

УДК 528.48:004

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-48-58>

## Проблемы цифровизации инженерных изысканий: подходы к их решению

А. В. Комиссаров<sup>1✉</sup>, Т. А. Хлебникова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

e-mail: a.v.komissarov@sgugit.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу степени цифровизации инженерных изысканий и рассматривает новые подходы и решения, которые появляются в этой сфере. Изложены существующие проблемы при сборе исходных данных и выполнении инженерных изысканий, указываются недостатки нормативных документов. Отражены ключевые направления совершенствования выполнения инженерных изысканий, такие как внедрение беспилотных летательных аппаратов, 3D-моделирования, технологий информационного моделирования (ТИМ) и больших данных. Особое внимание уделяется вопросам оптимизации сбора и обработки данных, автоматизации процессов, а также необходимости ведения региональных фондов данных. В заключении изложены проблемы, связанные с внедрением цифровых технологий, такие как необходимость адаптации существующих нормативных документов, вопросы информационной безопасности и квалификации специалистов, даны рекомендации по дальнейшему развитию инженерных изысканий в условиях цифровой трансформации.

**Ключевые слова:** инженерные изыскания, цифровизация, беспилотные воздушные суда, 3D-моделирование, большие данные

### Для цитирования:

Комиссаров А. В., Хлебникова Т. А. Проблемы цифровизации инженерных изысканий: подходы к их решению. *Вестник СГУГиТ*. 2025. Т. 30, № 6. С. 48–58. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-48-58>

## Challenges and solutions in digitalizing engineering surveys

A. V. Komissarov<sup>1✉</sup>, T. A. Khlebnikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: a.v.komissarov@sgugit.ru

**Abstract.** The study examines the extent of digitalization in engineering surveys and explores emerging approaches and solutions in the field. Existing challenges in initial data collection and survey execution are identified, alongside deficiencies in current regulatory frameworks. Key improvement strategies are outlined, including the integration of unmanned aerial vehicles, 3D modeling, TIM, and big data analytics. Particular emphasis is placed on optimizing data acquisition and processing, workflow automation, and establishing regional data repositories. Implemen-

tation barriers to digital technologies are addressed, such as adapting regulatory standards, ensuring information security, and upskilling personnel. Recommendations for advancing engineering surveys amid digital transformation are provided.

**Keywords:** engineering surveys, digitalization, UAV, 3D modeling, big data

**For citation:**

Komissarov A. V., Khlebnikova T. A. (2025). Challenges and solutions in digitalizing engineering surveys. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 30, No. 6. pp. 48–58. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-48-58>

**Введение**

Цифровизация в экономической среде меняет привычные и внедряет новые способы организации хозяйственной деятельности и управления экономическими процессами на основе компьютерных и интеллектуальных технологий [1–6].

Цифровизацией называется процесс внедрения организациями в работу цифровых технологий, систем и сервисов, которые позволяют создавать гибкие условия и помогают сотрудникам эффективнее выполнять задачи и анализировать данные.

На основании приведенного определения следует сформулировать следующие основные принципы цифровизации:

– системность – внедряемые цифровые технологии в различные области инженерных изысканий (полевые, камеральные, лабораторные, подготовка отчетных материалов) должны интегрироваться в имеющуюся систему и направленные на автоматизацию процессы;

– эффективность – внедряемые цифровые технологии должны значительно повышать качество и/или скорость выполнения технологических операций;

– адаптивность – обеспечивать приспособляемость цифровых решений к специфике новых задач при развитии реального сектора экономики;

– динамичность, предполагающая, что внедряемые цифровые технологии должны предусматривать возможность совершенствования с учетом требований реального

сектора экономики и прогресса технических средств;

– масштабируемость – предполагает разработку цифровых решений на отдельных объектах или задачах и расширение их на все изыскательское предприятие;

– унификация и стандартизация – предполагает развитие нормативно-правовой базы, которая будет регламентировать единые нормы и правила между изыскательскими организациями, потребителями их продукции и фондодержателями материалов изысканий.

