадке и оценить пути решения проблем, замедляющих сдачу объекта в положенные сроки [27].

Изначальная необходимость о ведении проектных и строительных работ в цифровом формате должна быть отображена в техническом задании и информационных требованиях заказчика (рис. 3), описывающих правила предоставления информации по ключевым этапам проекта и содержащих технические, организационно-управленческие и коммерческо-правовые аспекты [28]. Реализация этих требований обеспечивается за счет соблюдения нормативно-технических документов, использования современных архитектурных и конструктивных решений, энергоэффективных материалов и оборудования, с использованием цифровых технологий, включая ТИМ.

Для генеральных подрядчиков цифровизация позволяет построить совершенно новые бизнес-модели, что дает ряд преимуществ [29, 30]:

- снижение рисков при выборе подрядных организаций, выполняющих капитальное строительство, контроль исполнения договорных обязательств;
- наполнение информационной модели, электронный документооборот с подрядчиками и другими участниками инвестиционно-строительного процесса;
- заказ строительных материалов непосредственно из ТИМ-моделей, что даст возможность интегрировать цифровые технологии в су-

ществующие системы закупок и привлечь к работе с информационными моделями большое количество поставщиков, в том числе представителей малого бизнеса [31];

- получение аналитики по подрядчикам, в том числе с учетом выполнения ими контрактов других заказчиков;
- снижение затрат за счет своевременного выполнения контрактов, мониторинга хода строительства.

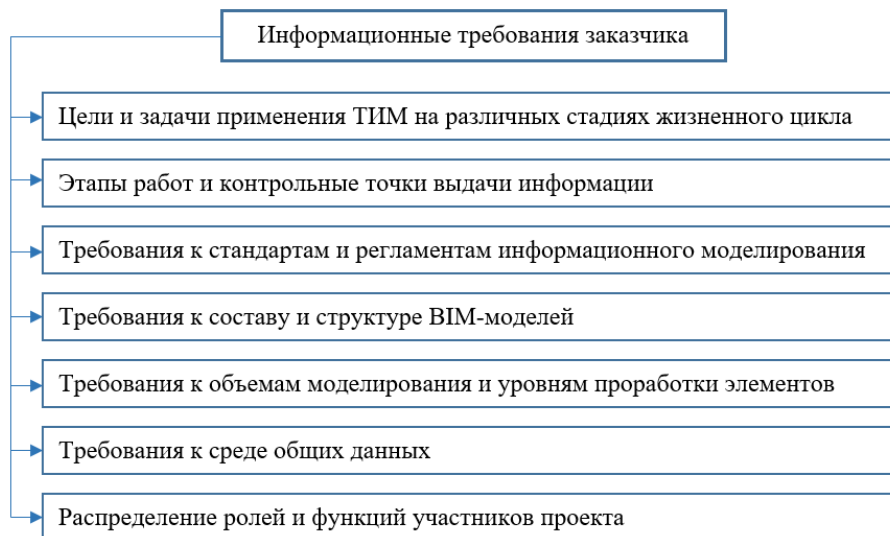


Рис. 3. Информационные требования заказчика к осуществлению ТИМ-проекта

Базовым документом, определяющим объект капитального строительства и все его характеристики, является проектная документация. Реализация проекта с применением ТИМ – это более эффективная альтернатива традиционному способу реализации проекта. Созданная модель является не только объемным выражением двухмерного чертежа и геометрических данных здания, она имеет дополнительную информацию о всех процессах архитектурного и конструктивного проектирования, расчетов конструкций, производства работ (4D), материальных затратах (5D) и мониторинге технического состояния здания (6D) [32].

Внедрение ТИМ на уровне проектной организации позволяет:

- использовать исходные данные на проектирование объекта капитального строительства из информационной платформы;

– повысить наглядность и качество проекта за счет объемного моделирования, виртуальной и дополненной реальности [33];

– в автоматическом режиме получить чертежи и спецификации из единой информационной модели (рис. 4) [34];

– посредством среды общих данных одновременно проектировать все разделы рабочей документации, в том числе проект организации строительства, проект производства работ и сметную документацию;

– использовать единую библиотеку готовых решений в виде разработанных семейств элементов;

– вести проектирование территориально отдаленными коллективами;

– отслеживать внесение изменений и посредством координирования, оперативно устранять пространственные коллизии до реализации модели на строительной площадке.