Однако инженерные изыскания, как и строительная отрасль в целом, являются той областью, куда современные цифровые технологии и цифровые платформы внедряются очень медленно [7]. Причина слабости цифровизации заключается в неготовности самих специалистов переходить на новые технологии и отсутствии законодательной базы по их внедрению. Это создает огромное количество проблем и затрудняет полноценную интеграцию полученной информации в единую цифровую среду объекта и/или территории – технологии информационного моделирования.

В настоящее время инженерные изыскания выполняются по технологической схеме, представленной на рис. 1.

Как показывает анализ рис. 1 и различных статей [2–7], в области инженерных изысканий сейчас очень слабая автоматизация бизнес-процессов, однако вся отрасль хорошо подчиняется стандартизации (СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»), (СП 11-102-97 «Инже-

нерно-экологические изыскания для строительства»), (СП 11-103–97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства»), (СП 11-104–97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»), (СП 11-105–97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»), (СП 317.1325800.2017 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»), (СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»), а, следо-

вательно, бизнес-процессы хорошо поддаются автоматизации. В настоящее время практически с нуля запускается каждый процесс на конкретном объекте производства инженерных изысканий. Кроме этого, в большинстве случаев даже сбор исходных данных выполняется самостоятельно для каждого вида изысканий, но при этом в качестве данных для всех видов изысканий используются карты масштабов 1 : 10 000–1 : 100 000, космические снимки высокого и сверхвысокого разрешения.



Рис. 1. Технологическая схема выполнения инженерных изысканий

Вторым сдерживающим фактором является большое количество ручного труда, начиная от ведения полевых журналов и заканчивая подготовкой отчета. Все это приводит к значительным временным затратам как на подготовку документации, так и на дальнейшее исправление ошибок в ходе прохождения экспертизы или корректировки проектных решений: необхо-

димо заново строить профили, наносить геологические данные, уровни высоких вод, отображать размытые берегов и т. д. В настоящий момент большей частью внедрены компьютерные технологии (делается на компьютере вручную), но при этом нет должной автоматизации процессов, которая в первую очередь возможна с внедрением цифровых технологий.

Третьей проблемой цифровизации изысканий является отсутствие общепринятых стандартов передачи данных; особенно это касается геологических, гидрометеорологических и экологических изысканий. При этом наличие таких стандартов или обменных форматов позволило бы значительно упростить в том числе и обмен данными между изыскателями и проектировщиками.

Например, в настоящее время созданные региональные и муниципальные фонды пространственных данных в части материалов топографических съемок ведутся либо в растровом виде, либо в среде САПР или ГИС попланшетно, т. е. один планшет – один файл или один набор слоев. При этом в векторной форме иногда даже – один объект может состоять из нескольких векторных объектов, не объединенных между собой. Такой подход к ведению фондов вызван необходимостью постоянной актуализации данных и изложенные формы годятся для этого лучше всего. Поскольку изыскатели получают материалы в таком виде (растровом и попланшетно), то они и сдают их в этих же форматах и виде, однако такие данные не способствуют дальнейшим процессам автоматизации проектирования и анализа данных. Решением для ведения фондов является внедрение программного обеспечения «Панорама», которое при определенных условиях доработки может применяться в фондах данных; авторами были проведены подобные эксперименты с получением положительного результата. В этом случае проектировщики не могут работать непосредственно с данными из программного обеспечения «Панорама», поскольку им наиболее предпочтительно получать данные в продуктах САПР, т. е. нужно разработать корректную процедуру конвертации данных с учетом стиля линий, топологии, корректного отображения семантической информации и т. д.

### ***Методы и материалы***

Объектом исследования является технология выполнения инженерных изысканий и используемые при этом методические приемы. Для формирования результатов и предложений по решению проблем в области инженер-

ных изысканий использовался системный анализ технологических операций при проведении инженерных изысканий, позволивший сформулировать пути решения цифровизации инженерных изысканий.

### ***Обсуждение***

За последнее время в большей степени цифровизации подверглись инженерно-геодезические изыскания, в основном на этапе сбора и обработки информации.

Это вызвано необходимостью сбора информации о территории не только в процессе инженерных изысканий, но и при ведении кадастра, территориального планирования, мониторинга хозяйственной деятельности, инвентаризации и т. д. В результате разнопланового применения топографических данных форматы продукции и требования к ним стали более унифицированы. Кроме этого, при геодезических работах применяется большое количество новых технологий: лазерное сканирование, аэросъемка с беспилотных воздушных судов (БВС), космическая съемка сверхвысокого разрешения, радиолокационная съемка, которые позволяют получать новые виды продукции: трехмерные модели, ортофотопланы, стереомодели, текстурированный массив точек (лазерные отражения, «раскрашенные» в реальные цвета на основе фотографий), фотореалистичные трехмерные модели и т. д. Данные технологии будут оставаться новыми до момента разработки сводов правил и инструкций по их применению с указанием точностных допусков для различных этапов.

В настоящее время получаемые топографические данные используются для различных целей, что привело к их большому количеству (по точности, деятельности, виду представления и т. д.). Необходимость их периодического обновления потребовало хранения и обработки большого объема информации, или, используя сформировавшийся в литературе термин «больших данных». Эта нарастающая проблема стала толчком к автоматизации процессов обработки и использованию интеллектуальных алгоритмов при распознавании объектов, что также способ-

ствуется более высокому уровню цифровизации инженерно-геодезических изысканий.

Вторым важным фактором, способствующим большей цифровизации инженерно-геодезических изысканий, является создание региональных фондов пространственных данных, которые в значительной мере упрощают проведение съемки и поиск подземных ком-

муникаций. Кроме этого, ведение подобных фондов позволяет повысить достоверность материалов изысканий и способствует уменьшению затрат на инженерные изыскания на одной и той же территории. Для этих целей предлагается технологическая схема работы с региональными фондами данных, представленная на рис. 2.



Рис. 2. Принципиальная схема работ региональных фондов данных

Критерий в 35 % принят на основании СП 317.1325800.2017 или 5.1.20 СП 47.13330.2016.

Поскольку основной целью государственной и негосударственной экспертизы материалов инженерных изысканий является проверка только на соответствие нормативным требованиям, то в региональный фонд данных следует передавать только материалы, получившие положительное заключение. Од-

нако при ведении подобных фондов данных встает проблема единых норм, требований, форматов и оформления принимаемых материалов.

Третьим важным фактором большей цифровизации геодезических изысканий являются попытки внедрения BIM-технологий (Building Information Model) или в отечественных стандартах ТИМ.

В различных источниках отмечается, что за рубежом ТИМ применяется в строительной отрасли и способствует достижению следующих преимуществ:

- при строительстве и эксплуатации сократить затраты на 30 % [8];
- уменьшить ошибки при проектировании на 40 % [8];
- сократить сроки реализации проекта на 20 % [8, 9].

В России органы государственной власти обсуждают и принимают решения по внедрению ТИМ в практику. Так, например, Правительством Российской Федерации разработано и принято Постановление № 1431 от 15.09.2020 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». В этом документе даны достаточно подробные методические рекомендации для организаций строительной отрасли при внедрении ТИМ. В нем приведен перечень документов и данных, необходимых и достаточных для внесения в информационную модель, и их формат представления. Постановление определяет, что ответственность за сбор данных лежит на организации-застройщике совместно с техническим заказчиком, а также эксплуатанте объекта. Кроме этого, государственное регулирование в области внедрения ТИМ не ограничивается только указанным документом. Так, до принятия Постановления №1431 от 15.09.2020 Минстрой РФ планировал поэтапный переход на использование ТИМ еще к 2019 г., но ее внедрение в практику был перенесено на 2024 г. в связи с необходимостью более тщательной проработки системы внедрения и использования технологий BIM-моделирования на практике. Также сейчас обсуждается вопрос о синхро-

низации государственных информационных систем (ГИС) и BIM-модели, интеграция которых решает следующие задачи: актуализация ТИМ-модели данными из ГИС и наоборот. Предоставляя реальный контекст существующей среды объекта для планирования, проектирования и строительства, ГИС дополняет BIM данными. Такое объединение позволит выстроить иерархическую структуру от управления территориями до операционного управления и обслуживания здания или сооружения. Дополненная и уточненная таким образом модель может использоваться для улучшения всех операций на объекте и его обслуживания с учетом прилегающих к нему сооружений, а ГИС имеет более полную информацию, что значительно повышает качество принятия решений при управлении территориями [10, 11].