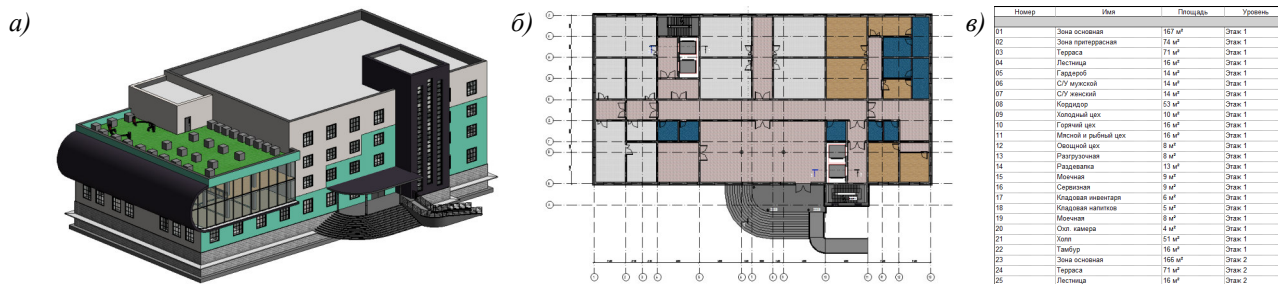


Рис. 4. Вывод необходимой документации из единой модели здания:
 а – информационная модель; б – план типового этажа; в – спецификация помещений

При классической схеме разработки документации основным разработчиком документации является проектировщик отдельной специализации. Применение ТИМ в строительной организации основывается на другой модели, первым звеном команды является разработчик семейств различных элементов здания, проектировщик же собирает имеющиеся семейства в единую модель

конкретного раздела, которую вместе с другими моделями соединяет ТИМ-координатор, находя несоответствия и пересечения элементов различных разделов. Управляет всем процессом создания модели ТИМ-менеджер посредством системы облачных данных. Схема управления и взаимодействия проектной организации с помощью ТИМ представлена на рис. 5.



Рис. 5. Схема управления команды при разработке проектной документации с помощью ТИМ-моделирования

Инструментов для создания информационной модели проектирования достаточно много. Среди них можно выделить наиболее распространенные на российском рынке Autodesk Revit, Renga Software, Tekla Structures, ПК САПФИР, ANSYS, ABAQUS, Navisworks, Synchro Pro, 1С ЕРR и другие [35-37]. Однако нет таких, которые бы охватили весь процесс разработки проектной документации. Что бы облегчить взаимодействие различных программ между собой, был создан единый формат данных IFC.

Заводы-изготовители строительных конструкций и изделий переходят на качественно новый этап производства продукции. К примеру, заводы железобетонных изделий и крупнопанельного домостроения оснащены конвейерными технологиями горизонтального производства плоских изделий. Из конструктивной информационной модели стеновой панели в программе для станков с числовым программным управлением генерируются технологические карты и суточные задания на производство конкретных панелей (рис. 6).

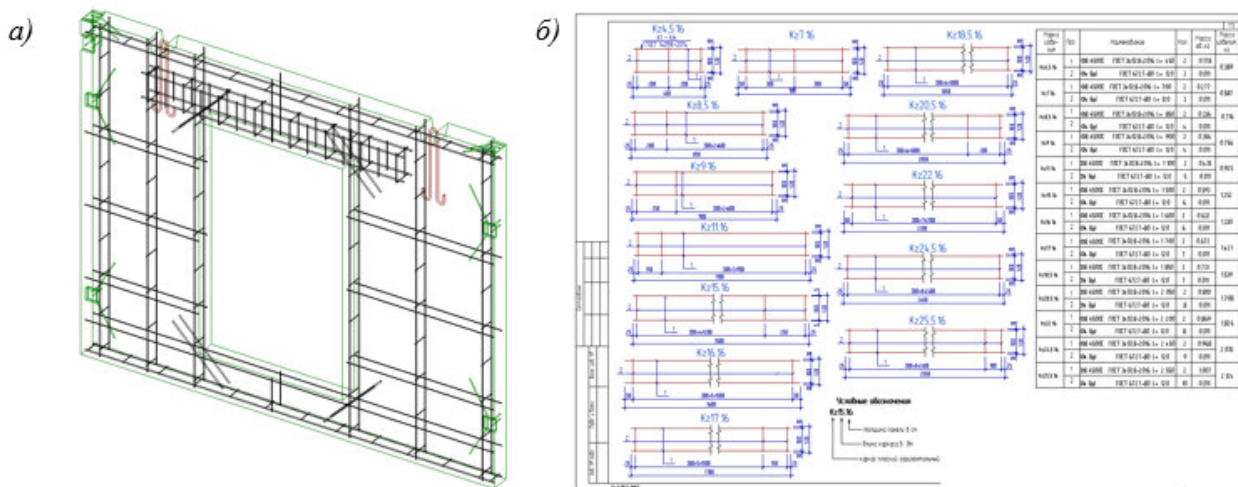


Рис. 6. Конструктивная информационная модель стеновой железобетонной панели:
а – 3D-вид, б – сборочный чертеж

Установка бортоснастки на поддоны, разметка мест проеомообразователей, монтажных петель, закладных деталей и скрытой электропро-

водки выполняется на основе информации габаритных размеров модели и открытой библиотекой типовых арматурных элементов, узлов соединений и закладных деталей (рис. 7).