При выполнении всех видов инженерных изысканий основным продуктом является карта фактического материала, дополненная различными материалами (СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»), (СП 11-102–97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства»), (СП 11-103–97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства»), (СП 11-104–97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»), (СП 11-105–97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»), (СП 317.1325800.2017 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»), (СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»). Таким образом, для всех видов изысканий основными являются тематические карты, в основе которых лежат топографические карты [12].

В настоящий момент есть ряд программных продуктов, которые позволяют в комплексе выполнять инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания, например Credo, IndorCAD, Civil и др., которые в значительной мере упрощают выпуск отчетной документации. Однако материалы инженерных изысканий являются основой для проектирования и поэтому создание про-

ектной документации должно выполняться в этих же продуктах, но реалии свидетельствуют о том, что проектировщики также не готовы к новым технологиям.

Основным путем общей цифровизации всех инженерных изысканий является внедрение унифицированных геоинформационных систем, способных поддерживать ТИМ в трехмерном пространстве, и учитывающей структуризацию всех материалов инженерных изысканий, что обеспечит создание комплексной цифровой модели объекта и/или территории, содержащей всю необходимую информацию для выработки проектных решений [13–15].

Преимуществом применения ТИМ в единой среде является интеграция результатов геодезических, геологических, экологических и гидрометеорологических исследований в единую пространственную систему. Это упрощает обработку и анализ информации, а также повышает надежность и точность полученных данных. Кроме этого, применение спроектированных геопространственных моделей (не только просто геометрических моделей, но и топологически корректных и содержащих семантику) в значительной мере позволит упростить переработку отчетной документации при изменении проектных решений как на этапе проектирования, так и на стадии строительства.

Кроме этого, благодаря внедрению единой геопространственной модели появляется возможность автоматизации многих технологических процессов, а при выполнении дополнительных инженерных изысканий или последующих стадий оперативно вносятся изменения в геопространственную модель. Тем самым изменяется проектная модель ключевых показателей, необходимых для проектирования, вследствие чего время на выполнение работ значительно уменьшается, а следовательно расходы снижаются [16–18].

Также внедрение этих технологий позволит автоматизировать ведение полевых журналов, фото- и видеofиксации, протоколирование и анализ лабораторных исследований, обработку цифровых снимков, получаемых с беспилотных авиационных систем, и т. д. К примеру, при определении плодородности

почвы в рамках инженерно-экологических изысканий необходимо определять гранулометрический состав, который также определяется при инженерно-геологических лабораторных исследованиях. Вторым примером может являться следующее: при наличии аэросъемки с помощью БВС ее материалы можно использовать сразу после выполнения так называемого накидного монтажа. Подобная информация бывает востребована при экологических изысканиях, геологических и гидрологии, в частности, трудозатратных рекогносцировочных обследованиях.

Также применение БВС позволяет создавать измерительные стереомодели с точностью порядка 10 см (ГОСТ Р 58854–2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных территорий»), которые значительно упрощали бы процесс рекогносцировки и этап полевого сбора материалов при инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических и инженерно-экологических изысканиях.

Следующим преимуществом внедрения цифровизации с помощью геоинформационных технологий является возможность использования облачных технологий с целью как одновременной обработки данных, так и использования вычислительных и программных ресурсов, предлагаемых различными компаниями.

В то же время внедрение цифровизации инженерных изысканий сопровождается рядом проблем, которые необходимо устранять для успешного внедрения цифровых технологий. Рассмотрим основные из них.

1. Необходимость адаптации существующих нормативных документов. Традиционно используемые нормативные документы и стандарты часто не учитывают специфику применения цифровых технологий, и многие стандарты не адаптированы под применение новых технологий. Это приводит к тому, что новые методы и инструменты не всегда соответствуют установленным требованиям, что затрудняет их легализацию и широкое распространение. Например, использование БВС требует пересмотра правил воздушного пространства и регулирования их применения

в инженерных изысканиях, а также разработки требований к оценке результирующей точности получаемых материалов.

Рекомендации:

- разработка новых стандартов и регламентов, адаптированных к цифровым технологиям;
- проведение консультаций с отраслевыми экспертами и государственными органами для учета всех аспектов применения новых технологий;
- обучение специалистов новым стандартам и правилам.