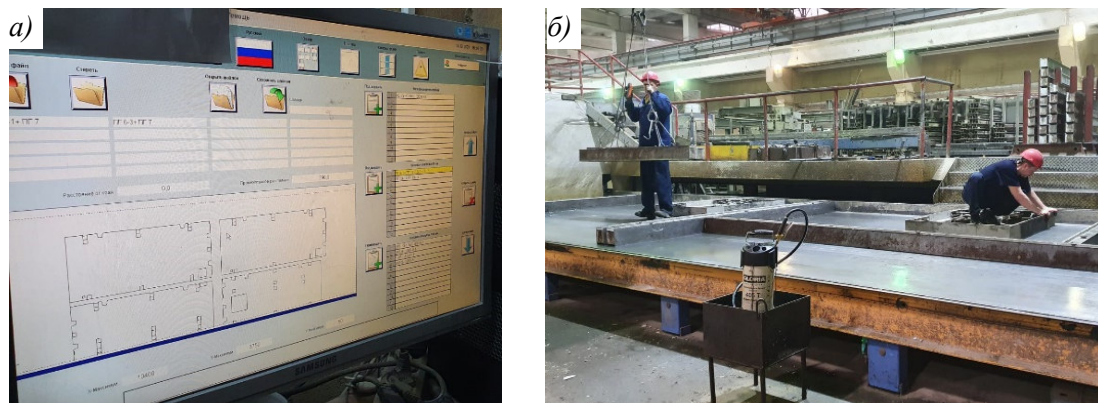


Рис. 7. Производство стеновых панелей:

а – заданная схема для бетононасоса, *б* – процесс укладки проеомообразователей

Сборка арматурных каркасов из отдельных стержней различных классов и диаметров, работа автоматизированного бетоноукладчика выполняются в строгом соответствии со спецификациями на конкретное изделие. Это позволяет снизить отходы производства, за счёт понимания точного количества арматуры на производство каких именно каркасов необходимо сделать в данный промежуток времени (рис. 8).

После выполнения суточной программы производства и отгрузки изделий на строительную площадку все необходимые данные передаются в программу 1С ЕРР, которая учитывает уменьшение складских запасов материалов и прогнозирует сроки необходимого пополнения расходуемых материалов (цемент, песок, щебень, арматура и др.).

В наименьшей степени процессы цифровизации затронули производство строительных работ. При приемке грузов на строительную площадку паспорта и сертификаты от поставщиков зачастую не приходят сразу с материалом, производители работ фиксируют выполнение работ в записных книжках, задачи работникам выдаются по месту. Позже вручную заполняются журналы работ и акты освидетельствования скрытых работ, тратится много времени и сил. Исполнительная документация преимущественно выполняется вручную, по этапам выполнения работ, в результате чего изменения от проекта, возникшие в процессе производства работ, попадают к проектной организации значительно позже в бумажном виде. Грамотная и поэтапная цифровизация всех процессов, выполняемых на строительной площадке, позволит ликвидировать данные проблемы.



Рис. 8. Разрезка стержней на станке с числовым программным управлением для арматурных каркасов

Задачи при управлении на строительной площадке, которые может решить цифровизация строительных процессов:

- контроль доставки и складирования грузов на строительной площадке;
- контроль движения исполнителей и машин по объекту строительства с помощью датчиков передачи геоданных;
- контроль сроков, объемов и качества строительства [38];
- ведение исполнительной документации в электронном виде;
- автоматизированный строительный контроль с помощью VR-технологий;
- дистанционная диагностика машин и механизмов;
- дистанционное обслуживание инженерного оборудования здания;

– переход от продажи к сервисной модели, согласно которой оплачивается результат работы и фактическое использование строительного оборудования и техники.

Мобильные технологии изменили строительную индустрию несколькими способами. Для строительных подрядчиков одним из самых главных удобств является улучшение управления проектами. Используя смартфоны и планшеты, все заинтересованные стороны могут работать вместе, используя одни и те же консолидированные источники информации, гарантируя, что никто не останется в стороне, независимо от того, где они находятся. На сегодняшний момент существуют разработки программных продуктов, упрощающих процесс производства работ (рис. 9).