2. Вопросы информационной безопасности. Цифровизация предполагает значительное увеличение объема данных, передаваемых и хранимых в электронном виде, что создает дополнительные риски утечки конфиденциальной информации, кибератак и несанкционированного доступа. Это особенно актуально для крупных инфраструктурных проектов, где информация имеет стратегическое значение.

Рекомендации:

- внедрение современных систем защиты информации, включая шифрование данных, аутентификацию пользователей и мониторинг сетевой активности;
- регулярное обновление программного обеспечения и операционных систем для устранения уязвимостей;
- повышение осведомленности сотрудников о правилах информационной безопасности и проведение регулярных тренингов.

3. Квалификация специалистов. Переход к цифровым технологиям требует от специа-

листов новых знаний и навыков. Многие инженеры и техники, работающие в традиционных областях, могут испытывать трудности с освоением новых программных продуктов и методик. Это замедляет процесс внедрения инноваций и снижает эффективность работы.

Рекомендации:

- организация курсов повышения квалификации и переподготовки кадров;
- привлечение молодых специалистов, уже обладающих необходимыми навыками работы с цифровыми технологиями;
- создание междисциплинарных команд, включающих экспертов в области ИТ и традиционных инженерных дисциплин;
- дальнейшее развитие инженерных изысканий в условиях цифровой трансформации.

### **Выводы и заключение**

Внедрение цифровых технологий в инженерные изыскания открывает огромные возможности для улучшения качества и скорости выполнения работ. Однако этот процесс сопряжен с определенными вызовами, такими как адаптация нормативных документов, обеспечение информационной безопасности и подготовка квалифицированных специалистов. Решение этих вопросов потребует совместных усилий государства, бизнеса и профессионального сообщества. Следуя рекомендациям, изложенным выше, можно создать условия для успешного перехода к новой эре инженерных изысканий, основанной на передовых цифровых технологиях.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Потапова Е. Г., Потеев П. М., Шклярчук М. С. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить. М. : РАНХиГС, 2021. 184 с.
2. Буров В. В., Петров М. В., Шклярчук М. С., Шаров А. В. Государство как платформа. (Кибер) государство для цифровой экономики. Цифровая трансформация. М. : Центр стратегических разработок, 2018. 52 с.
3. Беспалов В. Е. Экспертное мнение. Что такое цифровое производство? Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности. 2017. № 1. С. 6–15.
4. Официальный сайт Национальные проекты. Проект «Цифровая экономика». URL: <https://xn--80aарамрэмсчhfmo7a3с9ehj.xn--p1ai/projects/tsifrovaya-ekonomika/> (дата обращения 02.02.2025).