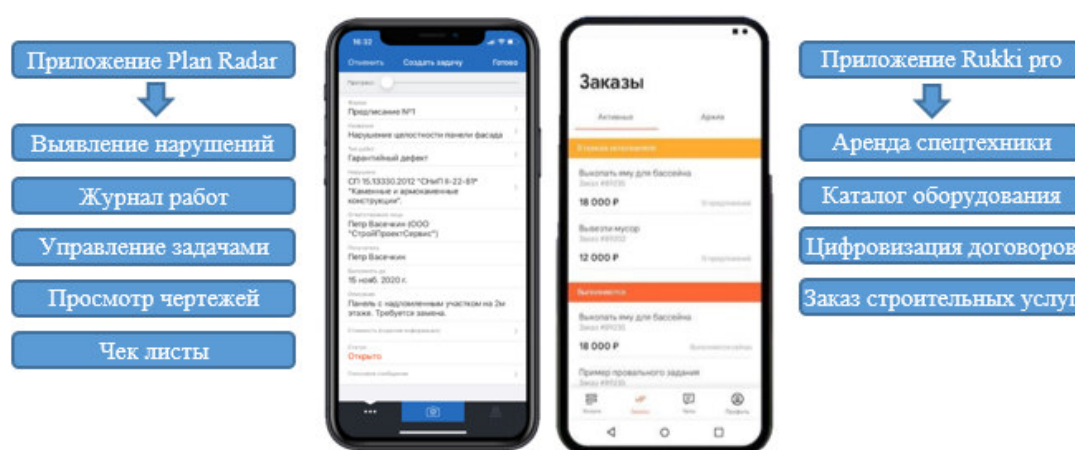


Рис. 9. Приложения для ведения строительных работ на строительной площадке

Пример такого продукта – приложение Plan Radar, с которым производитель работ, не присутствуя на участке, с помощью мобильного устройства может в любой момент отобразить актуальные рабочие чертежи, вести журнал работ с чек-листами, поставить задачу рабочему в виде метки на плане с комментариями и фотографиями. Мобильный сервис Rukki pro предоставляет возможность аренды спецтехники и оборудования, а также выполнения логистических услуг и некоторых видов строительных работ.

Выводы. Цифровая трансформация является необходимым шагом для устойчивого развития экономики и строительной отрасли. Анализ существующих проблем, препятствующих развитию цифровых технологий показал неосведомленность участников строительного процесса о сущности и эффективности проведения цифровизации и о правильном взаимодействии на различных уровнях управления объектами капитального строительства.

Применение современных цифровых технологий, таких как ТИМ, 3D-печать, интернет вещей, дополненная и виртуальная реальность, робототехника на стадиях проектирования и строительства позволит ускорить возведение, уменьшить трудовые и материальные затраты на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов. При этом правильное взаимодействие участников строительного процесса на различных уровнях управления позволит достичь синергетического эффекта от цифровой трансформации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента РФ № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы». Сборник законодательства Российской Федерации, № 20. 2017. 2901 с.
2. Dixit S., Mandal S.N., Sawhney A., Singh S. Relationship between skill development and

- productivity in construction sector: a literature review // *Int. J. Civ. Eng. Technol.* 2017. Vol. 8 (8) Pp. 649–665. doi:10.1007/978-3-030-42351-3_36
3. Борисова Л. А., Абидов М. Х. Проблемы цифровизации строительной отрасли // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2019. № 3. С. 53–58.
4. Gerrish T., Ruikar K., Cook M., Johnson M., Phillip M., Lowry C., BIM application to building energy performance visualisation and management: challenges and potential // *Energy Build.* 2017. Vol. 144. Pp. 218–228. doi:10.1016/j.enbuild.2017.03.032
5. Anton L.A., Diaz J., Integration of life cycle assessment in a BIM environment // *Procedia Eng.* 2014. Vol. 85. Pp. 26–32. doi:10.1016/j.proeng.2014.10.525
6. Durdyev S., Mbachu J., Thurnell D., Zhao L., Hosseini M.R., BIM adoption in the Cambodian construction industry: key drivers and barriers // *ISPRS Int. J. GeoInf.* 2021. Vol. 10. 215. doi:https://doi.org/10.3390/ijgi10040215
7. Танько В.Д., Калинина Д.А., Савина В.А. Тенденции цифровизации в строительной сфере // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2(127). С. 184–187. doi:10.34925/EIP.2021.127.2.033.
8. Ahmed S. Barriers to implementation of building information modeling (BIM) to the construction industry: a review // *J. Civil Eng. Construct.* 2018. Vol. 7. Pp. 107–113. doi:10.32732/jces.2018.7.2.107
9. Jang R., Collinge W., Improving BIM asset and facilities management processes: a Mechanical and Electrical (M&E) contractor perspective // *J. Build. Eng.* 2020. Vol. 32. 101540. doi:10.1016/j.job.2020.101540
10. Sun C., Jiang S., Skibniewski M.J., Man Q., Shen L., A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry // *Technol. Econ. Dev. Econ.* 2017. Vol. 23. Pp. 764–779. doi:10.3846/20294913.2015.1087071
11. Ghaffarianhoseini A., Tookey J., Ghaffarianhoseini A., Naismith N., Azhar S., Efimova O., Raahemifar K. Building Information Modelling (BIM) uptake: clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Vol. 75. Pp. 1046–1053. doi:10.1016/j.rser.2016.11.083
12. Сыроваткина Т.Н. Цифровизация воспроизводственной инфраструктуры экономики строительства // *Фундаментальные исследования.* 2020. № 4. С. 104–108. doi:10.17513/fr.42732
13. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В. Реализация учетной политики в строительстве с использованием цифровых технологий // В сб.: Технологии информационного моделирования. Жизненный цикл объекта. М.: Изд-во МГСУ, 2021. С. 5–16.
14. Rafsanjani H., Nabizadeh A.H. Towards Digital Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry through Virtual Design and Construction (VDC) and Digital Twin // *Energy and Built Environment.* 2021. Vol. 2.
15. Каракозова И.В., Малыха Г.Г., Куликова Е.Н., Павлов А.С., Панин А.С. Организационное сопровождение BIM-технологий // *Вестник МГСУ.* 2019. Т. 14. №12. С. 1628–1637. doi:10.22227/1997-0935.2019.12. 1628-1637
16. Итоги опросов проектировщиков и изыскателей по использованию BIM-технологий // Единый ресурс застройщика. 2019 [Эл. ресурс]. URL: <https://erzrf.ru/news/itogi-oprosov-proyektirovshchikov-i-izyskateley-po-ispolzovaniyu-bim-tekhnologiy?regions=> (дата обращения: 10.11.2021).
17. Lee D., Kim H., Sim J., Lee D., Cho H., Hong D. Trends in 3D Printing Technology for Construction Automation Using Text Mining // *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 2019. Vol. 20. P. 871–882. doi: 10.1007/s12541-019-00117-w
18. Classen M., Ungermann, J., Sharma R. Additive Manufacturing of Reinforced Concrete –Development of a 3D Printing Technology for Cementitious Composites with Metallic Reinforcement // *Appl. Sci.* 2020. No 10. Pp. 3791. doi:10.3390/app10113791
19. Колчин В.Н. Специфика применения технологии "интернет вещей" в строительстве // *Инновации и инвестиции.* 2017. № 5. С. 19–22.
20. Paul S., Naik B., Kumar Bagal D. Enabling technologies of IoT and challenges in various field of construction industry in the 5G Era: A review // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2020. Vol. 970(1). P. 012019. doi:10.1088/1757- 899X/970/1/012019
21. Nassereddine H., Hanna A., Veeramani D. Exploring the current and future states of augmented reality in the construction industry // *International Conference on Construction in the 21st Century.* 2019. Pp. 185–189. doi:10.1007/978-3-030-48465-1_31
22. Тускаева З.Р., Албегов З.В. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // *Инженерный вестник Дона.* 2021. № 2(74). С. 371–384.
23. Reinhardt D., Haeusler M.H., London K., Loke L., Feng Y., Barata E.D.O. Investigating the potential of collaborative robotics for subject matter experts // *International Journal of Architectural Computing.* 2020. Vol. 18(4). Pp. 353–370. doi: 10.1177/1478077120948742

24. Долгополов Д.В. Возможности использования беспилотных авиационных систем для контроля соответствия результатов строительства площадных объектов трубопроводного транспорта проектным решениям // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2020. Т. 25. № 4. С. 85–95. doi:10.33764/2411-1759-2020-25-4-85-95

25. Парсонс Т. Система современных обществ: пер. с англ. Л.А. Седова, А.Д. Ковалева. М.: Аспект-Пресс, 1997. 271 с.

26. Талапов В.В. Информационная модель – основа «умного города» // САПР и графика. Москва. 2018. № 11. С. 4–7.

27. Tallgren M.V., Roupé M., Johansson M. 4D modelling using virtual collaborative planning and scheduling // Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2020. Vol. 26. Pp. 763–782. doi:10.36680/j.itcon.2021.042

28. Талапов В. Роль технического заказчика в организации процесса информационного моделирования // САПР и графика. 2019. № 11(277). С. 4–12.

29. Бенклян С., Рогачёв И., Зобнин М., Баранник С., Миронюк В., Белец В. Руководство по информационному моделированию инфраструктурных объектов и формированию стандарта проектной организации с применением решений компании Autodesk. М. 2019. 201 с.

30. Chen Y.-R.H., Tserng P. An Integrated Methodology for Construction BIM & ERP by Using UML Tool // 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 2017. 6.

31. Гришина Н.М., Мицко Д.И. Разработка и внедрение BIM-стандарта: исследование методов управления в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3(41). С. 266–276.

32. Вайсман С.М., Байбурин А.Х. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Т. 16. № 4. С. 21–28. doi:10.14529/build160404

33. Гускаева З.Р., Албегов З.В. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // Инженерный вестник Дона. 2021. № 2(74). С. 371–384.

34. Познахирко Т.Ю., Топчий Д.В. Особенности внедрения BIM в процесс разработки проектной документации // Строительное производство. 2020. № 1. С. 69–72.