5. Официальный сайт Национальной ассоциации нефтегазового сектора. URL: <https://nangs.org/news/it/7-klyuchevyh-tehnologiy-industrii-40-otmashinnogo-obucheniya-do-3d-reshati/> (дата обращения 02.02.2025).
6. Ознамец В. В., Козлова Е. А. Инженерно-геодезические изыскания в условиях цифровой экономик. Материалы XV Общероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», г. Москва, 26 – 29 ноября 2019 г. – С. 536–542.
7. Шарипов Р. Ш., Исавнин А. Г. Влияние цифровой экономики на развитие дорожно-строительной отрасли. *Kant*. 2019. № 2 (31). С. 392–397. DOI 10.24923/2222-243X-2019-31-2-392-397.
8. Кулакова Н. В. Цифровизация дорожно-строительной отрасли как приоритетное направление цифровизации экономики: российские реалии. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. «Социально-экономические и финансовые аспекты развития Российской Федерации и ее регионов в современных условиях», посвящ. 50-летию создания эконом. факультета : сб. материалов (Грозный, 27–28 мая 2022 г.). Грозный : ЧГУ им. А. А. Кадырова, 2022. С. 109–114. DOI 10.36684/62-2022-3-109-114.
9. Васильева Н. В., Бачуринская И. А. Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2018. № 7. С. 39–46.
10. Плотников А. Г., Казиева Б. А., Соломатин А. А. BIM-технологии в строительстве: международный опыт и проблемы внедрения в России. Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участ. «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития» (Вектор-2021) : сб. материалов (Москва, 25 мая 2021 г.). М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. Т. Ч. 4. С. 201–206.
11. Селютина Л. Г., Тимофеев С. В. Анализ зарубежного опыта развития и использования технологий информационного моделирования в строительстве. Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития : сб. науч. ст. по материалам Второй Всерос. научно-практической конференции. – Томск : ТГАСУ, 2015. С. 324–329.
12. Беляев В. Л. Инженерные изыскания для обоснования градостроительного проектирования: проблемы и перспективы системы государственного регулирования. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2020. № 2. С. 3–9. DOI 10.31857/S0869780920020022.
13. Pesotskaya E., Selyutina L., Egorova O. Application of the engineering forecasting method in managing the competitiveness of a construction company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698. P. 077029. DOI 10.1088/1757-899X/698/7/077029.
14. Болдырев Г. Г., Луковкин Д. А., Анохин П. А., Новичков Г. А., Хрянина О. В. Инженерно-геологические исследования с использованием цифровых технологий. *Инженерные изыскания*. 2022. Т. 16, № 3. С. 12–32. DOI 10.25296/1997-8650-2022-16-3-12-32.
15. Флеенко А. С., Демьяненко А. Ф. Разработка методики перехода к технологиям информационного моделирования в инженерных изысканиях (на примере инженерно-экологических изысканий). *Вестник НГУ*. 2021. Т. 19, № 3. С. 70–82. DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-3-70-82.
16. Болдырев Г. Г. Трехмерное моделирование и визуализация данных инженерно-геологических изысканий. Состояние вопроса и практическая реализация. *Инженерные изыскания*. 2022. Т. 16, № 1. С. 8–26. DOI 10.25296/1997-8650-2022-16-1-8-26.
17. Sacks R., Eastman Ch., Lee G., Teicholz P. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Jhon Wiely and Sons. 2018. Vol. 3. P. 659.
18. Болдырев Г. Г., Барвашов В. А., Шейнин В. И., Каширский В. И., Идрисов И. Х., Дивеев А. А. Информационные системы в геотехнике – 3D-геотехника. *Геотехника*. 2019. Т. 11, № 2. С. 6–27. DOI 10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27.

## REFERENCES

1. Potapova, E. G., Poteev, P. M., & Shklyaruk, M. S. (2021). *Digital transformation strategy: write to execute [Strategiya tsifrovoy transformatsii: napisat. chtoby vypolnit]*. Moscow : RANEPА Publ., 184 p. [in Russian].
2. Burov, V. V., Petrov, M. V., Shklyaruk, M. S., & Sharov A. V. (2018). *The state as a platform. (Cyber) the state for the digital economy. Digital Transformation [Gosudarstvo kak platforma. (Kiber) gosudarstvo dlya tsifrovoy ekonomiki. Tsifrovaya transformatsiya]*. Moscow : Center for Strategic Research Publ., 52 p. [in Russian].
3. Bespalov, V. E. (2017). Expert opinion. What is digital production. *Tsifrovoye proizvodstvo: segodnya i zavtra rossiyskoy promyshlennosti [Digital production: today and tomorrow of the Russian industry]*, 1, 6–15 [in Russian].
4. Official website of National Projects. The Digital Economy project from <https://xn--80aapampemchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/tsifrovaya-ekonomika/> (accessed 02.02.2025) [in Russian].
5. Official website of the National Association of the Oil and Gas from <https://nangs.org/news/it/7-klyuchevyh-tehnologiy-industrii-40-otmashinnogo-obucheniya-do-3d-pechati/> (accessed 02.02.2025) [in Russian].
6. Oznamets V. V., Kozlova E. A. (2019). *Engineering and Geodetic Surveys in the Context of a Digital Economy Materialy XV Obshcherossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivy razvitiya inzhenernykh izyskaniy v stroitel'stve v Rossiyskoy Federatsii» [Materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference "Prospects for the development of engineering surveys in construction in the Russian Federation"]* (pp. 536–542), Moscow, November 26–29, 2019.
7. Sharipov R. Sh. (2019). The Impact of the Digital Economy on the Development of the Road Construction Industry. *Kant [Kant]*, 2 (31), 392–397. DOI 10.24923/2222-243X-2019-31-2-392-397 [in Russian].
8. Kulakova N. V. (2022). Digitalization of the road construction industry as a priority area of digitalization of the economy: Russian realities. In *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Sotsialno-ekonomicheskiye i finansovyye aspekty razvitiya Rossiyskoy federatsii i eye regionov v sovremennykh usloviyakh». posvyashchennoy 50-letiyu sozdaniya ekonomicheskogo fakulteta [III All-Russian scientific and practical conference with international participation "Socio-economic and financial aspects of the development of the Russian Federation and its regions in modern conditions", dedicated to the 50th anniversary of the establishment of the Faculty of Economics]* (pp. 109–114). Grozny: Publishing House of the Chechen State University named after A. A. Kadyrov Publ. DOI 10.36684/62-2022-3-109-114 [in Russian].
9. Vasilyeva N. V., Bachurinskaya I. A. (2018). Problematic aspects of digitalization of the construction industry. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]*, 7, 39–46. [in Russian].
10. Plotnikov A. G., Kazieva B. A., & Solomatin A. A. BIM technologies in construction: international experience and problems of implementation in Russia. In *Sbornik Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh issledovateley s mezhdunarodnym uchastiyem «Ekonomika segodnya: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya» (Vektor-2021) [All-Russian scientific conference of young researchers with international participation "Economy today: current state and development prospects" (Vector-2021)]* (pp. 201–206). M. : Kosygin Russian State University Publ. [in Russian].
11. Selyutina L. G., Timofeev S.V. (2015). Analysis of foreign experience in the development and use of information modeling technologies in construction. In *Sbornik nauchnykh statey po materialam Vtoroy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy ekonomiki i upravleniya stroitel'stvom v usloviyakh ekologicheskoy oriyentirovannogo razvitiya" [Problems of economics and construction management in the context of environmentally oriented development. Proceed-*