35. Shick Alshabab M., Petrichenko M., Vysotskiy A., Khalil T. BIM-Based Quantity Take-off in Autodesk Revit and Navisworks Manage // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 70. Pp. 413–421. doi: 10.1007/978-3-030-42351-3_36

36. Задорожная А.В., Трофимова В.М., Аксенов Н.Б. Особенности использования BIM технологий при расчёте железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2019. № 7(58). С. 18.

37. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Техническое нормирование рабочих процессов в строительстве на основе пространственно-временного моделирования // Magazine of Civil Engineering. 2017. No 8(76). Pp. 84–97. doi:10.18720/MCE.76.8

38. Оцоков К.А. Инновационные технологии в строительстве и их использование в организационно-технологических мероприятиях // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 1. С. 7–13. doi:10.34031/2618-7183-2020-3-1-7-13

Информация об авторах

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и городского хозяйства. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сапожников Павел Владимирович, кандидат технических наук, директор ООО «ГК ЭкспертПроектСтрой». E-mail: info@expertps.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308000, г. Белгород, Харьковский пер., д. 36Г

Кривчиков Андрей Николаевич, директор ООО «ПУ-ЖБК-1». Россия, 308017, г. Белгород, ул. Кооперативная, д. 6.

Поступила 23.11.2021 г.

© Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н., 2022

^{1,*}*Suleymanova L.A.*, ²*Sapozhnikov P.V.*, ³*Krivchikov A.N.*
¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova
²ООО «GC Expertproektstroy»
³ООО "PU-ZHBK-1"
 *E-mail: kafedrasigsh@mail.ru

DIGITALIZATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY AS IT-STRUCTURING OF THE PROCESS MANAGEMENT PYRAMID

Abstract. *The article considers the issue of implementation of digitalization processes in the construction industry within the framework of the state program "Digital Economy of the Russian Federation". Analysis of the current development of digitalization has shown the need for interaction of all participants in the management of capital construction facilities. At the level of government authorities, the transition to digitalization is carried out through electronic document management and the issuance of permits for construction in electronic form. The customer must see the current state of affairs at each stage of construction through the digitalization of design and construction works. The general contractor is interested in monitoring the work of contractors and reducing material costs. By developing a single digital information model of a building, the design organization simplifies the processes of creating drawings, specifications and correcting errors of related departments. At the level of work on the construction site, digitalization processes are least developed. Digitalization of the production of works will speed up the processes of controlling the delivery of goods, the work of performers and mechanisms, will facilitate the maintenance of work logs and executive documentation. As a result, digitalization of each construction process will lead to improved interaction of participants, as well as to the effect of "synergy".*

Keywords: *digitalization, information modeling technology (IMT), capital construction object.*

REFERENCES

1. Presidential Decree No. 203 "On the Strategy for the Development of Information Society in the Russian Federation for 2017-2030" [Ukaz Prezidenta RF № 203 «O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017-2030 gody»]. Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. 2017. No. 20. 2901 p. (rus)
2. Dixit S., Mandal S.N., Sawhney A., Singh S. Relationship between skill development and productivity in construction sector: a literature review. *Int. J. Civ. Eng. Technol.* 2017. Vol. 8 (8) Pp. 649–665. doi:10.1007/978-3-030-42351-3_36
3. Borisova, L. A., Abidov M. H. Problems of digitalization of the construction industry [Problemy cifrovizacii stroitel'noj otrasli] UEPS: upravlenie, ekonomika, politika, sociologiya. 2019. No. 3. Pp. 53–58. (rus)
4. Gerrish T., Ruikar K., Cook M., Johnson M., Phillip M., Lowry C., BIM application to building energy performance visualisation and management: challenges and potential. *Energy Build.* 2017. Vol. 144. Pp. 218–228. doi:10.1016/j.enbuild.2017.03.032
5. Anton L.A., Diaz J., Integration of life cycle assessment in a BIM environment. *Procedia Eng.* 2014. Vol. 85. Pp. 26–32. doi:10.1016/j.proeng.2014.10.525
6. Durdyev S., Mbachu J., Thurnell D., Zhao L., Hosseini M.R., BIM adoption in the Cambodian construction industry: key drivers and barriers. *IS-PRS Int. J. GeoInf.* 2021. Vol. 10. 215. doi:10.3390/ijgi10040215
7. Tanko V.D., Kalinina D.A., Savina V.A. Trends of digitalization in the construction sphere [Tendencii cifrovizacii v stroitel'noj sfere]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo.* 2021. No. 2(127). Pp. 184–187. doi:10.34925/EIP.2021.127.2.033 (rus)
8. Ahmed S. Barriers to implementation of building information modeling (BIM) to the construction industry: a review. *J. Civil Eng. Construct.* 2018. Vol. 7. Pp. 107–113. doi:10.32732/jcec.2018.7.2.107
9. Jang R., Collinge W. Improving BIM asset and facilities management processes: a Mechanical and Electrical (M&E) contractor perspective. *J. Build. Eng.* 2020. Vol. 32. P. 101540. doi:10.1016/j.jobe.2020.101540
10. Sun C., Jiang S., Skibniewski M.J., Man Q., Shen L., A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. *Technol. Econ. Dev. Econ.* 2017. Vol. 23. Pp. 764–779. doi:10.3846/20294913.2015.1087071
11. Ghaffarianhoseini A., Tookey J., Ghaffarianhoseini A., Naismith N., Azhar S., Efimova O., Raahemifar K. Building Information Modelling (BIM) uptake: clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Vol. 75. Pp. 1046–1053. doi: 10.1016/j.rser.2016.11.083