ings of the All-Russian. scientific and practical conference] (pp. 324–329). Tomsk: TSUAB Publ. [in Russian].

12. Belyaev V. L. *Engineering surveys for substantiating urban planning design: problems and prospects of the state regulation system Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoecology. Engineering Geology. Hydrogeology. Geocryology] (pp. 3–9). 2020, No. 2. DOI 10.31857/S0869780920020022.

13. Pesotskaya, E., Selyutina, L., & Egorova, O. (2019). Application of the engineering forecasting method in managing the competitiveness of a construction company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698, P. 077029. DOI 10.1088/1757-899X/698/7/077029.

14. Boldyrev G. G., Lukovkin D. A., Anokhin P. A., Novichok G. A., & Khryanina O. V. (2022). Engineering and geological research using digital technologies. *Inzhenernyye izyskaniya [Engineering research]*, 16(3), 12–32. DOI 10.25296/1997-8650-2022-16-3-12-32 [in Russian].

15. Fleenko A. S., Demyanenko A. F. (2021) Development of a methodology for the transition to information modeling technologies in engineering research (using the example of engineering and environmental surveys). *Vestnik NGU [Bulletin of NSU]*, 19(3), 70–82. DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-3-70-82 [in Russian].

16. Boldyrev G. G. (2022) Three-dimensional modeling and visualization of engineering and geological survey data. Issue status and practical implementation. *Inzhenernyye izyskaniya [Engineering surveys]*, 16(1), 8–26. DOI 10.25296/1997-8650-2022-16-1-8-26 [in Russian].

17. Sacks R., Eastman Ch., Lee G., & Teicholz P. (2018). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. *Jhon Wiley and Sons*, 3, P. 659.

18. Boldyrev G. G., Barvashov V. A., Sheinin V. I., Kashirskiy V. I., Idrisov I. Kh., & Diveev A. A. (2019) Information systems in geotechnics – 3D geotechnics. *Geotekhnika [Geotechnics]*, 11(2), 6–27. DOI 10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27 [in Russian].

### Об авторах

*Александр Владимирович Комиссаров* – доктор технических наук, зав. кафедрой фотограмметрии и дистанционного зондирования.

*Татьяна Александровна Хлебникова* – доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

### Author details

*Alexander V. Komissarov* – D. Sc., Head of the Department of Photogrammetry and Remote Sensing.

*Tatyana A. Khlebnikova* – D. Sc., Professor of the Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.

Получено / Received 05.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 14.11.2025

Принята к публикации / Accepted 20.11.2025