12. Syrovatkina T.N. Digitalization of the Reproductive Infrastructure of the Economy of Construction [Cifrovizaciya vosproizvodstvennoj infrastruktury ekonomiki stroitel'stva]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2020. No. 4. Pp. 104–108. doi:10.17513/fr.42732 (rus)
13. Suleimanova L.A., Sapozhnikov P.V. Realization of accounting policy in construction using digital technologies [Realizaciya uchetoj politiki v stroitel'stve s ispol'zovaniem cifrovyyh tekhnologij]. *Tekhnologii informacionnogo modelirovaniya. ZHiznennyj cikl ob'ekta*. Moscow: MSCU Publishing House, 2021. Pp. 5–16. (rus)
14. Rafsanjani H., Nabizadeh A.H. Towards Digital Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry through Virtual Design and Construction (VDC) and Digital Twin. *Energy and Built Environment*. 2021. Vol. 2.
15. Karakozova I.V., Malyha G.G., Kulikova E.N., Pavlov A.S., Panin A.S. Organizational support of BIM-technologies [Organizacionnoe soprovozhdenie BIM-tekhnologij]. *Bulletin of MSCU*. 2019. Vol. 14. No.12. P. 1628–1637. doi:10.22227/1997-0935.2019.12. Pp. 1628–1637. (rus)
16. The results of surveys of designers and surveyors on the use of BIM-technologies [Itogi oprosov proektirovshchikov i izyskatelej po ispol'zovaniyu BIM-tekhnologij]. *Edinyj resurs zastrojshchika*. 2019. URL: <https://erzrf.ru/news/itogi-oprosov--proektirovshchikov-i-izyskatelej-po-ispolzovaniyu-bim-tekhnologiy?regions=> (date of access: 10.11.2021). (rus)
17. Lee D., Kim H., Sim J., Lee D., Cho H., Hong D. Trends in 3D Printing Technology for Construction Automation Using Text Mining. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 2019. Vol. 20. Pp. 871–882. doi:10.1007/s12541-019-00117-w
18. Classen M.; Ungermann J.; Sharma, R. Additive Manufacturing of Reinforced Concrete-Development of a 3D Printing Technology for Cementitious Composites with Metallic Reinforcement. *Appl. Sci.* 2020. 10. 3791. doi:10.3390/app10113791
19. Kolchin V.N. Specificity of Application of the "Internet of Things" Technology in Construction [Specifika primeneniya tekhnologii "internet veshchej" v stroitel'stve]. *Innovacii i investicii*. 2017. No. 5. Pp. 19–22. (rus)
20. Paul S., Naik B., Kumar Bagal D. Enabling technologies of IoT and challenges in various field of construction industry in the 5G Era: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 970(1). 012019. doi:10.1088/1757-899X/970/1/012019
21. Nassereddine H., Hanna A., Veeramani D. Exploring the current and future states of augmented reality in the construction industry. *International Conference on Construction in the 21st Century*. 2019. Pp. 185–189. doi:10.1007/978-3-030-48465-1_31
22. Tuskaeva Z.R., Albegov Z.V. Implementation of construction control using building information modeling and virtual reality technologies [Osushchestvlenie stroitel'nogo kontrolya s primeneniem tekhnologij informacionnogo modelirovaniya zdaniy i virtual'noj real'nosti]. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2021. No. 2(74). Pp. 371–384. (rus)
23. Reinhardt D., Haeusler M.H., London K., Loke L., Feng Y., Barata E.D.O. Investigating the potential of collaborative robotics for subject matter experts. *International Journal of Architectural Computing*. 2020. Vol. 18(4). Pp. 353–370. doi:10.1177/1478077120948742
24. Dolgoplov D.V. Possibilities of using unmanned aerial systems to control the compliance of the results of construction of pipeline transport sites with the design solutions [Vozmozhnosti ispol'zovaniya bespilotnyh aviacionnyh sistem dlya kontrolya sootvetstviya rezul'tatov stroitel'stva ploshchadnyh ob'ektov truboprovodnogo transporta proektnym resheniyam]. *Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technology*. 2020. Vol. 25. No. 4. Pp. 85–95. doi:10.33764/2411-1759-2020-25-4-85-95 (rus)
25. Parsons T. The system of modern societies [Sistema sovremennyh obshchestv]: translated from English by L.A. Sedova, A.D. Kovaleva. M.: Aspect-Press, 1997. 271 p.(rus)
26. Talapov V.V. Information model - the basis of "smart city" [Informacionnaya model' – osnova «umnogo goroda»]. *SAPR i grafika*. Moskva. 2018. No. 11. P. 4–7. (rus)
27. Tallgren M.V., Roupé M., Johansson M. 4D modelling using virtual collaborative planning and scheduling. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2020. Vol. 26. Pp. 763–782. doi:10.36680/j.itcon.2021.042
28. Talapov V. The role of the technical customer in organizing the process of information modeling [Rol' tekhnicheskogo zakazchika v organizacii processa informacionnogo modelirovaniya]. *SAPR i grafika*. 2019. No. 11(277). Pp. 4–12. (rus)
29. Benklian S., Rogachev I., Zobnin M., Barannik S., Mironyuk V., Belets V. Guidelines for information modeling of infrastructure facilities and the formation of the standard of the design organization using Autodesk solutions [Rukovodstvo po informacionnomu modelirovaniyu infrastruktury ob'ektov i formirovaniyu standarta proektnoj organizacii s primeneniem reshenij kompanii Autodesk]. M. 2019. 201 p. (rus)
30. Chen Y.-R.H., Tserng P. An Integrated Methodology for Construction BIM & ERP by Using

UML Tool. 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 2017. 6.

31. Grishina N.M., Mitsko D.I. Development and implementation of BIM-standard: study of management methods in construction [Razrabotka i vnedrenie BIM-standarta: issledovanie metodov upravleniya v stroitel'stve]. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2017. No 3(41). Pp. 266–276. (rus)

32. Vaisman S.M., Bayburin A.Kh. Development of organizational and technological solutions in construction using information modeling technologies (TIM) [Razrabotka organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij v stroitel'stve s ispol'zovaniem tekhnologij informacionnogo modelirovaniya (TIM)]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. 2016. Vol. 16. No. 4. Pp. 21–28. doi:10.14529/build160404 (rus)

33. Tuskaeva Z.R., Albegov Z.V. Construction Control Using Building Information Modeling and Virtual Reality Technologies [Osushchestvlenie stroitel'nogo kontrolya s primeneniem tekhnologij informacionnogo modelirovaniya zdaniy i virtual'noj real'nosti]. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. No. 2(74). Pp. 371–384. (rus)

34. Poznahirko T., Topchiy D.V. Features of the introduction of BIM in the development of design

documentation [Osobennosti vnedreniya BIM v process razrabotki proektnoj dokumentacii]. Construction Production. 2020. No. 1. P. 69–72. (rus)

35. Shick Alshabab M., Petrichenko M., Vysotskiy A., Khalil T. BIM-Based Quantity Take-off in Autodesk Revit and Navisworks Manage. Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 70. Pp. 413–421. doi:10.1007/978-3-030-42351-3_36

36. Zadorozhnaya A.V., Trofimova V.M., Aksenov N.B. Features of using BIM technologies in the calculation of reinforced concrete structures [Osobennosti ispol'zovaniya BIM tekhnologij pri raschyote zhelezobetonnykh konstrukcij]. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. No. 7(58). Pp. 18. (rus)

37. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Technical rationing of work processes in construction based on spatial and temporal modeling [Tekhnicheskoe normirovanie rabochih processov v stroitel'stve na osnove prostranstvenno-vremennogo modelirovaniya]. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 8 (76). Pp. 84–97. doi:10.18720/MCE.76.8 (rus)

38. Otsokov K.A. Innovative technologies in construction and their use in organizational and technological measures [Innovacionnyye tekhnologii v stroitel'stve i ih ispol'zovanie v organizacionno-tekhnologicheskikh meropriyatiyah]. Building Materials and Products. 2020. Vol. 3. No. 1. Pp. 7–13. doi:10.34031/2618-7183-2020-3-1-7-13 (rus)

Information about the authors

Suleymanova, Lyudmila A. DSc, Professor. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sapozhnikov, Pavel V. PhD, Director of GK ExpertProjectStroy LLC. E-mail: info@expertps.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308000, Belgorod, Kharkovskiy lane, 36G

Krivchikov, Andrey N. Director of OOO "PU-ZHBK-1", Russia, 308017, Belgorod, st.. Cooperative, 6

Received 23.11.2021

Для цитирования:

Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24

For citation:

Suleymanova L.A., Sapozhnikov P.V., Krivchikov A.N. Digitalization of the construction industry as it-structuring of the process management pyramid. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 4. Pp. 12–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24